

Využívání 5G a jiných sítí elektronických komunikací pro potřeby digitalizace podniků včetně využití moderních informačních systémů

Připraveno pro Ministerstvo
průmyslu a obchodu

Květen 2024



**Národní
plán
obnovy**



Obsah

Definice pojmů	4
Manažerské shrnutí.....	7
Management summary	8
1 Úvod.....	9
1.1 Význam digitální transformace s využitím 5G.....	9
1.2 Cíle studie.....	9
1.3 Rozsah a zaměření studie.....	10
2 Digitalizace s využitím 5G v EU a v ČR.....	11
2.1 Iniciativy EU pro podporu 5G.....	11
2.2 Stav digitalizace podniků s využitím 5G v EU.....	16
2.3 Německo vede ve využití privátních 5G sítí.....	18
2.4 Status digitalizace s využitím 5G v České republice	19
3 5G technologie z pohledu digitalizace podniků.....	27
3.1 Základní vlastnosti a funkce 5G a jejich dostupnost.....	27
3.2 Privátní 5G sítě	30
4 Případy užití	43
4.1 Význam a kategorizace případů užití.....	43
4.2 Přehled případů užití ve vybraných vertikálách	45
5 Strategie podniků pro digitalizaci s využitím 5G	51
5.1 Strategie a OKR.....	51
5.2 Příklady cílů a klíčových výsledků v oblasti digitalizace s využitím 5G.....	52
5.3 Digitalizace podniku s 5G jako inovační projekt	55
6 Podpora digitalizace s využitím 5G.....	58
6.1 Překážky širšího využití 5G při digitalizaci podniků a možnosti jejich eliminace ...	58
6.2 Důvody a způsoby podpory digitalizace s využitím 5G.....	60
7 Přílohy.....	62
Příloha 1 - Přehled vybraných projektů “5G pro chytré komunity”	62
Příloha 2 - Privátní 5G sítě v EU	64
Příloha 3 - Projekty podpořené v programu TREND v oblasti 5G technologií	66
Příloha 4 – Případová studie: BringAuto autonomní robotické vozidlo	68
Příloha 5 – Případová studie: AYES/Continental - AR a 3D modely pro průmysl.....	72
Příloha 6 – Případová studie: Automatizovaný sklad DEXTRUM/ KVADOS	75
Příloha 7 – Případová studie: Twinzo – digitální dvojče v logistice.....	79

Definice pojmů

Definice základních pojmů je důležitým odrazovým můstkem pro další části studie i pro praktické implikace. Samotné 5G technologie jsou ve většině případů exaktní, ostatně vycházejí z jasně daných 3GPP specifikací. Ovšem oblast digitalizace a další oblasti ve firmách jako inovace, vývoj produktů a jejich aplikace na jednotlivé případy užití nejsou fyzika a u jednotlivých pojmů se můžeme i v odborné literatuře setkat s řadou rozdílných výkladů. Často to neznamená, že by jeden výklad byl správný a druhý špatný. Záleží na kontextu a účelu.¹

Digitalizace vs. Digitální transformace.

Digitalizace a digitální transformace nejsou synonyma, přestože se někdy používají zaměnitelně. Dále je proto vysvětlen rozdíl mezi nimi.

Digitalizace podniku:

- Digitalizace se obvykle zaměřuje na konkrétní procesy nebo operace v rámci podniku.
- Cílem digitalizace je nahradit tradiční, analogové a papírové postupy digitálními technologiemi za účelem zvýšení efektivity, snížení nákladů a zlepšení operativního řízení.
- Digitalizace může zahrnovat automatizaci, přechod na digitální systémy a procesy, eliminaci papírové práce a optimalizaci konkrétních oblastí podniku.

Digitální transformace:

- Digitální transformace je širší a komplexnější koncepce, která se týká celkové změny podnikové strategie, kultury a operací pomocí digitálních technologií.
- Jedná se o strategický přístup, který může zahrnovat restrukturalizaci firemních modelů, změny v obchodních procesech, implementaci nových technologií a transformaci firemní kultury.
- Digitální transformace nemusí být omezena pouze na konkrétní operace; může zahrnovat radikální změny v celém podnikovém ekosystému, aby byl podnik lépe přizpůsoben digitálnímu prostředí a inovačním trendům.

Rozdíl mezi MEC a Edge Computing

MEC je podmnožina edge computingu, speciálně navržená pro optimalizaci síťových architektur a zlepšování výkonu aplikací v mobilních sítích, včetně 5G. Zaměřuje se především na mobilní okraj, rozšiřující služby v prostředí mobilních sítí. Naproti tomu edge computing je širší koncept použitelný v různých sítích a odvětvích, včetně IoT, výroby, zdravotnictví a dalších, bez ohledu na to, zda se jedná o mobilní nebo pevné síť.

Integrace s mobilními sítěmi: MEC je ze své podstaty navržena tak, aby se úzce integrovala s provozem mobilních sítí, zejména 5G, což usnadňuje služby, jako je ukládání obsahu do mezipaměti, zpracování v reálném čase a kontextové služby. Edge computing, i když může fungovat v mobilních sítích, nemá vlastní design vázaný na tyto sítě a může být implementován v jakémkoli místním prostředí. Jak MEC, tak edge computing jsou klíčové v digitalizaci společností, zejména s příchodem 5G (viz dále v tomto dokumentu).

5G use case/ 5G případ užití	5G use case/ případ užití je pak již logickým rozšířením výše uvedené definice: „Úkol, který firma potřebuje realizovat za účelem dosažení určitého výsledku. A pro který je smysluplné z technického i komerčního pohledu využít 5G technologii.“
------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹ Poznámka: české vs. anglické pojmy. Tak jako v mnoha odborných oblastech, také v oblasti digitalizace a inovací existuje řada pojmů, pro které není ukotvený vhodný český ekvivalent. Z principu budou také nově přicházející pojmy v angličtině. Stejně jako většina odborné literatury. Někdy je proto nezbytné použít původní anglický pojem, případně použít anglický i český ekvivalent. Dalším důvodem pro použití anglických pojmů je možnost uživatele vyhledávat k tématu další informace. Pod původním anglickým termínem je to přímočaré, při použití neukotveného českého ekvivalentu by to mohlo být problematické.

Case Study/ Případová studie	Konkrétní realizace Use Case/ případu užití. V rámci případové studie je použito konkrétní řešení pro splnění úkolu definovaného v Use Case. Tedy určitá technologie, produkty a služby specifického poskytovatele. Bez ohledu na to, zda tato realizace již slouží v komerčním provozu, nebo jde o demo realizaci či Proof of Concept.
Digital twin	Digitální dvojče je virtuální model fyzického objektu, procesu, systému nebo služby. Tato digitální replika napodobuje entitu skutečného světa v digitálním prostoru a zachycuje její chování, procesy a výkon. Digitální dvojčata se používají pro simulaci, analýzu a řízení, což umožňuje sledování a rozhodování v reálném čase. Integrují internet věcí, umělou inteligenci, strojové učení a softwarovou analytiku, aby se aktualizovaly a měnily podle toho, jak se jejich fyzické protějšky vyvíjejí.
Digitalizace	<ul style="list-style-type: none"> • Digitalizace se obvykle zaměřuje na konkrétní procesy nebo operace v rámci podniku. • Cílem digitalizace je nahradit tradiční, analogové a papírové postupy digitálními technologiemi za účelem zvýšení efektivity, snížení nákladů a zlepšení operativního řízení. • Digitalizace může zahrnovat automatizaci, přechod na digitální systémy a procesy, eliminaci papírové práce a optimalizaci konkrétních oblastí podniku.
Digitalizace podniků	<p>Digitalizace využívá digitální technologie ke změně podnikových procesů a poskytuje nové příležitosti pro vytváření hodnoty. Zahrnuje digitalizaci stávajících analogových informací do digitálních formátů a určité procesy, které mohou společnosti provádět lépe pomocí nejnovějších technologií a nástrojů.</p> <p>Cílem digitalizace je:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zvýšení produktivity, • zlepšení kvality služeb <p>a tím vytvoření konkurenční výhody pro podnik pomocí využití informačních a komunikačních technologie (ICT) k zefektivnění procesů.</p>
Digitální transformace	<ul style="list-style-type: none"> • Digitální transformace je širší a komplexnější koncepce, která se týká celkové změny podnikové strategie, kultury a operací pomocí digitálních technologií. • Jedná se o strategický přístup, který může zahrnovat restrukturalizaci firemních modelů, změny v obchodních procesech, implementaci nových technologií a transformaci firemní kultury. • Digitální transformace nemusí být omezena pouze na konkrétní operace; může zahrnovat radikální změny v celém podnikovém ekosystému, aby byl podnik lépe přizpůsoben digitálnímu prostředí a inovačním trendům.
Edge Computing	<p>Edge computing označuje praxi zpracování dat poblíž okraje sítě, kde se data generují, namísto v centralizovaném skladu pro zpracování dat. „Okraj“ v tomto kontextu může znamenat jakékoli výpočetní a síťové zdroje na cestě mezi datovými zdroji (jako jsou zařízení IoT) a cloudovými datovými centry. Edge computing snižuje potřebu posílat data tam a zpět na centrální server, čímž se snižuje latence a využívá šířku pásma.</p> <p>Jak již bylo řečeno výše, digitalizace podniku s využitím 5G technologií je v principu inovací. A to obvykle inovací business procesu. Podívejme se proto, co tyto pojmy znamenají.</p> <p>Pro definici inovace se můžeme podívat do „Oslo Manuálu“ . Je to manuál připravený OECD ve spolupráci s Eurostat řadou dalších světových organizací, který slouží přímo jako průvodce pro sběr, reportování a používání dat o inovacích. Takže definice zde použitá má široké praktické uplatnění.</p> <p>Definice inovace dle Oslo Manuálu:</p> <p>„Pojem inovace může znamenat činnost i výsledek činnosti.“</p> <p>„Inovace je nový nebo vylepšený produkt nebo proces (nebo jejich kombinace), který se výrazně liší od předchozích produktů nebo procesů a který byl zpřístupněn potenciálním uživatelům (produkt) nebo uveden do používání (proces).“</p> <p>Z definice je zřejmé, že objektem inovace je buď produkt, nebo proces.</p> <p>Pozn.: procesem je zde myšlen business proces pro některou z firemních funkcí. Je to určité zjednodušení proti starším verzím Oslo manuálu, kde bylo více typů (objektů) inovace. To je ostatně možné najít i jinde v literatuře. Např. organizační inovace, marketingová a prodejní inovace... nicméně všechny tyto typy inovací můžeme zařadit pod širší pojem business proces.</p> <p>Proto také Oslo manuál obsahuje dále definice pro tyto dva typy inovací:</p> <p>„Inovace produktu je nové nebo vylepšené zboží nebo služba, které se výrazně liší od předchozího zboží nebo služeb firmy a které byly uvedeny na trh.“</p> <p>„Inovace firemních procesů je nový nebo vylepšený firemní proces pro jednu nebo více firemních funkcí, který se výrazně liší od předchozích firemních procesů firmy a který firma začala používat.“</p> <p>V jednoduchosti je tedy možné shrnout, že digitalizace podniku s využitím 5G představuje inovaci v podobě realizace nového nebo vylepšeného procesu pro jednu nebo více firemních funkcí a jeho zpřístupnění pro užívání.</p>
MEC (Multi-access Edge Computing)	<p>Multi-access Edge Computing (MEC) je koncept síťové architektury, který umožňuje cloud computing a prostředí IT služeb na okraji sítě. MEC přivádí výpočetní zdroje blíže k místu, kde se generují a spotřebovávají data, snižuje latenci, zlepšuje rychlost zpracování a zlepšuje uživatelské zkušenosti. Často je spojován s mobilními sítěmi, zejména 5G, kde může zpracovávat data v blízkosti mobilních základnových stanic nebo jiných přístupových bodů sítě.</p> <p>Rozdíl mezi MEC a Edge Computing:</p> <p>MEC je podmnožina edge computingu, speciálně navržená pro optimalizaci síťových architektur a zlepšování výkonu aplikací v mobilních sítích, včetně 5G. Zaměřuje se především na mobilní okraj, rozšiřující služby v prostředí mobilních sítí. Naproti tomu edge computing je širší koncept použitelný v různých sítích a odvětvích, včetně IoT, výroby, zdravotnictví a dalších, bez ohledu na to, zda se jedná o mobilní nebo pevné síť.</p> <p>Integrace s mobilními sítěmi: MEC je ze své podstaty navržena tak, aby se úzce integrovala s provozem mobilních sítí, zejména 5G, což usnadňuje služby, jako je ukládání obsahu do mezipaměti, zpracování v reálném čase a kontextové služby. Edge computing, i když může fungovat v mobilních sítích, nemá vlastní design vázaný na tyto sítě a může být implementován v jakémkoli místním prostředí.</p> <p>Jak MEC, tak edge computing jsou klíčové v digitalizaci společností, zejména s příchodem 5G (viz dále v tomto dokumentu).</p>
Procesy	<p>Digitalizace se primárně zaměřuje na procesy. Je proto důležité si firemní procesy definovat.</p> <p>V podnikovém a obchodním kontextu se „proces“ týká souboru strukturovaných činností nebo úkolů, které jsou prováděny lidmi nebo systémy v sekvenci za účelem dosažení konkrétního obchodního výsledku nebo cíle. Tyto činnosti</p>

	<p>transformují vstupy, jako jsou suroviny, data nebo informace, na výstupy, kterými jsou zboží nebo služby poskytované zákazníkům. Účelem procesu je přidat hodnotu, zvýšit efektivitu a zlepšit výkonnost organizace.</p> <p>Typy obchodních procesů:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Základní (Core) procesy: Jedná se o kritické procesy, které přímo ovlivňují hodnotovou nabídku (value proposition) organizace a jsou nezbytné pro dodávání primárních produktů nebo služeb zákazníkům. Příklady zahrnují vývoj produktů, výrobu a prodej. 2. Podpůrné procesy: Tyto procesy podporují základní procesy a zajišťují efektivní fungování organizace. Nepřidávají přímo hodnotu produktu nebo službě, ale jsou nezbytné pro hladké fungování podniku. Příklady zahrnují lidské zdroje, účetnictví a IT podporu. 3. Procesy řízení (management): Jedná se o procesy zapojené do správy a strategického řízení organizace. Zahrnují činnosti, jako je plánování, rozhodování, řízení výkonu a správa společnosti. 4. Provozní procesy: Tyto procesy jsou každodenní činnosti, které přispívají k chodu podniku. Jsou ve své podstatě opakující se a rutinní, jako je zpracování objednávek, zákaznický servis a řízení zásob.
Řešení zahrnující 5G technologii	<p>Produkty a na ně navazující služby, zejména</p> <ul style="list-style-type: none"> • dodání technologie, • přístup ke zdrojům, • servisní akce. <p>Které jsou navrženy tak, aby přinášely hodnotu zákazníkovi tím, že řeší jeho úkol vyžadující kvalitní konektivitu. Řešení zahrnující 5G technologie typicky zahrnuje následující složky hodnototvorného řetězce:</p> <ul style="list-style-type: none"> • spektrum, • infrastruktura, • zařízení, • služby, • aplikace, • management.
Use case / Příklad užití	<p>Use case/ případ užití, je výraz, který hraje v oblasti využití 5G pro digitalizaci podniků podstatnou roli. Proto je jeho definici vhodné věnovat pozornost.</p> <p>Obecná definice případu užití je následující: Výraz "případ užití" odkazuje na konkrétní situaci nebo scénář, ve kterém lze produkt nebo službu použít.</p> <p>V softwarovém a systémovém inženýrství je use case/případ užití seznam kroků, který obvykle definuje interakci mezi tzv. rolí a systémem. Za roli může být člověk nebo externí systém. Tato definice je dobře známá lidem pohybujícím se v daném oboru, pro oblast digitalizace a inovací ale není vhodná.</p> <p>Z pohledu digitalizace, která je v principu inovačním procesem, je vhodné použít definici založenou na JTBD, neboli jobs theory . Případ užití je pak možné definovat takto: „Úkol, který firma potřebuje realizovat za účelem dosažení určitého výsledku.“</p> <p>Tato definice je vhodná už z tohoto pohledu, že zdůrazňuje skutečnost, že případ užití slouží k dosažení konkrétního výsledku, respektive řadě různých požadovaných výsledků (například zvýšení efektivity práce, minimalizace nebezpečí pro zaměstnance, minimalizace odpadu apod.). Navíc je tak na případy užití možné aplikovat další vhodné postupy JTBD, jako je rozložení úkolu na etapy a na dílčí úkoly, vytvoření mapy úkolu, zvyšovat či snižovat úroveň abstrakce úkolu apod.</p>
Vertikála	<p>V obchodním kontextu se termín "vertikály" používá k popisu kategorizace obchodních společností nebo odvětví podle jejich specializace nebo zaměření na určitý segment trhu. Vertikály jsou obvykle odvětví nebo sektory, které zahrnují podniky, které se specializují na konkrétní typ produktů, služeb nebo tržních segmentů.</p>

Manažerské shrnutí

Digitalizace podniků s využitím 5G technologií v České republice postupuje. Tempo tohoto postupu je srovnatelné s dalšími evropskými státy, ale stále zaostává, jak za vedoucími státy jako je Německo, tak za očekáváním odborné veřejnosti, které bylo spojené s aukcí 5G kmitočtů. Toto srovnání vychází primárně z projektů spojených s privátními 5G sítěmi, protože možnosti veřejných 5G sítí zatím bez podpory tzv. network slicing jsou pro podporu většiny případů užití digitalizace podniků omezené.

Stav digitalizace podniků s využitím 5G je ve studii charakterizován z pohledu (1) regulačního prostředí, (2) stavu výzkumu a vývoje, (3) dostupnosti podpůrných programů, a také (4) dosud realizovaných projektů.

Regulační prostředí v České republice umožňuje vznik privátních 5G sítí. Je ovšem spojené s omezeními (určení jen pro Průmysl 4.0, komunikace mezi stroji a nevyhrazené pásmo jen pro privátní síť), která mají vliv na malé využití potenciálně dostupného spektra pro privátní 5G síť, tak zprostředkovaně na vysoké náklady privátních sítí. Ve studii jsou proto navrženy cesty k dalšímu zlepšení regulačního prostředí. Od potřebného výkladu pro stávající pásmo, přes využití dalších možných pásem až po využití nelicencovaných pásem pro 5G technologie.

V České republice je významná základna výzkumu a vývoje v oblasti Průmyslu 4.0. Včetně funkčních testbedů (CIIRC v Praze a CEITEC v Brně) s vlastními 5G sítěmi, které jsou připraveny spolupracovat s firmami na jejich projektech digitalizace, včetně možnosti testování navržených technologií a řešení. Bude jistě žádoucí dále propagovat tyto možnosti, aby se zvýšilo množství firem, které je reálně využívají.

Firmy v České republice mohou využívat podpůrné programy jak v oblasti výzkumu a vývoje 5G technologií, tak implementace konkrétních případů užití spojených s využitím 5G. Výsledky těchto programů bychom měli vidět nejpozději v roce 2025. Bude jistě žádoucí zachovat, respektive opakovat podpůrné programy zaměřené specificky na podporu digitalizace s 5G. České firmy mohou využívat také programy na evropské úrovni, konkrétně například „5G for smart communities“. Zatím se tak ovšem neděje. V tomto směru je na místě další osvěta a podpora, která by firmám pomohla využít tyto zdroje.

V České republice je již realizováno několik projektů digitalizace firem, které využívají privátní 5G síť: Škoda Auto, Toyota, Continental, Kvados, BD Sensors, LARS Chemie. *Případy užití spojené s projekty Continental a Kvados jsou blíže charakterizovány v případových studiích v příloze této studie.*

Na základě analýzy konkrétních řešení a z hloubkových rozhovorů se zainteresovanými stranami celého ekosystému, včetně výrobců, dodavatelů, systémových integrátorů, poskytovatelů služeb, operátorů a potenciálních zákazníků jsme identifikovali tyto překážky rychlejšího postupu digitalizace firem s využitím 5G: (1) regulační podmínky, (2) náklady, (3) nedostatek know-how a (4) omezení ekosystém.

Ve studii jsou pro každou z těchto oblastí navrženy kroky k odstranění či omezení těchto překážek. A také návrh dalších kroků k podpoře digitalizace s 5G v oblasti vzdělávání, finančních pobídek i dalšího zlepšení regulačního prostředí.

Pro firmy, ale i pro další zainteresované strany, které mají plány a ambice v oblasti digitalizace a mají případy užití, které vyžadují datovou konektivitu, poskytuje tato studie informace, které jim pomohou se zorientovat v celé problematice:

- Zevrubná charakteristika nejen 5G technologie, ale zejména privátních 5G sítí, včetně jejich typů, srovnání s WiFi, nákladových aspektů, vazby na edge computing i podmínek získání spektra.
- Přehled více než 40 případů užití digitalizace s 5G, které je mohou inspirovat. Případy užití jsou pro vertikály, u kterých je využití 5G pro digitalizaci nejobvyklejší: průmysl, logistika a doprava, zdravotnictví a zemědělství. Případy užití jsou dále kategorizovány pro lepší orientaci.
- Návod, jak formulovat a realizovat strategii digitalizace s 5G. Pro stanovení cílů, klíčových výsledků a potřebných aktivit je využita metodika OKR. Digitalizace s využitím 5G je v principu inovační projekt. Studie proto obsahuje návod, jak postupovat, aby inovace byla určována potřebami uživatelů, nikoli technologií.
- Součástí studie jsou podrobné případové studie. Ty oproti obecným případům užití obsahují konkrétní řešení a technologii a jejich přínos spočívá také v tom, že vysvětlují, jaké skutečné výhody využití 5G v daném případě má.

Management summary

The digitization of businesses using 5G technologies in the Czech Republic is advancing. The pace of this progress is comparable to other European countries, but it still lags behind, both leading countries such as Germany and the expectations of the professional public, which was associated with the auction of 5G frequencies. This comparison is based primarily on projects related to private 5G networks, as the possibilities of public 5G networks without support for network slicing are limited to support most of the use cases of enterprise digitization.

The state of digitalization of enterprises using 5G is characterized in the study in terms of (1) the regulatory environment, (2) the state of research and development, (3) the availability of support programs, and also (4) the projects implemented so far.

The regulatory environment in the Czech Republic allows for the emergence of private 5G networks. However, it is associated with limitations (intended only for Industry 4.0, machine-to-machine communication, and a non-reserved band only for private networks), which affect the low use of potentially available spectrum for private 5G networks, and indirectly the high costs of private networks. Therefore, the study proposes ways to further improve the regulatory environment. From the necessary interpretation for the existing band, through the use of other possible bands, to the use of unlicensed bands for 5G technologies.

The Czech Republic has a significant base of research and development in the field of Industry 4.0. Including functional testbeds (CIIRC in Prague and CEITEC in Brno) with their own 5G networks, which are ready to cooperate with companies on their digitization projects, including the possibility of testing the proposed technologies and solutions. It will certainly be desirable to further promote these options in order to increase the number of companies that actually use them.

Companies in the Czech Republic can take advantage of support programs both in the field of research and development of 5G technologies and the implementation of specific use cases associated with the use of 5G. We should see the results of these programmes by 2025 at the latest. It will certainly be desirable to maintain, or rather repeat, support programmes aimed specifically at supporting digitisation with 5G. Czech companies can also use programmes at the European level, specifically for example "5G for smart communities". So far, however, this has not been the case. In this regard, further education and support is in order to help companies use these resources.

In the Czech Republic, several digitization projects of companies using private 5G networks have already been implemented: Škoda Auto, Toyota, Continental, Kvados, BD Sensors, LARS Chemie. *The use cases associated with the Continental and Kvados projects are described in more detail in the case studies in the appendix to this study.*

Based on analysis of specific solutions and in-depth interviews with stakeholders across the ecosystem, including manufacturers, suppliers, system integrators, service providers, operators, and potential customers, we identified the following barriers to accelerating business digitalization with 5G: (1) regulatory conditions, (2) cost, (3) lack of know-how, and (4) limited ecosystem.

The study proposes steps to remove or reduce these barriers for each of these areas. And also a proposal for further steps to support digitization with 5G in the field of education, financial incentives and further improvement of the regulatory environment.

For companies, as well as other stakeholders who have plans and ambitions for digitalization and have use cases that require data connectivity, this study provides information to help them navigate the issue:

- A detailed description of not only 5G technology, but especially private 5G networks, including their types, comparison with WiFi, cost aspects, links to edge computing and conditions for obtaining spectrum.
- An overview of more than 40 use cases for digitalization with 5G that can inspire them. The use cases are for the verticals where the use of 5G for digitalization is most common: industry, logistics and transportation, healthcare, and agriculture. Use cases are further categorized for better orientation.
- Guidance on how to formulate and implement a digitalization strategy with 5G. The OKR methodology is used to set goals, key results and necessary activities. Digitization using 5G is basically an innovation project. Therefore, the study provides guidance on how to proceed so that innovation is determined by the needs of users, not by technology.
- Detailed case studies are part of the study. Compared to general use cases, they contain specific solutions and technologies, and their contribution also lies in explaining the real benefits of using 5G in a given case.

1 Úvod

1.1 Význam digitální transformace s využitím 5G

Na prahu čtvrté průmyslové revoluce se digitální transformace podniků ukazuje nejen jako cesta ke konkurenční výhodě, ale jako klíčová strategie přežití. Tato transformace, charakterizovaná integrací digitálních technologií do všech oblastí podnikání, zásadně mění způsob, jakým organizace fungují a přinášejí hodnotu zákazníkům. Je to komplexní cesta, která zahrnuje vše od zefektivnění provozu po inovace produktů a služeb, a to současně s důrazem na agilitu a podporu kultury změn.

Jedním z pilířů této digitální metamorfózy je nástup a integrace technologií 5G. 5G se svým příslibem bezprecedentní kapacity, spolehlivosti a nízké latence je připraveno způsobit radikální změnu v řadě vertikál tím, že umožní nové způsoby připojení, komunikace a řízení provozu. Předpokládá se, že dopad využití 5G bude široký a bude se dotýkat různých sektorů od výroby po zdravotnictví, od maloobchodu po chytrá města a umožní nepřebernou škálu typů užití od zpracování dat v reálném čase až po vzdálené chirurgické operace.

Stěžejním aspektem revoluce 5G pro podniky je vznik privátních 5G sítí. Tyto sítě nabízejí podnikům přizpůsobená řešení konektivity, která odpovídají jejich specifickým potřebám na zabezpečení, kapacitu a rychlost. Na rozdíl od veřejných sítí (pozn.: do jisté míry s výjimkou network slicing, který ovšem není zatím v ČR dostupný) lze privátní 5G sítě přizpůsobit jedinečným provozním požadavkům firmy, zajistit soukromí dat, vyhrazené zdroje a škálovatelnou infrastrukturu, která podporuje současné požadavky i budoucí projekty digitalizace.

Význam této transformace však nespočívá jen v technologickém zlepšení. Jde o přetvoření prostředí pro podniky, které jim umožní inovovat, škálovat a konkurovat v rychle se měnícím světě. Pro Českou republiku není využití potenciálu 5G k podpoře digitální transformace jen otázkou ekonomické konkurenceschopnosti, ale strategickou nutností. Má potenciál zvýšit provozní efektivitu českých podniků, posílit jejich globální konkurenceschopnost a zlepšit tak postavení země v oblasti digitálních inovací.

Cesta k širokému přijetí 5G při realizaci digitální transformace je pochopitelně plná výzev. Vyžaduje soustředěné úsilí všech zúčastněných stran – vládních úřadů, podniků, poskytovatelů technologií a vzdělávacích institucí – k vytvoření ekosystému, který podporuje inovace, řeší regulační a infrastrukturní bariéry a kultivuje potřebné dovednosti a znalosti.

Tato studie, kterou zadalo Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky, se snaží být nápomocna při realizaci této náročné cesty. Klade přitom důraz na realistické posouzení současné situace jako základ pro identifikaci problémů a formulaci jejich řešení.

1.2 Cíle studie

Cílem studie je podpořit skutečný postup digitalizace podniků s využitím 5G technologie a přispět k tomu, aby se tato řešení stala přístupná širokému spektru podniků zabývajících se digitalizací bez ohledu na jejich velikost nebo vertikálu. Tohoto cíle chce studie dosáhnout naplněním následujících úkolů:

- **Usnadnit rozšíření 5G technologií:** Studie pomůže Ministerstvu průmyslu a obchodu a dalším subjektům státní správy vytvořit příznivé podmínky pro rozšíření 5G technologií v prostředí podnikové digitalizace. To zahrnuje identifikaci překážek a cest k jejich odstranění v oblasti regulace, znalostí, ekosystému a nákladů, které v současnosti brání širšímu využití technologií 5G pro účely digitalizace.
- **Pomoci firmám s efektivnější digitalizací s využitím 5G technologie:** Zejména díky představení vhodných případů užití a případových studií, včetně možných způsobů jejich realizace a způsobu nastavení cílů a strategie, která bude vycházet z potřeb uživatelů, nikoli z technologie. Dále prostřednictvím objasnění různých způsobů nasazení 5G technologií, včetně indikativní nákladové struktury příslušného řešení. To umožní firmám orientovat se ve složitosti využití 5G technologií a pomůže je integrovat do jejich strategie digitální transformace.
- **Informovat a zapojit stakeholdery:** Studie se zaměřuje na široké spektrum stakeholderů, včetně subjektů státní správy, podniků usilujících o digitalizaci, vzdělávacích institucí, poskytovatelů digitalizačních řešení a současných i potenciálních dodavatelů 5G řešení. Klade si za cíl zvýšit jejich znalost současného stavu, informovat o možnostech a podmínkách využití 5G technologií pro digitalizaci v České republice a ve srovnání s mezinárodními benchmarky.

1.3 Rozsah a zaměření studie

Digitalizace podniků je takřka všeobíhající pojem, který zahrnuje veškeré funkce, procesy a systémy firem. Tato studie se proto skutečně zaměřuje na využití 5G technologií pro digitalizaci podniků, nikoli na digitalizaci v obecném slova smyslu. Jasný fokus umožní tuto problematiku rozebrat v dostatečné hloubce a kvalitě, která přinese skutečnou přidanou hodnotu. Předmětem studie jsou proto aspekty 5G technologie podstatné pro digitalizaci podniků (ať už jde o technické, komerční nebo regulační aspekty) na jedné straně a na druhé straně případy užití, pro které dává smysl technologii 5G využívat.

2 Digitalizace s využitím 5G v EU a v ČR

2.1 Iniciativy EU pro podporu 5G

V rámci EU existuje řada iniciativ, jejichž cílem je maximalizovat potenciál 5G. Tyto iniciativy ukazují závazek Evropské unie pokročit v zavádění 5G technologie a její integraci do různých odvětví pro digitální transformaci. Některé z těchto iniciativ mohou využít lokální subjekty pro podporu jejich projektů s využitím 5G. Účast subjektů z České republiky je přitom prakticky nulová. Na rozdíl od řady jiných evropských zemí, včetně zemí střední Evropy. To svědčí o nevyužitém potenciálu. Důvodů je několik:

- Jedním z nich je nedostatečná informovanost vůbec o existenci těchto možností.
- Dalším pak obava z náročnosti přípravy, vypracování a podání návrhu projektu, který je pochopitelně nutné zpracovat v angličtině.
- A konečně se může jednat o obavu z následné administrace a reportování projektu.

Většinu těchto překážek je přitom možné pomoci překonat zlepšením informovanosti jak o existenci daných iniciativ, tak o jejich podmínkách i podmínkách následné administrace. Níže jsou rozebrány klíčové iniciativy pro podporu 5G:

2.1.1 5G Akční plán (2016)²

První velkou 5G iniciativou oznámenou Evropskou komisí byl akční plán 5G, který byl oznámen v roce 2016. Vytvořil průkopnická pásma a stanovil cíle 5G. Jedním z cílů bylo komerční spuštění služeb 5G ve všech zemích EU do roku 2020. Většina zemí EU tohoto cíle dosáhla a jen několik z nich jej stále plní.

5G Akční plán byl součástí širší vize konektivity, včetně dosažení gigabitové konektivity pro klíčové společenské a ekonomické sektory a zajištění nepřetržitého pokrytí 5G v městských oblastech a na hlavních dopravních trasách do roku 2020.

2.1.2 Gigabit Society³

V roce 2016 Komise představila Gigabit Society, která obsahuje vizi konektivity v EU v příštím desetiletí. Mezi hlavní cíle patří sítě s rychlostí 100 Mb/s pro všechny domácnosti a gigabitové rychlosti pro klíčové podniky a instituce. 5G může pomoci dosáhnout těchto rychlostí prostřednictvím technologií, jako je pevný bezdrátový přístup (FWA).

Iniciativa také stanovuje specifické cíle pro 5G, jako je nepřerušované pokrytí 5G ve všech městských oblastech a na hlavních dopravních trasách a přístup k mobilním datům kdekoli do roku 2025.

² 5G Action plan. (2024, April 5). Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/5g-action-plan>

³ Connectivity for a European Gigabit Society - Brochure. (2019, September 23). Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/connectivity-european-gigabit-society-brochure>

2.1.3 EU sada nástrojů pro bezpečnost 5G (EU Toolbox for 5G Security)⁴

Tento soubor opatření byl zaveden v roce 2021 za účelem zabezpečení sítí 5G v rámci EU, zvýšení bezpečnostních požadavků, posouzení rizik dodavatelů a snížení závislosti na jednotlivých dodavatelích. Iniciativa odráží zaměření EU na bezpečnostní aspekt zavádění 5G.

Celounijně koordinované posouzení rizik pro bezpečnost sítí 5G identifikovalo devět hlavních rizik seskupených do pěti rizikových scénářů.

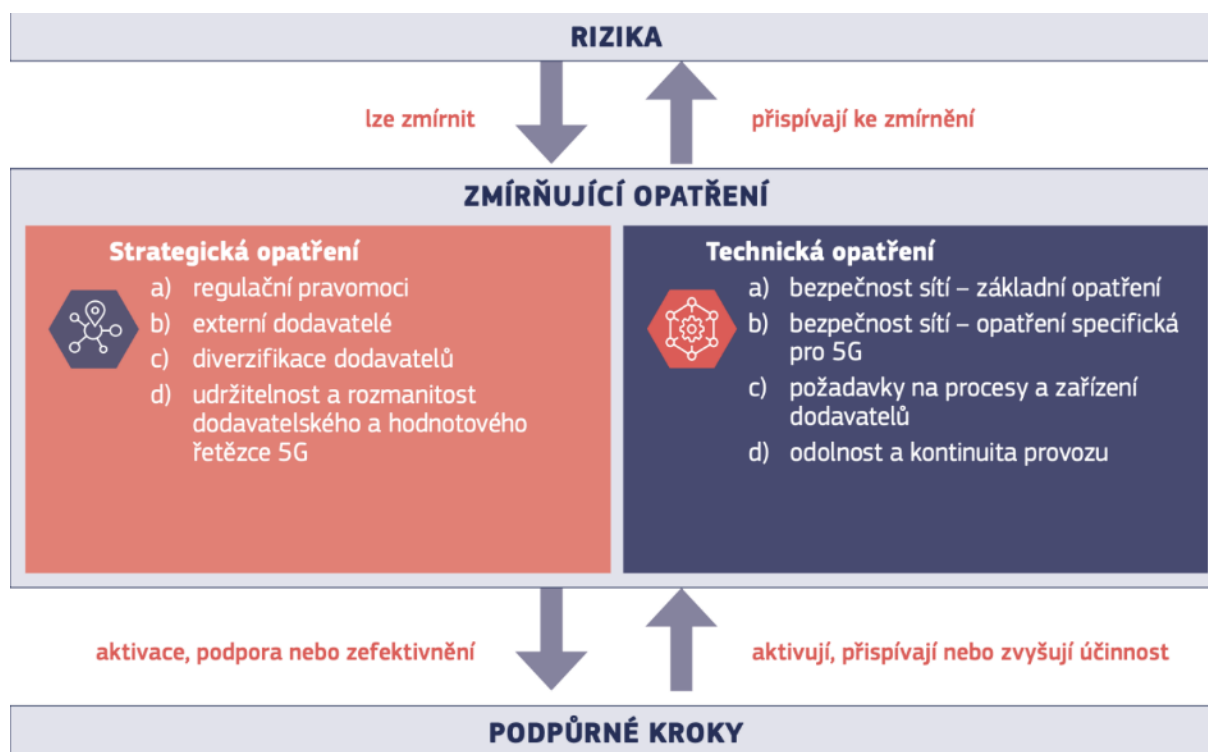
Obrázek 1: Schéma rizik dle EU Toolbox for 5G Security. Zdroj: The EU toolbox for 5G security, 2020.

I – Rizikové scénáře související s nedostatečnými bezpečnostními opatřeními	R1 – Nesprávně konfigurované sítě R2 – Nedostatečná kontrola přístupu
II – Rizikové scénáře související s dodavatelským řetězcem 5G	R3 – Nízká kvalita produktů R4 – Závislost na jediném dodavateli v rámci jedné sítě nebo nedostatečná vnitrostátní diverzita
III – Rizikové scénáře související se způsobem práce hlavních původců hrozeb	R5 – Zásahy státu prostřednictvím dodavatelského řetězce 5G R6 – Organizované zločinecké skupiny zneužívající sítě 5G nebo cílící na koncové uživatele
IV – Rizikové scénáře související se vzájemnou závislostí sítí 5G a dalších kritických systémů	R7 – Významné narušení kritické infrastruktury nebo služeb R8 – Vážné selhání sítí způsobené přerušením dodávky elektřiny nebo jinými podpůrnými systémy
V – Rizikové scénáře související se zařízeními koncových uživatelů	R9 – Zneužití internetu věcí, telefonů nebo chytrých zařízení

Soubor opatření vychází z celounijně koordinovaného posouzení rizik pro bezpečnost sítí 5G a obsahuje řadu bezpečnostních opatření, která mají za cíl efektivně zmírnit rizika a zajistit zavedení bezpečných sítí 5G v Evropě. Zahrnuje podrobné plány pro zmírňování každého z identifikovaných rizik a doporučuje soubor klíčových strategických a technických opatření, která by měly přijmout členské státy nebo Komise.

⁴ The EU toolbox for 5G security. (2020, January 29). Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-toolbox-5g-security>

Obrázek 2 Zmírňující opatření. Zdroj: The EU toolbox for 5G security, 2020.



Znalost sady nástrojů (EU toolbox) pro 5G má význam i z toho pohledu, že projekty, které mají být případně podpořeny v rámci některého z programů EU, musí prokázat, že odpovídají těmto požadavkům na bezpečnost.

2.1.4 EU Digitální dekáda (Digital decade)⁵

Tato iniciativa, která byla oznámena v březnu 2021, nastiňuje vizi digitální transformace Evropy do roku 2030 se zaměřením na dovednosti v oblasti ICT, transformaci podnikání, bezpečné a udržitelné digitální infrastruktury a digitalizaci veřejných služeb. Technologie 5G hraje v této transformaci zásadní roli, přičemž konkrétní cíle jsou stanoveny pro pokrytí 5G ve všech obydlých oblastech a hlavních dopravních trasách do roku 2030.

Rámec Digitální dekády zahrnuje:

- **Cíle Digitální dekády** jsou měřitelné cíle pro každou ze čtyř oblastí: konektivita, digitální dovednosti, digitální podnikání a digitální veřejné služby. Opatření členských států se budou řídit cíli Digitální dekády. Komise bude o opatřeních členských států informovat ve výroční zprávě.
- **Program politik Digitální dekády** umožní EU a členským státům spolupracovat na dosažení cílů Digitální dekády a jejích cílů. Stanoví mechanismus pro sledování pokroku do roku 2030. Komise každý rok zveřejní zprávu, v níž zhodnotí dosažený pokrok.
- **Projekty zahrnující více zemí** umožní členským státům sdružit investice a zahájit rozsáhlé přeshraniční projekty.
- **Práva a zásady Digitální dekády** odrážejí hodnoty EU, které je třeba v digitálním světě respektovat.

⁵ Europe's Digital Decade. (2024, April 11). Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/europes-digital-decade>

Cíle digitální dekády

Program Digitální dekáda stanoví digitální ambice pro příští desetiletí v podobě jasných a konkrétních cílů. Hlavní cíle lze shrnout do 4 bodů:

- digitálně kvalifikovaná populace a vysoce kvalifikovaní digitální odborníci;
- bezpečná a udržitelná digitální infrastruktura;
- digitální transformace podniků;
- digitalizace veřejných služeb.

Digitální transformace podniků je přímo definována jako jeden ze 4 cílů Digitální dekády. Z toho je zřejmé, že Digitální dekáda pro oblast digitalizace firem velmi relevantní. Znalost tohoto rámce opět může pomoci uspět s vybranými projekty a jejich financováním.

Projekty pro více zemí

Jsou to projekty velkého rozsahu, které mohou přispět k dosažení cílů digitální dekády. Umožní členským státům, aby se spojily a spojily zdroje k vybudování digitálních kapacit, které by samy nebyly schopny rozvíjet. Komise určila počáteční seznam oblastí pro projekty zahrnující více zemí a může tento seznam v případě potřeby aktualizovat na základě každoročního sledování pokroku.

Projekty pro více zemí by měly sdružovat investice z finančních zdrojů EU, včetně prostředků z nástroje fondů obnovy a odolnosti (RRF), a rovněž od členských států. V případě potřeby mohou do projektů investovat další veřejné a soukromé subjekty.

Komise pomůže členským státům identifikovat, zavádět a provádět projekty pro více zemí. Pro vytvoření projektu pro více zemí, kde neexistuje žádný jiný právní nástroj, program politiky předpokládá novou právní strukturu, Evropské konsorcium digitální infrastruktury (EDIC), které umožní rychlou a flexibilní implementaci.

Projekty se mohou týkat zejména těchto oblastí:

- Datová infrastruktura a služby
- Blockchain
- Procesory s nízkou spotřebou
- **Pan-evropské 5G koridory**
- Vysoce výkonná výpočetní technika (HPC)
- Centra kyberbezpečnosti
- Digitalizace veřejné správy
- Digitální inovační centra
- Partnerství pro digitální dovednosti

2.1.5 Nástroje pro obnovu a odolnost (Recovery and Resilience Facility – RRF) v rámci NextGenerationEU⁶

Nástroj na obnovu a odolnost (RRF) v rámci NextGenerationEU: RRF je klíčovou součástí balíčku EU na obnovu, který byl navržen tak, aby zmírnil dopad krize COVID-19. Podstatná část rozpočtu, 20 % neboli 130 miliard EUR, je vyčleněna na digitální transformaci, včetně 5G jako strategické oblasti. To dokládá, že EU uznává 5G jako zásadní nástroj hospodářské obnovy a digitální transformace.

EU Recovery and Resilience Facility (RRF) je ústřední složkou NextGenerationEU, která má pomoci zemím EU vyjít silněji a odolněji z krize COVID-19. Hraje podstatnou roli při financování digitálního transformace v EU, včetně adopce a integrace technologií 5G.

RRF poskytuje více než 670 miliard EUR ve formě půjček a grantů na podporu reforem a investic v celé EU. Významný aspekt těchto investic je věnován digitální transformaci ekonomiky a společnosti, přičemž na tuto oblast je vyčleněno minimálně 20 % rozpočtu každého národního plánu. Tento závazek zahrnuje vývoj a implementaci technologií 5G, které jsou nezbytné pro úsilí

⁶ *Recovery and Resilience Facility*. (2021, February 12). European Commission. https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility_en

o digitalizaci. K financování těchto ambiciózních plánů si Evropská komise půjčuje na trzích za výhodné sazby a přerozděluje tyto částky mezi členské státy. Tato strategie zajišťuje, že EU může získat až přibližně 800 miliard EUR pro NextGenerationEU.

Programy a projekty v rámci RRF, které souvisejí s digitalizací, zahrnují aktualizaci vzdělávacích osnov za účelem zlepšení digitálních dovedností, investice do školení pracovních sil, podporu digitálních inovací prostřednictvím digitálních inovačních center (DIH) a vylepšení digitálního vybavení ve školách a školicích institucích. Tyto iniciativy jsou důležité pro umožnění úspěšné digitální transformace společností a širší společnosti a podporují rozvoj pokročilých technologií, jako je umělá inteligence (AI), kybernetická bezpečnost, a v neposlední řadě 5G.

Společnosti v EU se mohou zapojit do projektů a financování RRF tím, že sladí své aktivity s cíli digitální transformace uvedenými v národních plánech obnovy a odolnosti jejich země. To může zahrnovat účast na školeních a iniciativách rozvoje dovedností, spolupráci se vzdělávacími a výzkumnými institucemi a investice do digitální infrastruktury a schopností, které podporují adopci 5G a dalších pokročilých technologií.

Nástroj pro obnovu a odolnost (RRF) funguje tak, že přiděluje finanční prostředky členským státům EU na základě jejich vnitrostátních plánů obnovy a odolnosti. Tyto plány nastiňují ucelený balíček reforem a projektů veřejných investic, včetně těch, které se týkají digitální transformace a přijetí technologií 5G. Zatímco tedy RRF poskytuje zastřešující finanční rámec a stanovuje priority, skutečné financování konkrétních projektů, včetně těch navržených společnostmi, je řízeno na národní úrovni prostřednictvím těchto plánů.

Společnosti, které chtějí těžit z financování RRF, by se proto měly zapojit do národních plánů obnovy a odolnosti svých příslušných zemí. To zahrnuje pochopení konkrétních priorit a kritérií stanovených v těchto plánech a toho, jak mohou jejich projekty přispět k dosažení vnitrostátních a celoevropských cílů pro digitální transformaci.

2.1.6 Propojení Evropy (Connecting Europe Facility – CEF) – oblast CEF Digital

Nástroj pro propojení Evropy je klíčovým finančním nástrojem EU na podporu růstu, zaměstnanosti a konkurenceschopnosti prostřednictvím investic do infrastruktury na evropské úrovni.

CEF – Digital⁷

Z pohledu této studie nás zajímá odnož v podobě CEF Digital, o jejíž realizaci se stará HaDEA (Health and Digital Executive Agency).

Program Connecting Europe Facility Digital (CEF Digital) s rozpočtem 1,6 miliardy EUR na období 2021–2027 je navržen tak, aby podpořil investice do infrastruktur digitálního připojení společného evropského zájmu. Jeho cílem je zlepšit digitální infrastrukturu v celé EU a zajistit vysoce kvalitní, propojené digitální sítě a služby. Konkrétně pro nasazení 5G vyčlenila CEF Digital značné finanční prostředky na posílení 5G konektivity podél hlavních dopravních cest a pro chytré komunity s cílem dosáhnout komplexního pokrytí a podpořit digitální transformaci veřejných služeb a podniků.

Jednou z klíčových oblastí podporovaných CEF Digital v souvislosti s 5G je program „5G for Smart Communities“, který má na období 2021 až 2027 rozpočet 142 milionů EUR. Tato iniciativa se zaměřuje na rané nasazení 5G a edge infrastrukturu, která umožňuje inovativní řešení pro veřejné správy, zdravotnická střediska, školy a další vzdělávací instituce. Cílem je učinit tyto entity chytřejšími, efektivnějšími a přizpůsobivějšími měnícím se potřebám také díky využití špičkové konektivity.

Podpora CEF Digital pro 5G také zahrnuje financování pokrytí 5G podél dopravních koridorů, což zajišťuje celoevropskou síť dopravních cest s podporou 5G do roku 2027. Toto úsilí je klíčové pro umožnění zavádění propojených a automatizovaných řešení mobility v celé Evropě.

Společnosti, které chtějí využít projekty CEF Digital a financování digitalizace pomocí 5G, se mohou přímo zapojit do programu „5G for smart communities“.

Účast v konsorciích: Společnosti, zejména operátoři mobilních sítí, ale může se jednat také o poskytovatele privátních 5G sítí, nemusí jít tedy jen o tradiční mobilní operátory – a poskytovatele služeb obecného hospodářského zájmu (SGI/SGEI), mohou vytvářet konsorcia nebo se k nim připojit a žádat o financování v rámci výzev k předkládání projektů, jako jsou ty pro „5G pro

⁷ *Connecting Europe Facility*. (2024, March 27). European Health and Digital Executive Agency (HaDEA). https://hadea.ec.europa.eu/programmes/connecting-europe-facility_en

chytré komunity“ (5G for smart communities). Tyto projekty by měly využít 5G infrastrukturu a spojit ji s cloud-to-edge middleware stacky, které podporují datově náročné případy užití.

Očekává se, že projekty financované v rámci CEF Digital budou sloužit jako vzory (blueprint) pro digitální inovace, které lze replikovat v celé Evropě. Společnosti mohou tyto vzory použít k inovaci ve svém místním kontextu nebo k rozšíření svých služeb do nových oblastí s využitím zavedených infrastruktur 5G.

Účastí nebo podporou zavádění 5G v chytrých komunitách mohou společnosti získat přístup k novým trhům a příležitostem pro digitální služby přizpůsobené potřebám veřejných orgánů, zdravotnických středisek a vzdělávacích institucí.

Vzhledem ke konkurenční povaze digitálních výzev CEF a podrobné přípravě požadované pro úspěšné žádosti by společnosti měly zůstat informovány o nadcházejících možnostech financování a požadavcích. Včasná spolupráce s národními kontaktními místy a využívání digitálních komunikačních nástrojů CEF a příruček pro sociální média může společností pomoci efektivněji procházet procesem podávání žádostí.

Stručně řečeno, CEF Digital poskytuje společnostem významnou příležitost zapojit se do digitální transformace EU se silným důrazem na zavádění 5G. Účastí na příslušných projektech mohou společnosti nejen získat přístup k financování, ale také přispívat k širšímu úsilí o digitalizaci na celém kontinentu a těžit z něj.

Účast společností z České republiky je přitom zatím prakticky nulová a tato příležitost tak zatím zůstává z pohledu českých firem zcela promarněna.⁸ V příloze 1 je přehled vybraných projektů, které uspěly v rámci proběhlých výzev „5G pro chytré komunity“ a mohou tak sloužit jako inspirace pro české subjekty, které by se chtěly do programu zapojit.

2.1.7 Iniciativa ESA satelitní komunikace a 5G (ESA Satellite 5G Initiative – S45G)

Evropská kosmická agentura (ESA) a Evropský kosmický průmysl spojily své síly v oblasti satelitní komunikace pro 5G. Jejich cílem je vyvinout a ukázat přidanou hodnotu, kterou satelitní komunikace přináší v kontextu 5G. Předpokladem je, že satelitní komunikace přinese přidanou hodnotu při usnadnění celoevropského a globálního pokrytí, odolnosti, mobility a bezpečnosti pro poskytování služeb 5G a jako prostředek umožňující inovativní infrastrukturu a služby. Za tímto účelem budou upřednostněny vertikály, ve kterých může hrát satelitní komunikace významnou roli, jako je doprava, média a zábava, veřejná bezpečnost (PPDR), aniž by byly vyloučeny další relevantní vertikály a případy užití.

Iniciativa ESA Satellite 5G podporuje vývojové aktivity spadající do následujících dvou typů aktivit:

1. Činnost typu 1: Vývoj technologie a produktu a ověřovací zkoušky. Tyto činnosti se týkají vývoje integrovaného satelitního a pozemního systému 5G a/nebo jeho součástí.
2. Činnost typu 2: Vývoj aplikací a vertikální pilotní projekty. Tyto aktivity se týkají vývoje a/nebo demonstrace aplikací a služeb založených na sítích 5G a vesmírných systémech, kde jsou do pilotních projektů zapojeni potenciální uživatelé.

Celkově je možné shrnout, že tyto iniciativy představují komplexní přístup EU k podpoře využití 5G technologií. Řeší při tom různé aspekty od konektivity, bezpečnosti, ekonomické obnovy až po digitální transformaci napříč různými sektory.

Podniky usilující o digitalizaci s využitím 5G mohou v některých případech žádat o financování svých projektů přímo v rámci programů EU (5G for smart communities). V jiných případech je možná podpora jejich projektů prostřednictvím národních programů, které z EU iniciativ vychází (Národní plán obnovy z RRF). Příklady projektů realizovaných v rámci 5G4SC jsou v Příloze 1. Mohou sloužit jako inspirace pro zájemce z České republiky, kteří by se chtěli účastnit dalších kol tohoto programu.

2.2 Stav digitalizace podniků s využitím 5G v EU

V roce 2024 ukazuje digitalizace podniků s 5G a privátními 5G v Evropské unii pokrok, ale ve srovnání s regiony, jako jsou USA, Jižní Korea, Japonsko nebo Izrael, Evropa zaostává z hlediska míry adopce i výkonnostních parametrů.

⁸ 5G for Smart Communities: second wave of projects co-funded under CEF Digital. (2024, January 26). Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/5g-smart-communities-second-wave-projects-co-funded-under-cef-digital>

Závazek Evropy prosazovat technologii 5G je jasný, s významným veřejným financováním a iniciativami zaměřenými na překonání rozdílu mezi světovými lídry. Region však čelí výzvám v oblasti přidělování spektra, upgradu sítí a využití plného ekonomického potenciálu 5G. Pro zvýšení konkurenceschopnosti jsou nezbytné další investice do infrastruktury 5G.

Adopce a výkonové parametry 5G

Evropské země skutečně spustily komerční sítě 5G, ale jejich zavádění je ve srovnání s globálními protějšky pozvolnější. Například do 4. čtvrtletí 2022 tvořilo připojení 5G v Evropě 7,4 % z celkového počtu mobilních připojení, což je výrazně méně než ve Spojených státech (43,1 %), Jižní Koreji (42,4 %) a dalších předních zemích. Střední rychlosti 5G ve většině evropských zemí jsou pod 200 Mbps, což je řadí do kategorie „5G Improvers“, zatímco země jako Spojené arabské emiráty a Jižní Korea se mohou pochlubit střední rychlostí stahování přes 500 Mbps. 5G dostupnost: USA vedou s 56% dostupností 5G, což ukazuje procento uživatelů zařízení s podporou 5G, kteří tráví většinu času přístupem k sítím 5G. V Evropě překračuje dostupnost 5G na Kypru, Švýcarsku a Dánsku 40 %.⁹

2.2.1 Privátní 5G sítě v EU

Privátní 5G sítě jsou dobrým ukazatelem toho, jako postupuje digitalizace podniků s využitím 5G technologie. Zejména z toho důvodu, že pro většinu případů užití je privátní 5G aktuálně vhodnou variantou. Veřejná 5G síť bude některým případům užití vyhovovat v okamžiku, kdy bude možné využívat network slicing. Veřejná 5G síť bez network slicing je vhodná pro oblast digitalizace podniků jen v omezené míře. V praxi totiž reálně negarantuje kvalitu služeb – neposkytuje SLA (případně jen formou „pojišťovny“, nikoli technickou garancí). V praxi také při připojení k veřejné síti obvykle ani není z pohledu uživatele rozlišováno datové připojení 5G a 4G. Využití veřejné 5G sítě je proto vhodné pro případy užití, které vyžadují připojení mimo definovaný perimetr a zároveň nevyžadují striktní SLA, tedy například dálková doprava.

Realizace privátních 5G sítí v Evropě postupně pokračuje od roku 2018. V popředí vývoje je Německo, využívá lokalizované spektrum pro průmyslové aplikace, a to i díky průmyslovým gigantům jako Siemens, Bosch a řadě dalších.

V příloze 2 je uveden seznam téměř 100 privátních 5G sítí v Evropě¹⁰. Přestože nejde o seznam vyčerpávající (spolehlivě kompletní seznam neexistuje, v tomto případě seznam sestavil tým European 5G Observatory z veřejných zdrojů a pochopitelně se tento tým snažil o co nejuplněnější seznam), je z něj jasně patrné, že nejvyšší počet privátních sítí je v Německu, následuje Francie a Finsko. V dalších zemích, včetně České republiky, se počet pohybuje kolem pěti privátních 5G sítí v podnikové sféře.

Ze subjektů, které sítě provozují, je zřejmé, že část sítí využívají průmyslové firmy, další část pak municipality, včetně měst a přístavů a další segment potom tvoří univerzitní kampusy.

Evropští dodavatelé technologie pro 5G a privátní 5G sítě

Jako pozitivní lze hodnotit zastoupení evropských výrobců 5G technologie na evropském i na globálním trhu. Tradiční Tier-1 výrobce zastupují Nokia a Ericsson. Ti si drží také vysoký podíl mezi již realizovanými privátními 5G sítěmi. Kromě nich existují také menší Tier-2 výrobci, kteří se obvykle zaměřují na dílčí část 5G ekosystému, například jen core či jen RAN část sítě, orchestraci apod. K těmto výrobcům patří irský Druid, původní italský Athonet (nyní akvírovaný HP), nebo francouzský Amarisoft.

Další entity a projekty se pak zaměřují také na vývoj 5G technologií na bázi open-source. K nejvýznamnějším v Evropě patří OpenAirInterface Software Alliance.

OpenAirInterface

OSA, založená v roce 2014, je francouzská nezisková organizace („Fonds De Dotation“) financovaná firemními sponzory. OSA je domovem OpenAirInterface, otevřeného softwaru, který sdružuje komunitu vývojářů z celého světa, kteří spolupracují na budování bezdrátových celulárních technologií Radio Access Network (RAN) a Core Network (CN).

⁹ Kechiche, S. (2023, February 22). *European 5G Performance Trails its International Peers | Ookla®*. Ookla - Providing Network Intelligence to Enable Modern Connectivity. <https://www.ookla.com/articles/european-5g-performance-q1-202>

¹⁰ *5G Private networks – 5G Observatory*. (n.d.). <https://5gobservatory.eu/5g-private-networks/>

Aliance je zodpovědná za:

- plán rozvoje,
- kontrolu kvality,
- propagaci softwarových balíčků OAI nasazených naší akademickou a průmyslovou komunitou pro různé případy použití.

2.3 Německo vede ve využití privátních 5G sítí

Německo je v popředí privátního zavádění 5G díky svému proaktivnímu regulačnímu přístupu a strategickému zaměření na umožnění vysoce lokalizovaných privátních sítí pro průmyslové a jiné aplikace. Německá federální síťová agentura (Bundesnetzagentur, BNetzA) byla nápomocna v tomto pokroku tím, že vyčlenila 100 MHz středního pásma na frekvenci 3,7 GHz speciálně pro průmyslové, zemědělské nebo podobné soukromé sítě. Tato alokace spektra je zaměřena na podporu aplikací Průmyslu 4.0, jejichž cílem je rozvoj inovativního využití digitálních technologií v průmyslu.

V listopadu 2019 Německo otevřelo 100 MHz v pásmu 3,7–3,8 GHz pro licence na místní spektrum 5G. Záměrci mohli žádat o spektrum až 100 MHz v blocích po 10 MHz s využitím duplexu s časovým dělením (TDD) pro použití ve vymezené oblasti pokrytí. Žádosti musely obsahovat plány, které prokazují, že požadované spektrum bude využíváno efektivně, aby bylo zajištěno efektivní využití. Licence by mohly být udělovány až na 10 let s možností prodloužení nejpozději do prosince 2040. Uživatelé musí zajistit používání bez rušení, včetně koordinace s ostatními geograficky blízkými místními uživateli a chránit stávající uživatele v pásmu (např. pozemské stanice FSS). Spektrum musí být využito do jednoho roku od přidělení a jakékoli převody musí být schváleny BNetzA.

BNetzA se snažila zpřístupnit místní licence širokému okruhu zájemců a stanovila široké požadavky na způsobilost a roční poplatky vázané na kritéria použití. Platí se roční poplatky za využívání spektra, které se vypočítávají podle velikosti šířky pásma, velikosti a umístění požadované oblasti pokrytí a doby platnosti licence na spektrum.

Žádosti lze podávat kdykoli a jsou zpracovávány průběžně podle stávajícího využití a dostupnosti požadovaného spektra. Podle pravidel BNetzA budou informace o místních licencích na spektrum zpřístupněny stranám s oprávněnou potřebou přístupu k podrobnostem licence, například pro účely koordinace.

Podle údajů z roku 2023 bylo v Německu podáno již více než 200 žádostí o zřízení privátní 5G sítě.¹¹

Privátní 5G sítě využívají v Německu špičkové průmyslové podniky:

- Bosch byl průkopníkem v podávání žádostí o místní licence 5G za účelem vylepšení svých výrobních procesů.
- Siemens a BMW patří mezi další průmyslové giganty využívající soukromé 5G pro chytou výrobu a automatizaci.
- Lufthansa využívá privátní 5G síť v rámci servisování svých letadel.

Z výzkumných a vývojových aktivit je pak nejvýznamnější Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. Tato organizace se zabývá všemi aspekty 5G (a nyní také již 6G) technologií. S cílem překlenout mezeru mezi 3GPP specifikacemi a skutečně dostupnými technologickými řešeními.

Fraunhofer IIS provozuje v Norinberku vlastní 5G testbed

Testovací zařízení 5G Industry 4.0 na Fraunhofer IIS je otevřené prostředí pro testování konkrétních případů použití zákazníků v průmyslu a logistice. Využívá nejnovější mobilní technologie v reálných podmínkách v samostatné kampusové síti 5G. 5G může výrazně zvýšit výkon bezdrátových připojení v průmyslovém prostředí, a tím otevřít nové možnosti pro bezdrátovou implementaci složitějších a pro bezpečnost kritických aplikací. Brzké testování aplikací s 5G urychluje přechod k plně propojeným, flexibilně přizpůsobitelným výrobním, montážním a logistickým procesům.

Společnosti, výzkumné instituce a univerzity mohou využít testovací prostředí Průmyslu 4.0 ke zkoumání toho, jak může 5G splnit různé požadavky průmyslových aplikací v reálném životě. Hlavními uživateli mohou být výrobní společnosti, poskytovatelé

¹¹ Hill, K. (2022, November 22). *Private network spectrum strategy, Part 3: Germany's BNetzA* – RCR Wireless News. RCR Wireless News. <https://www.rcrwireless.com/2022/11/22/spectrum/private-network-spectrum-strategy-part-3-germany>

polohovacích systémů, systémoví integrátoři a telekomunikační společnosti, které potřebují snadný přístup k testovací infrastruktuře 5G, aby mohly ověřovat svá řešení a připravit je na trh.

Čas mezi standardizací nových funkcí 5G a jejich dostupností jako komerčních komponent lze v testovacím prostředí využít k hodnocení nových aplikací a prototypů. Fraunhofer IIS pomáhá společnostem dělat lepší rozhodnutí při investování do nového vývoje a systémů.

Německý přístup může inspirovat další země několika způsoby:

1. Přidělení spektra pro místní použití: Vyčleněním části spektra speciálně pro místní a soukromé použití umožnilo Německo rozmanitou škálu aplikací a služeb přizpůsobených konkrétním potřebám. Podle vyjádření BNetzA má Německo zájem diskutovat harmonizaci využívání 3,8-4,2 GHz nebo jiných pásem v Evropě pro privátní sítě, protože možnost využívat stejné spektrum pro privátní sítě ve více evropských zemích „by mohla poskytnout dobrou stimulaci trhu“.
2. Podpůrné programy, například technologický program PAiCE.
3. Výzkumná a vývojová činnost v obdobném rozsahu jako realizuje institut Fraunhofer.

Aby ostatní země dohnaly tento náskok, mohou zvážit přijetí podobných regulačních strategií, včetně vyčlenění vyhrazeného spektra pro soukromé a místní použití, poskytnutí jasných pokynů a podpory pro zavádění privátních sítí a podpory používání technologie 5G pro průmyslové a jiné specializované aplikace. Kromě toho by podpora spolupráce mezi soukromým sektorem, výzkumnými institucemi a regulačními orgány mohla dále posílit inovace a přijetí technologií 5G.

2.4 Status digitalizace s využitím 5G v České republice

Také v případě hodnocení digitalizace s využitím 5G sítí v České republice je z výše uvedených důvodů vhodné podívat se na stav realizace privátních sítí. Network slicing veřejných sítí zatím není v České republice dostupný.

Digitalizace podniků s 5G a privátními 5G sítěmi v České republice postupuje, byť zřejmě pomaleji, než jaká byla očekávání před několika lety. Vliv na postup mají jak regulační podmínky, tak podpora inovačních projektů napříč různými sektory.

2.4.1 Regulační prostředí

Český telekomunikační úřad (ČTÚ) realizoval na konci roku 2020 významnou aukci 5G v pásmech 700 MHz a 3,4-3,6 GHz, kterou dokončilo pět subjektů, jež získaly spektrum za celkem 5,6 miliardy korun (cca 211 milionů EUR). Cílem aukce bylo usnadnit celonárodní rozšíření sítí 5G ze strany stávajících operátorů O2, T-Mobile a Vodafone spolu s opatřeními na podporu Průmyslu 4.0 prostřednictvím pronájmu frekvencí.¹²

V rámci aukce byly dva bloky frekvencí spojeny se závazkem pronájmu pro potřeby privátních 5G sítí a průmyslu 4.0. Jedná se o bloky o velikosti 60 a 80 MHz, které v aukci vydražily společnosti O2 a Incrate. Staly se tak povinnými pronajímateli. S tím, že pásmo v C-bandu vhodném pro 5G i pro privátní 5G sítě kromě nich získaly ještě společnosti Nordic Telecom, Poda, T-Mobile a Vodafone. Ovšem již bez tohoto závazku.

Závazek pronájmu rádiových kmitočtů je stanoven ve prospěch jakékoli fyzické podnikající či právnické osoby, která žádá o pronájem rádiových kmitočtů za účelem provozování neveřejné sítě elektronických komunikací pro vlastní potřebu či pro potřebu podnikatelského seskupení, jehož je členem, teritoriálně omezené na jí vlastněný pozemek, případně se souhlasem vlastníka pozemku na pozemek, ke kterému má právo užívání, např. na základě nájemní smlouvy. Tato osoba je ozančována jako „oprávněný zájemce o pronájem kmitočtů“.

¹² Český telekomunikační úřad, Vyhlášení výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikací v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz

<https://bit.ly/4beBkfn>

Účelem závazku je vytvořit podmínky, které umožní oprávněným zájemcům o pronájem rádiových kmitočtů, kteří uzavřou s povinným pronajímatelem smlouvu o pronájmu rádiových kmitočtů, přístup k rádiovým kmitočtům za účelem jejich využití pro provozování lokálních neveřejných sítí elektronických komunikací v rámci soukromých průmyslových a obdobných areálů za podmínek níže definovaných ve vyhlášení výše uvedené aukce.

Za účelem splnění závazku pronájem rádiových kmitočtů se povinný pronajímatel zaváže na výzvu oprávněného zájemce o pronájem kmitočtů jednat v dobré víře o uzavření smlouvy o pronájmu rádiových kmitočtů v souladu s tímto závazkem pronájem rádiových kmitočtů, a na základě uzavřené smlouvy udělit souhlas pro udělení IO (individuálního oprávnění) Úřadem oprávněnému zájemci o pronájem kmitočtů.

Cena za pronájem rádiových kmitočtů na základě tohoto Závazku pronájem rádiových kmitočtů účtovaná povinným pronajímatelem bude stanovena následovně:

1. Jednorázová cena za zřízení služby je 50.000 Kč bez DPH;
2. Roční cena pronájem bude vypočtena následovně:
$$\text{Roční cena služby (Kč)} = m/12 \times 1000 \times V \times a$$

kdy:

- *m je počet měsíců pronájem za kalendářní rok,*
- *V je pronajatá šířka úseku spektra v MHz,*
- *a je označení pro skutečnou rozlohu pozemku v km².*

Oprávněný zájemce musí žádat o minimální šířku kanálu 10 MHz, maximální šířka kanálu je omezena celkovým přidělem Povinného pronajímatele v pásmu 3400-3800 MHz, přičemž požadovaná šířka kanálu musí být v násobcích 10 MHz.

Skutečnou rozlohou se rozumí velikost pozemků v km², přičemž pro účely výpočtu ceny se vždy za skutečnou rozlohu (velikost) pozemků, kterých se týká pronájem kmitočtů, považuje rozloha (velikost) celého pozemku uvedená v katastru nemovitostí.

Příklad:

Výrobní společnost má tovární halu o velikosti 20x100m na pozemku o velikosti 50x200m. Pozemek má tedy velikost 10.000 m². To je 0,01 km². Požádá o pronájem 60 MHz spektra. Roční cena služby: $12/12 \times 1000 \times 60 \times 0,01 = 600$ Kč.

I při zohlednění jednorázového poplatku 50 tisíc Kč je cena pronájem spektra zanedbatelná.

Pro povinné pronajímatele není tato cena motivační. Na druhou stranu podstatnou ekonomickou výhodu získali pronajímatelé už v rámci aukce díky nižší ceně těchto bloků.

Pronájem rádiových kmitočtů dle tohoto závazku pronájem rádiových kmitočtů musí být teritoriálně omezen na pozemek vlastněný oprávněným zájemcem o pronájem kmitočtů (případně na pozemek, který má oprávněný zájemce právo užívat). Uvedené pozemky nesmí být veřejným prostranstvím.

Oprávněný zájemce o pronájem kmitočtů je oprávněn na pronajatých kmitočtech dle tohoto závazku pronájem rádiových kmitočtů provozovat výhradně neveřejnou síť elektronických komunikací jen pro vlastní potřeby či pro potřeby členů podnikatelského seskupení, jehož je členem, a to za účelem poskytování služeb elektronických komunikací zajišťujících komunikaci mezi stroji. Účelem neveřejných sítí dle předchozí věty není poskytování interpersonálních komunikačních služeb a služeb přístupu k internetu.

Oprávněný zájemce o pronájem kmitočtů je povinen zajistit dodržování právních a technických podmínek stanovených zákonem, definovaných povinným pronajímatelem ve smlouvě (zejména podmínky vzájemné koordinace sítí a synchronizace sítí), provozních podmínek relevantních pro kmitočtové pásmo 3400-3800 MHz stanovených v podmínkách výše uvedené aukce a v příslušném PVRS (Plán využití radiového spektra).

Na základě uzavřené smlouvy o pronájem kmitočtů s povinným pronajímatelem požádá oprávněný zájemce o pronájem kmitočtů Úřad o vydání IO pro provoz své lokální neveřejné sítě elektronických komunikací. K žádosti doloží všechny podklady nezbytné pro vydání IO. Po této aukci ovšem došlo k další konsolidaci trhu. Pásmo získané původně společností Incrate nyní získala společnost T-Mobile. Pásmo společnosti PODA získal Vodafone. Povinnými pronajímateli dle podmínek aukce jsou tedy nyní společnosti O2 a T-Mobile. S výjimkou (zatím) společnosti Nordic Telecom je tak C-band spektrum vhodné pro 5G/ privátní 5G sítě výhradně v pronájmu mobilních operátorů.

Hodnocení regulační situace v ČR

Z výše uvedené situace ohledně spektra pro privátní 5G sítě vyplývají některá omezení:

1. V ČR na rozdíl od Německa není pro privátní sítě dedikované spektrum. To znamená, že privátní sítě budou zřizovány v rámci spektra využitého pro veřejné sítě a služby elektronických komunikací. Zatímco v odlehlých logistických či průmyslových areálech to nemusí být problém, v areálech nacházejících se v městských a příměstských aglomeracích bude docházet k situacím, kdy privátní sítě budou rušit sítě veřejné a obráceně. A je zřejmé, že v některých případech nebude snadné či vůbec možné situaci uspokojivě vyřešit pro všechny zúčastněné strany.
2. Pronájem spektra pro privátní 5G sítě není omezen jen na privátnost využití těchto 5G sítí. Navíc je zde omezení účelem pro Průmysl 4.0. Průmysl 4.0 přitom zdaleka není jedinou oblastí, pro kterou mají být v ekonomickém zájmu České republiky privátní sítě pro digitalizaci podniků využity. Jsou zde oblasti a vertikály jako zdravotnictví/eHealth, energetika, letecký a hotelový průmysl, zemědělství, vzdělávání a další oblasti, pro které je zásadním přínosem využití privátních 5G sítí a jejich náležitost do Průmyslu 4.0 je přinejmenším sporná.
3. Privátní 5G síť má dle regulace zajišťovat jen komunikaci mezi stroji. Nikoli interpersonální komunikaci a přístup k internetu. To je další omezení, které jde proti reálnému využití privátních 5G sítí. V privátních 5G sítích je realizována celá řada případů užití, které zahrnují nějakou formu personální komunikace. Mezi nejvýznamnější případy užití patří například „asistovaná práce“, zahrnující vzdálenou podporu při údržbě, opravách, školení atd. a při které dochází ke komunikaci mezi dvěma osobami a typicky vyžaduje připojení k internetu, podobně jako řada jiných významných případů užití v privátních 5G sítích. Důležitá je také skupinová komunikace pracovních týmů či potřebné využití SaaS služeb vyžadující přístup k internetu.

Řada výše uvedených scénářů a případů užití je i v rámci dané regulace hraniční a možná by se je podařilo v rámci právního sporu obhájit. Vzhledem k možným právním sporům o oprávněnost využití spektra se ovšem subjekty, v tomto případě podniky, mohou této možnosti raději apriori vyhýbat a privátními 5G sítěmi se nezabývat. Nebo mimo daný regulační rámec a výhradně prostřednictvím mobilních operátorů. Což může ale vést k tomu, že možné řešení je pro ně nákladově a ekonomicky nedostupné. Skutečností je, že v tuto chvíli nejsou žádné komerční privátní 5G sítě v ČR provozované dle výše uvedené regulace. Pro budoucí rozvoj privátních 5G sítí je tak důležité definovat vhodné spektrum, v rámci kterého budou výše uvedená omezení eliminována a která tak umožní větší liberalizaci prostředí privátních 5G sítí podporujících digitalizaci podniků v ČR. V první řadě se jedná o spektrum 3.8 – 4.2 GHz a 6 GHz.

2.4.2 Podpůrné programy pro digitalizaci podniků s 5G

Z pohledu podniků je možné podpůrné programy rozdělit na 2 základní kategorie:

1. Podpora výzkumu a vývoje (VaVal – Výzkum a vývoj a inovace)
2. Podpora zavádění a provozu již existujících řešení

Podpora výzkumu a vývoje

Jistě zdaleka ne všechny podniky, které chtějí zefektivnit své fungování díky digitalizaci s využitím 5G technologií, usilují o vlastní výzkum a vývoj v této oblasti. Podpora je tedy v tomto případě zaměřená (a omezená) na podniky, které chtějí vyvíjet vlastní řešení v dané oblasti. Důležitá je v tomto případě skutečná novost celého řešení. Jen tak má podnik šanci podporu získat. Podpora probíhá zejména prostřednictvím programu TREND v rámci Technologické agentury České republiky (TAČR).

TAČR již realizoval dvě veřejné soutěže, které byly zaměřené přímo na vývoj v oblasti 5G technologií (7. a 8.).¹³

Předmětem veřejné soutěže je výběr návrhů projektů průmyslového výzkumu a experimentálního vývoje podporovaných z veřejných prostředků za účelem naplnování cílů Programu TREND. Veřejná soutěž je zaměřena na podporu projektů zabývajících se vývojem technologií 5G a vyšších (dále jen “5G”) a je financována z Národního plánu obnovy v rámci komponenty 1.3 s názvem Digitální vysokokapacitní sítě a její investice “Vědeckovýzkumné činnosti související s rozvojem sítí a služeb 5G”.

V rámci sedmé veřejné soutěže bylo podpořeno 10 a v rámci osmé veřejné soutěže bylo podpořeno 14 projektů. Jejich seznam je uveden v Příloze 3. Zde uvedené projekty jsou realizovány od roku 2023 a dokončeny by měly být nejdéle do 36, respektive 31 měsíců. Maximálně koncem roku 2025 bychom se tedy měli dočkat 24 projektů vývoje v oblasti 5G. Jak je zřejmé ze zaměření

¹³ Program TREND - Technologická agentura ČR. (2023, November 30). Technologická Agentura ČR. <https://www.tacr.cz/program/program-trend/>

jednotlivých projektů, výstupem řady z nich jsou řešení, která mohou hrát pozitivní roli při digitalizaci v různých vertikálách, například zdravotnictví, logistice, zemědělství či dopravě.

Podpora zavádění již existujících řešení

Druhým typem podpory jsou programy, které přispívají k realizaci již funkčních řešení, která využívají 5G technologie. Tento typ programů se snaží urychlit digitalizaci s využitím 5G tím způsobem, že podporuje realizaci projektů, které pak mají sloužit také jako inspirace dalším podnikům. Tyto projekty ukazují různé případy užití a sloužit tak jako případové studie. K tomuto typu programů patří výše zmíněné „5G for smart communities“ v evropském kontextu. V českém kontextu jsou to potom projekty, které mají být realizovány v rámci Národního plánu obnovy, konkrétně Demonstrativní projekty rozvoje aplikací pro průmyslové oblasti za použití sítí 5G.¹⁴

2.4.3 Výzkum a vývoj v oblasti 5G

V České republice se výzkumem a vývojem 5G technologií a jejich využitím pro digitalizaci zabývají na jedné straně komerční firmy, jak je zřejmé z výčtu účastníků programu TREND, na druhé straně organizace a instituce přímo pro výzkum a vývoj určené, tedy výzkumné organizace.

V oblasti digitalizace s využitím 5G technologií patří k nejvýznamnějším výzkumným organizacím:

Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC)

je moderní vědecko-výzkumný ústav Českého vysokého učení technického (CIIRC ČVUT), který spojuje excelentní výzkumné týmy, mladé talenty a unikátní know-how s cílem posouvat technologické hranice a navázat na to nejlepší z tradic českého technického vzdělávání. Těžiště výzkumné práce CIIRC ČVUT se zaměřuje na čtyři základní pilíře: průmysl, energetiku, chytrá města a zdravou společnost, a to jak v základním, tak aplikovaném výzkumu.

CIIRC ČVUT byl založen v roce 2013 profesorem Maříkem a v současné době čítá více než 260 zaměstnanců, z nichž 29 jsou profesori, kteří se podílí na vzdělávání 80 studentů v doktorských programech. CIIRC ČVUT je dynamicky se rozvíjející a rostoucí instituce která v roce 2022 zaměstnává více než 300 zaměstnanců, především výzkumných pracovníků.

Z pohledu této studie je důležitým projektem zejména Testbed pro Průmysl 4.0, který tvoří určitý středobod aktivit CIIRC. V reakci na požadavky trhu přináší Průmysl 4.0 vizi chytrých továren – plně integrovaného, automatizovaného a průběžně optimalizovaného prostředí založeného na principu propojení výrobních zařízení do tzv. kyberneticko-fyzických systémů.

V nové budově ČVUT CIIRC v Praze 6 za tímto účelem vzniklo výzkumné a experimentální prostředí. Zde si zájemci o automatizovanou a digitalizovanou výrobu dle principů Průmyslu 4.0 mohou sami vyzkoušet inovativní řešení pro chytré továrny, ověřovat jejich kompatibilitu, funkčnost a účinnost, simulovat a optimalizovat výrobní a související vnitropodnikové procesy.

Testbed kombinuje různé technologie, jako je aditivní výroba, obrábění, robotická manipulace, inteligentní dopravní systémy, spolupráce člověka a robota, automatizované skladování a další. Díky flexibilnímu propojení univerzálních výrobních nástrojů a zpracovaného řídicího systému lze stejné prostředky použít k provádění různých operací, které jsou podle potřeby optimálně naplánovány.

Klíčovým aspektem Testbedu je existence tzv. digitálního dvojčete, pod kterým lze chápat virtuální model výrobku, výrobního procesu a celého výrobního zařízení propojený skrz řadu senzorů v reálném čase s fyzickým světem v kyberneticko-fyzický prostor. S pomocí pokročilého software lze realizovat digitální návrh nových produktů, simulovat a virtuálně zprovoznit celou výrobní linku, optimalizovat výrobek a výrobní proces před zahájením fyzické výstavby či přestavby, a výrazně tak zkrátit dobu a náklady na uvedení výrobku na trh.

Testbed je vybavený technologií privátní 5G sítě, díky spolupráci se společností T-Mobile. Ta vybavila privátní 5G síť nejen CIIRC v Praze, ale také VŠB-TU v Ostravě a nyní realizuje zasíťování VUT v Brně, Technické univerzity v Liberci a České zemědělské univerzity v Praze.

¹⁴ *Výzva Investice č. 6 Demonstrativní projekty rozvoje aplikací pro průmyslové oblasti za použití sítí 5G, komponenta 1.4 NPO | MPO.* (n.d.). <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/narodni-plan-obnovy/vyzvy/investice-c-8-demonstrativni-projekty-rozvoje-aplikaci-pro-prumyslove-oblasti-za-pouziti-siti-5g-275331/>

CEITEC – Středoevropský technologický institut

CEITEC vznikl v roce 2011 jako konsorcium šesti významných brněnských univerzit a výzkumných institucí, včetně VUT a Masarykovy univerzity. CEITEC má multidisciplinární povahu. Integruje oblasti věd o živé přírodě, pokročilých materiálech, nanotechnologiích a kybernetice. V tomto směru jde o první výzkumné centrum svého druhu v České republice.

Z pohledu této studie je klíčová výzkumná oblast technická kybernetika, instrumentace a systémová integrace. Ta se zaměřuje na výzkum a vývoj automatizačních, robotických, sensorických a měřicích technologií a jejich integraci v průmyslových aplikacích. Aplikačně pokrývá zejména oblast výrobních technologií, dopravních prostředků (autonomní a elektrické automobily), zdravotnictví a další.

Výzkumné oblasti kybernetiky a robotiky:

- Inteligentní snímače a zpracování signálů, design senzorů s použitím nových materiálů
- Pokročilé řídicí technologie, ovládání elektrických pohonů
- Mobilní robotické systémy, průzkumná robotika, telepresence
- Vestavěné systémy a komunikační technologie

Na CEITEC funguje průmyslová laboratoř **RICAIP Testbed Brno**.

RICAIP (Research and Innovation Centre on Advanced Industrial Production) je evropský projekt, jehož cílem je vytvořit síť testbedů po Evropě, které se budou podílet na tzv. distribuované výrobě.

Tento projekt se snaží propojovat výzkumné instituce a tuzemské výrobní firmy. Tak aby podnikatelé o inovacích a nových technologiích věděli, a hlavně je využili. Firmy mohou spolupracovat s výzkumníky, aby společnými silami s přišli s vhodným řešením pro zlepšení procesu výroby. V průmyslové laboratoři RICAIP Testbed Brno si mohou zájemci vyzkoušet třeba testování automatizace výroby. Účelem je umožnit otestovat firmám novinky předtím, než do nich investují. Brněnský Testbed se věnuje testování a experimentům v oblasti digitalizace, automatizace a umělé inteligence.

Specialisté brněnského Testbedu pokrývají široké spektrum oblastí, od aditivní výroby (3D tisk) a CNC obrábění až po senzorické technologie jako vibrodiagnostika a analýza hluku, nebo pokročilou robotiku. Přístupují také k provozování 5G sítí pro průmyslovou komunikaci a umí pomoci s využíváním umělé inteligence včetně výpočetních prostředků pro její učení. Tyto oblasti patří mezi hlavní, které nejčastěji splňují potřeby klientů. Díky propojení s dalšími expertními týmy v rámci VUT však dokážou nabídnout i služby využívající expertízy v dalších oblastech.

Díky partnerům v rámci konsorcia pak nabízí kromě experimentů také poradenství. V některých případech se oba typy služeb propojují. Výstupem poskytovaných služeb, například testování, jsou předávací protokoly, které obsahují výzkumné zprávy s návrhy řešení. Klienti obdrží komplexní přehled možností na trhu a toho, co daná technologie umožňuje, čímž minimalizují riziko spojené s výběrem nevhodné technologie a ekonomicky nevýhodným rozhodnutím.

Součástí podpory pro malé a střední firmy je také pořádání různorodých workshopů v průmyslové laboratoři RICAIP Testbed Brno. Příkladem může být vždy kapacitně naplněná Akademie digitální transformace, kde si pod vedením zkušených koučů účastníci vytváří vlastní optimalizační projekt připravený k implementaci. Mimo akademii se kurzy zaměřují také na 3D přesné měření, 3D tisk, 5G síť a řadu dalších aspektů digitalizace průmyslu.

Partnerem CEITEC je **EDIH – DIGIMAT**. Ten poskytuje firmám konzultační služby, vzdělávací služby, asistenci s využitím testbedů atd. To vše s cílem pomoci s digitalizací výroby, respektive obecně s aplikací inovativních řešení z široké oblasti digitálních technologií.

EDIH-DIGIMAT podporuje malé a střední podniky. Firmy do 499 zaměstnanců je možné podpořit až 100 % z fondů EU a podniky do 3000 zaměstnanců až 50 % z fondů EU.

VŠB – Technická univerzita Ostrava

V rámci VŠB – Technické univerzity Ostrava je řešeno několik projektů, které mají přímý vztah k digitalizaci s využitím 5G technologií. Dále jsou charakterizovány ty nejpodstatnější.

Smartfactory a Automotive lab.¹⁵

V rámci činností těchto dvou laboratoří jsou vyvíjeny a testovány různé systémy v souladu s principy konceptu Průmysl 4.0 a

¹⁵ <http://smartfactory.vsb.cz/>

s využitím komunikační technologie 5G. Smart Factory je komplexní laboratoř pro výuku, demonstraci, testování a výzkum technologií používaných v digitalizaci průmyslu. V Automotive Lab vzniká celá řada zajímavých systémů v oblasti autonomního řízení či asistenčních služeb např. ve spolupráci se Škoda Auto.

C-ITS polygon.¹⁶

V rámci projektu REFRESH dojde v příštím roce k vybudování C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) polygonu a rozšíření 5G kampusové sítě zajišťující jeho pokrytí. Podstatou C-ITS je komunikace mezi vozidly a příslušnou bezdrátovou infrastrukturou – zde 5G pracující v oblasti milimetrových vln. V rámci výzkumných aktivit projektu budou vyvíjeny, testovány a implementovány pokročilé aplikace a systémy, které využívají jak komunikaci mezi vozidly, tak komunikaci s 5G infrastrukturou v reálném čase. Výstupy projektu pak budou využity pro získání praktických zkušeností a dat pro budoucí plánování a nasazení C-ITS a 5G technologií nejen ve veřejné dopravě.

Centrum robotiky.¹⁷

Centrum robotiky při Fakultě strojní VŠB-TU Ostrava provádí výzkumné a vývojové činnosti v oblasti v oblasti kolaborativní a průmyslové robotiky. V rámci využití 5G se výzkumný tým zabývá vývojem různých typů mobilních robotických systémů, kde je zapotřebí vysoká spolehlivost a datová propustnost bezdrátového spojení.

Projekt Quantum5.¹⁸

Cílem projektu bylo vytvořit integrované řešení, které umožnilo využití výhod obou technologií – 5G a QKD (Quantum Key Distribution), a to pro zlepšení bezpečnosti infrastruktury 5G. V rámci testbedu byla provedena reálná integrace technologie QKD do infrastruktury kampusové 5G sítě za účelem demonstrace kvantově zabezpečené 5G sítě.

Nové aplikace využívající 5G kampusovou síť s podporou mmWave a infrastruktury CESNET

V rámci různých činností spojených s využitím 5G kampusové sítě na VŠB-TUO vznikla pracovní skupina, která se zabývá vývojem a testováním multimediálních aplikací, které mají potenciál využití i v 5G. Jedná se zejména o činnosti spojené s měřením, analýze a optimalizací multimediálního provozu v 5G síti s využitím QoS metrik, kdy jsme schopni následně definovat vhodné přenosové parametry, kodeky a případná nastavení QoS a samotné rádiové vrstvy v 5G pro určitý typ multimediálního provozu. Jako perspektivní se jeví oblast využití 5G pro přenosy vysoce kvalitního videa s až 8k rozlišením nebo vysokým framerate až 120 fps a následná analýza zpoždění či jitter a to ve spojení s přenosem dat přes infrastrukturu CESNET.

Národní centrum Průmyslu 4.0

“Centrum” je institucí spíše koordinační než výzkumnou. Nicméně jde o důležitou platformu v oblasti digitalizace podniků.

Centrum je technologicky neutrální a otevřená akademicko-průmyslová platforma, která propojuje inovační leadery, výrobní i technologické firmy, univerzity, výzkumné a oborové organizace se státem a médií. Má ambici být odborným partnerem procesu změny (digitální transformace) pro start-upy, SME i velké průmyslové podniky. Poskytuje služby od sdílení zkušeností a znalostí, přes informace z českého průmyslu po služby testbedů a projektové služby. Z pohledu firem usilujících o zvýšení své efektivity díky digitalizaci s využitím 5G, zejména v oblasti Průmyslu 4.0, je tedy důležité vědět, že v České republice existují výzkumné a koordinační organizace, které jim jsou ochotné a schopné s tímto úkolem pomoci.

Na začátku plánovaného projektu může být výhodné oslovit jednu z uvedených institucí (dle předmětu plánovaného projektu) a celý projekt s nimi konzultovat. Tímto způsobem může vzniknout oboustranně výhodná spolupráce, která firmám umožní zvolit vhodnou strategii digitalizace a investovat prostředky do vhodných technologií.

2.4.4 Realizované projekty v oblasti digitalizace podniků s využitím 5G

V České republice se objevují první iniciativy v podobě projektů zahrnujících privátní 5G sítě. Kromě výše uvedených kampusových sítí, které slouží primárně k výzkumným aktivitám, existuje již několik podnikových privátních 5G sítí:

¹⁶ <https://www.smaragdova.cz/>

¹⁷ <https://www.fs.vsb.cz/354/cs/centrum-robotiky/kolaborativni-robotika/>

¹⁸ <https://www.quantum5.eu/>

Škoda Auto

Disponuje privátní 5G sítí, kterou realizovala společnost Vodafone s využitím technologie Nokia. Jedná se první počín svého druhu v České republice, tedy privátní 5G SA síť postavená v roce 2022. Z pohledu využití jde stále spíše o Proof of Concept. Aktuálně je v přípravě další privátní 5G síť pro lísivnu Škody Auto. Tu by měl dodat T-Mobile s technologií Ericsson a bude sloužit mimo jiné k lokalizaci lisovacích nástrojů.

Toyota

Na základě konkrétních modelů nasazení sítí 5G v průmyslovém prostředí a ve spolupráci se svými technologickými partnery postavil T-Mobile na konci roku 2022 pro Toyotu privátní síť 5G v tzv. standalone režimu, která plně spoléhá na nejnovější standardy mobilních sítí. Po Belgii a Polsku je Česká republika teprve třetí evropskou zemí, kde automobilka Toyota 5G aktivně testuje.

Nové testovací prostředí v kolínské automobilce Toyota bude od počátku sloužit k ověření možnosti praktického nasazení konkrétních aplikací, využívajících přednosti privátních sítí 5G:

1. Ve spolupráci se společností ServisControl budou testovány autonomní vozíky, řízené prostřednictvím sítě 5G. Technologie privátní sítě 5G v tomto případě zajistí nejen dostupnost signálu bez ohledu na aktuální pozici vozíků, ale rovněž i velmi přesné zjišťování polohy zařízení a velmi nízkou latenci datové komunikace při jejich. Autonomní vozíky budou sloužit pro dopravu komponent automobilů na montážní linku i transport součástek ve skladech.
2. Významnou oblastí testování je ověření možnosti zvýšení výkonu při kontrole produkce s pomocí sítí senzorů, připojených do privátní sítě 5G automobilky. T-Mobile za tímto účelem pro automobilku zajišťuje integraci mezi sítí 5G a zařízeními internetu věcí (IoT).
3. Toyota rovněž otestuje brýle pro rozšířenou realitu pro efektivnější průběh školení nových zaměstnanců i následné rozšiřování znalostí a mentorování pracovníků ve výrobě. T-Mobile připravil aplikaci využívající brýle pro rozšířenou realitu od společnosti Microsoft, připojené k podnikové síti prostřednictvím 5G SA modemu Pegatron, pro promítání pokynů před očima pracovníků ve výrobě.

Testovací prostředí v kolínském závodě automobilky Toyota je tvořeno kombinací rádiových prvků, core elementů a koncových zařízení. Infrastruktura privátní sítě 5G je postavena na technologiích standalone 5G od společnosti Ericsson a koncových zařízeních společnosti Advantech. Konkrétní testované aplikace připravil T-Mobile ve spolupráci se společnostmi ServisControl, Microsoft a Pegatron.

Continental

V srpnu roku 2023 technologická společnost Continental spustila svou první soukromou 5G síť mezi svými evropskými výrobními závody ve svém závodě na zobrazovací řešení v Brandýse nad Labem. Očekává se, že 5G síť, speciálně nastavená tak, aby vyhovovala požadavkům Continentalu na high-tech výrobu, dále umožní pokročit v digitalizaci výroby zrychlením komunikace mezi zaměstnanci, zařízeními a stroji, jako jsou senzory, výrobní roboty a autonomní dopravní vozidla. Kromě toho zlepšuje konektivitu mezi závody Continental v globální produkční síti díky jednotnému a bezpečnému prostředí se sníženou latencí. Celkem plánuje Continental ve svém závodě v Brandýse integrovat do sítě více než 1000 zařízení a senzorů. Osm síťových přístupových bodů na ploše 5 000 metrů čtverečních poskytuje signál pro privátní síť 5G. Síť dodala společnost T-Mobile s využitím technologie Ericsson. Další informace o tomto projektu jsou v případové studii Ayes v tomto dokumentu.

Kvados

V rámci dotační výzvy OPPIK Aplikace IX byl společností KVADOS ve spolupráci s VŠB-Technickou univerzitou Ostrava a VUT v Brně podán a úspěšně vyřešen projektový záměr jehož cílem bylo vyvinout vlastní platformu pro řízení autonomních robotů a dalších pokročilých technologií s využitím 5G sítě. Pro tyto účely byla vybudována privátní 5G síť v prostorech logistického skladu Paskov pro komerční účely ve spojení s prvky Průmyslu 4.0. Společnost implementovala ve svém logistickém ShowRoom 5G SA privátní mobilní síť pro řízení a zpracování dat z logistických robotů. 5G SA síť byla dodána společností T-Mobile Czech Republic a.s. s využitím technologie Ericsson. Další informace o tomto projektu jsou v případové studii Kvados v tomto dokumentu.

BD Sensors

Síť je postavená na technologii od Ericssonu, se kterým O2, respektive CETIN spolupracují i v rámci budování bezdrátové části běžné 5G sítě. 5G core v případě buchlovické privátní sítě není umístěn v prostorách zákazníka. Jedná se o 5G NSA. Nejde tedy o plnohodnotnou privátní 5G síť. Na druhou stranu z pohledu zákazníka je podstatné, že O2 garantuje latenci vždy pod 20 milisekund, ale běžně je to kolem 12 milisekund. Obdobně u rychlosti se běžně dosahuje rychlostí kolem 600 Mb/s.

Primárním účelem této sítě je nahradit stávající WiFi připojení, se kterým měl zákazník dlouhodobé problémy. Do 5G sítě se tak připojují koncová zařízení (tablety) ZEBRA.

LARS Chemie

Společnost LARS Chemie realizuje projekt moderního řízení výroby s využitím řešení Cerebrica Optimizer. Pro řízení výroby jsou data získávána díky infrastruktuře zahrnující privátní 5G síť dodanou společností T-Mobile na technologii Ericsson. LARS Chemie využívá privátní 5G síť pro nahrazení kabeláže, bezdrátové ovládání dopravníků, sběr dat z vozíků a také pro lokalizaci/trackování zaměstnanců z pohledu času, který stráví na jednotlivých stanovištích.

2.4.5 Hodnocení stavu digitalizace podniků s využitím 5G v ČR

Více než 3 roky po aukci vhodného spektra pro 5G sítě z výčtu projektů podnikových privátních 5G sítí, které jsou, při absenci network slicing a garantované SLA u veřejných 5G sítí, dobrým indikátorem progresu digitalizace podniků s využitím 5G technologií, vyplývá, že postup pokročilé digitalizace s využitím 5G technologií zaostává za vedoucími trhy v globálním i evropském kontextu (zejména ve srovnání s Německem) a pohybuje se spíše na evropském průměru.

Je proto potřeba dále hledat příčiny tohoto vývoje, identifikovat překážky rychlejší digitalizace podniků s využitím 5G a definovat způsoby jejich překonání. V České republice je poměrně silná základna výzkumu v oblasti digitalizace podniků, zejména Průmyslu 4.0, a to včetně využití 5G technologií. Tento výzkum se převážně nezabývá samotnou 5G technologií, ale její aplikací. K technologii 5G je v rámci testbedů přístupováno formou „black boxu“ dodavatelské firmy, což značně omezuje možnosti výzkumu a experimentování se samotnou 5G technologií.

Otázkou také je, nakolik se daří tuto výzkumnou základnu efektivně využívat pro posun podnikové praxe, kolik podniků prošlo testbedy a následně došlo ke komerční realizaci testovaných technologií. V České republice, případně na úrovni EU, existuje řada programů podporujících výzkum, vývoj i implementaci existujících řešení s využitím 5G technologií. Účast českých podniků v těchto programech je nízká, a i zde je proto potřeba hledat příčiny a způsoby zlepšení situace.

Překážky rychlejšího postupu digitalizace podniků s využitím 5G v ČR lze identifikovat v oblasti regulace, nákladů řešení, nedostatku know-how, nedostatku informací i v omezeném ekosystému. Těmto překážkám i řešení se věnují další části tohoto dokumentu.

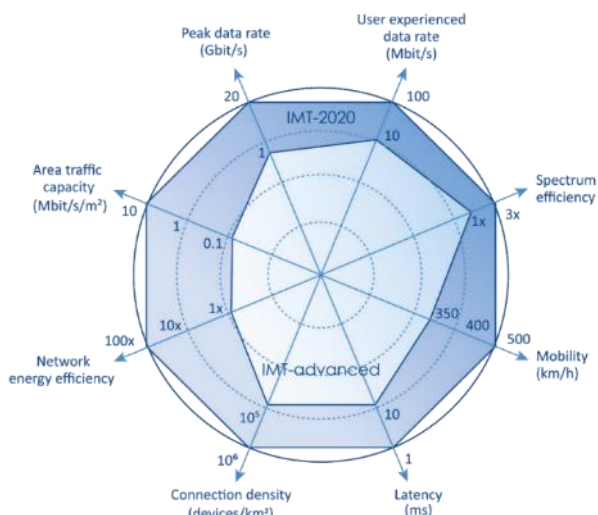
3 5G technologie z pohledu digitalizace podniků

3.1 Základní vlastnosti a funkce 5G a jejich dostupnost

Pro účel této studie jsou dále diskutovány podstatné aspekty sítí 5G (technologií 5G) ve smyslu, co má podstatný význam pro jejich využití při digitalizaci podniků. V této části si shrneme známé základní vlastnosti 5G technologií. Ovšem ne všechny vlastnosti 5G, které jsou běžně prezentované, jsou ve skutečnosti (zatím) dostupné v praxi a podíváme se proto na jejich dostupnost.

5G (neboli pátá generace bezdrátových sítí) je telekomunikační standard mobilní sítě, který technicky navazuje na standard 4G LTE. Hlavním přínosem nové technologie je významné, přibližně desetinásobné zvýšení přenosové rychlosti a podstatné snížení doby odezvy oproti standardu 4G, což kromě obsluhy více zařízení a zákazníků také umožňuje využívat nové technologie (online dálkové ovládání různých zařízení, vysoká kvalita multimédií, vysokorychlostní přístup, nízkou latenci, vysokou dostupnost a spolehlivost, QoS apod.). Základní požadavky na systém 5G byly definovány v IMT-2020 a pro 4G LTE-A to bylo IMT-Advanced viz obrázek níže, kde jsou shrnuty požadavky na uživatelskou rychlost (User experience data rate), spektrální účinnost (Spectrum efficiency), mobilitu (Mobility), latenci (Latency), hustotu připojení/zařízení (Connection density), energetická účinnost sítě (Network energy efficiency), plošnou kapacitu sítě (Area traffic capacity) a špičkovou rychlost přenosu dat (Peak data rate).

Obrázek 3: Porovnání klíčových vlastností IMT Advanced (4G LTE-A) a IMT-2020 (5G NR). Zdroj: International Telecommunication Union, 2018.

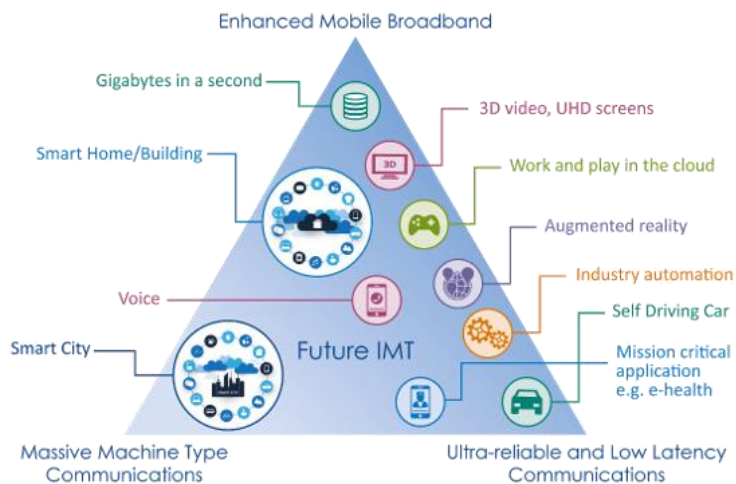


Jak je vidět z porovnání se 4G sítí LTE advanced (IMT-advanced) tak některé parametry se mění o jeden řád a některé dokonce až o dva řády. Podobně jako u předchozích sítí je jasné že ne všechny požadavky a parametry budou splněny na začátku, ale postupně se budou vylepšovat tak jak budou uvolňovány další specifikace (Release) 5G sítě.

Nové služby 5G sítí jsou dle 3GPP a ITU definovány jako:

- eMBB – Enhanced Mobile Broadband – Vylepšené mobilní širokopásmové připojení
- mMTC – Massive Machine-type Communications – Strojová komunikace v masivním měřítku
- uRLLC – Ultra-Reliable Low Latency Service – Vysoce spolehlivá služba s nízkou latencí

Obrázek 4: Služby 5G sítě dle 3GPP a ITU. Zdroj: ITU-T, Three major application scenarios for 5G, 2018.



Samotná architektura 5G sítě je navržena tak, aby byla flexibilní a schopna se přizpůsobit různým situacím a požadavkům. Mezi hlavní prvky 5G architektury patří následující:

1. **NG-RAN (New Generation Radio Access Network)** – část sítě, která se skládá z antén, vysílačů a dalších zařízení, která jsou zodpovědná za přenos dat mezi mobilními zařízeními a zbytkem sítě.
2. **5G Core Network (5GC)** – jádro sítě, které zpracovává a směřuje datový provoz mezi různými zařízeními a sítěmi. Skládá se ze sítě SDN (Software-Defined Networking), NFV (Network Function Virtualization), kontejnerů a dalších technologií.
3. **MEC/ Edge Computing** – je nový prvek 5G architektury, který umožňuje rychlé zpracování dat a umístění výpočetních zdrojů blíže k místům, tam kde jsou potřeba.
4. **Virtualization (NFV Network Function Virtualization)** – jsou dalšími novými prvky, které umožňují oddělit síťovou funkčnost od fyzické infrastruktury, což velmi usnadňuje snadnou správu a údržbu sítě, včetně využití komoditního HW a virtualizované infrastruktury, ideálně v podobě škálovatelných kontejnerů.
5. **Network Slicing** – technologie, která umožňuje rozdělit síť na různé segmenty (tzv. "slices"), aby bylo možné poskytnout různě úrovně kvality služeb (QoS) pro různé zákazníky, aplikace a služby.

Existují dvě základní architektury pro 5G sítě – NSA (Non-Standalone) a SA (Standalone):

1. **NSA (Non-Standalone) architektura:** Tato architektura je založena na existujících sítích 4G LTE a využívá 4G infrastrukturu pro řízení sítě a signalizaci, zatímco 5G se používá pro přenos dat. To znamená, že koncová zařízení musí být schopna podporovat jak 4G, tak 5G technologie. Tato architektura umožňuje rychlejší nasazení 5G sítě, protože není nutné stavět novou infrastrukturu a všechny funkce sítě mohou být integrovány do existujících sítí. Nicméně, s tím souvisí menší výkon v porovnání s plně samostatnou architekturou.
2. **SA (Standalone) architektura:** Tato architektura je plně samostatná a nezávislá na existujících sítích 4G LTE. V této architektuře jsou všechny prvky sítě 5G postaveny od základů a 5G sítě řídí a signalizují pomocí samostatného jádra sítě 5G. To umožňuje vyšší výkon, rychlejší přenos dat a nižší latenci v porovnání s NSA architekturou.

RedCap

Reduced capability (RedCap) 5G neboli technologie 5G sítě se sníženou kapacitou (RedCap) známé také jako 5G Light, významně zvyšují schopnost 5G podporovat řešení internetu věcí, která se spoléhají na jiné pokročilé funkce 5G, než je čistě vysoká rychlost. RedCap je ideální pro aplikace, které vyžadují vysokou spolehlivost a rychlosti typicky mezi ultra eMBB a LPWA, a umožní tak nasazení miliard nových zařízení a služeb IoT. Zařízení RedCap má omezenou šířku pásma oproti standardním 5G službám.

Specifikace RedCap má:

- pouze 20 MHz v pásmu FR1 a 100 MHz v FR2
- jednu vysílací anténu a jednu přijímací anténu
- pouze poloviční duplex v FDD (není třeba anténní duplexer)
- modulace pouze 64 QAM
- menší vysílací výkon

Schopnost RedCapu pojmout tak širokou škálu aplikací v jediné síti znamená nákladově efektivnější nasazení IoT v mnoha odvětvích, jako je průmyslový IoT, inteligentní energetika a vzdálené monitorování a řízení.

Dostupnost vlastností 5G

Jak již bylo řečeno, ne všechny běžně prezentované vlastnosti 5G technologií jsou v daném čase dostupné pro koncové zákazníky. Jejich dostupnost je vázána nejen na finalizaci specifikací v příslušných 3GPP releasech, ale i po specifikaci v rámci 3GPP může trvat i řadu let, než je daná vlastnost/funkcionalita 5G dostupná na úrovni komerčních síťových prvků a koncových zařízení. Organizace 3GPP definuje standardy pro síť 5G prostřednictvím řady verzí. Tato vydání (releasy) poskytují specifikace pro technologie používané v sítích 5G, včetně rádiového přístupu, architektury hlavní sítě a možností služeb. Zde je přehled klíčových releasů 3GPP 5G:

Release 15

- Stav: Dokončeno
- Datum vydání: prosinec 2017 / červen 2018
- Klíčové vlastnosti: Toto byl první release, který obsahoval specifikace 5G, což znamená fázi 1 standardu 5G. Zaměřil se na Non-Standalone (NSA) 5G architekturu, kde 5G síť spoléhá na stávající 4G LTE infrastrukturu pro určité funkce.

Release 16

- Stav: Dokončeno
- Datum vydání: červenec 2020
- Klíčové vlastnosti: Známá jako „5G Phase 2“ rozšířila možnosti představené ve verzi 15. Zahrnovala samostatnou (SA) architekturu 5G, zlepšenou efektivitu sítě, ultra-spolehlivou komunikaci s nízkou latencí (URLLC), vylepšenou komunikaci Vehicle-to-Everything (V2X) a integraci satelitních sítí.

Release 17

- Stav: Dokončeno
- Datum vydání: Prosinec 2021
- Klíčové vlastnosti: Zaměřeno na další vylepšování možností 5G, včetně funkcí, jako je vylepšená podpora průmyslového internetu věcí (IIoT/RedCap), vylepšená komunikace V2X, integrace neterrestrálních sítí (NTN) a pokroky ve vysílacích službách. Další rozvoj funkcí network slicing.

Release 18

- Stav: Probíhá
- Očekávané datum dokončení: v roce 2024
- Klíčové vlastnosti: Tato verze s názvem „5G Advanced“ má podle očekávání zahrnovat vylepšení v oblastech, jako je integrace umělé inteligence (AI), další vylepšení URLLC, energetická účinnost a komplexnější podpora internetu věcí.

Release 19

- Stav: Plánováno
- Očekávaný časový plán: Fáze plánování, dokončení se očekává kolem roku 2024–2025
- Klíčové vlastnosti: Podrobnosti jsou stále předmětem diskuse, ale očekává se, že bude pokračovat pokrok v technologii 5G se zaměřením na oblasti, jako je další integrace AI a strojového učení, komunikace nové generace V2X a ještě efektivnější a spolehlivější síť výkon.

V praktické rovině je situace taková, že většina dostupných 5G technologií v Q1 2024 podporuje release 16, část release 17. To ovšem neznamená, že všechny žádané služby v těchto releasech specifikované jsou ve skutečnosti k dispozici pro komerční využití.

To se týká zejména:

- **RedCap** – definováno v release 17, ale zatím minimum dostupných technologií a zařízení.
- **LMS** – v praxi je omezená dostupnost end to end řešení nativních lokalizačních služeb v 5G sítích a výzvou je zatím také jejich přesnost.
- **QoS** – řada zejména cenově dostupných 5G RAN komponentů nepodporuje QoS.
- **URLLC** – v praxi je jen minimum 5G sítí implementováno se schopností URLLC.

Z uvedeného výčtu je zřejmé, že na řada důležitých služeb, které 5G sítě přinesou, je stále teprve ve svých počátcích či na papíře a dočkáme se jich v následujících letech. Což jistě přispěje k dalšímu rozvoji (privátních) 5G sítí.

Na druhou stranu i stávající dostupné 5G technologie umožňují realizovat podstatnou část případů užití, které podniky realizovat potřebují. Zejména takové, které vyžadují vysokou kapacitu, bezpečnost, stabilitu a poměrně nízkou latenci (byť obvykle zatím nikoli v jednotkách milisekund).

A na co se můžeme těšit u 6G sítí? Ještě nejsou realizované zdaleka všechny plánované funkcionality 5G sítí, přitom už se začíná intenzivně mluvit o 6G technologii. Standardizace se začne řešit zřejmě od roku 2026 od 3GPP release 20 a dále.

Následující tabulka ukazuje pro zajímavost srovnání teoretických parametrů 5G a 6G.

Tabulka 1: Srovnání teoretických parametrů 5G a 6G

KPI	5G	6G
Špičková datová rychlost	20 Gbit/s	1 Tbit/s
Datová rychlost pro uživatele	100 Mbit/s	1 Gbit/s
Maximální spektrální efektivita	30 bit/s/Hz	60 bit/s/Hz
Běžná spektrální efektivita	0,3 bit/s/Hz	3 bit/s/Hz
Maximální šířka pásma	1 GHz	100 GHz
Plošná kapacita provozu	10 Mbit/s/m ²	1 Gbit/s/m ²
Hustota připojení	10 ⁶ zařízení/km ²	10 ⁷ zařízení /km ²
Energetická efektivita	Není specifikované	1 Tbit/J
Latence	1 ms	100 μs
Spolehlivost	10 ⁻⁵	10 ⁻⁹
Jitter	Není specifikované	1 μs
Mobilita	500 km/h	1000 km/h

3.2 Privátní 5G sítě

3.2.1 Význam a typy privátních 5G sítí

Privátní sítě jsou klíčovou oblastí 5G technologií z pohledu digitalizace podniků. V budoucnu bude mít velký význam pro digitalizaci podniků také network slicing, zejména pro případy užití mimo definovaný perimetr. Network slicing ovšem zatím není v praxi k dispozici, podívejme se tedy blíže na privátní 5G sítě.

Privátní 5G sítě jsou vyhrazené sítě přizpůsobené konkrétním potřebám organizace, které poskytují řízenou konektivitu, vyšší zabezpečení a služby na míru ve srovnání s veřejnými sítěmi 5G.

Definice: privátní síť 5G je lokalizovaná mobilní síť, která využívá technologii 5G k vytvoření vyhrazeného bezdrátového ekosystému pro konkrétní firmu nebo subjekt. Na rozdíl od veřejných 5G sítí, které provozují poskytovatelé služeb elektronických

komunikací a sdílejí je všichni uživatelé, soukromé sítě 5G používá výhradně jediná organizace, což poskytuje větší kontrolu nad správou dat, síťovým provozem a zabezpečením.

Specifickou kategorií pak tvoří ještě tzv. **hybridní sítě**. Hybridní veřejno-soukromá 5G síť využívá infrastrukturu jak veřejných 5G sítí, které jsou provozovány operátory mobilních sítí (MNO) a jsou přístupné všem uživatelům, tak privátních 5G sítí, což jsou vyhrazené sítě postavené pro specifické podnikové potřeby. Hybridní přístup typicky zahrnuje nastavení, kdy je využito jádro veřejné sítě, zatímco rádiová přístupová síť, nebo její část, je dedikována soukromé společnosti. Některá řešení umožňují i využití jedné SIM karty pro přístup do veřejné i hybridní/privátní sítě.

Hlavní přínosy privátních 5G sítí pro podniky jsou následující:

- Vyšší úroveň zabezpečení: Nabízejí robustnější bezpečnostní funkce, které organizacím umožňují řídit vlastní bezpečnostní zásady a chránit citlivá data. Citlivá data nemusí opustit areál podniku.
- Přizpůsobení QoS: Firmy si mohou přizpůsobit nastavení sítě tak, aby upřednostňovaly kritické služby, řídily šířku pásma a optimalizovaly výkon podle svých specifických potřeb.
- Snížená latence: Provozováním místní síťové infrastruktury mohou organizace dosáhnout nižší latence, což je zásadní pro aplikace vyžadující zpracování dat v reálném čase.
- Zvýšená spolehlivost: Poskytují spolehlivější připojení s konzistentní kvalitou služeb, což je nezbytné pro kritické aplikace, jako je automatizace výroby, monitorování zdravotní péče a pohotovostní služby. Úroveň spolehlivosti může být designována na míru podle potřeby dané organizace a aplikací, vč. HA řešení.

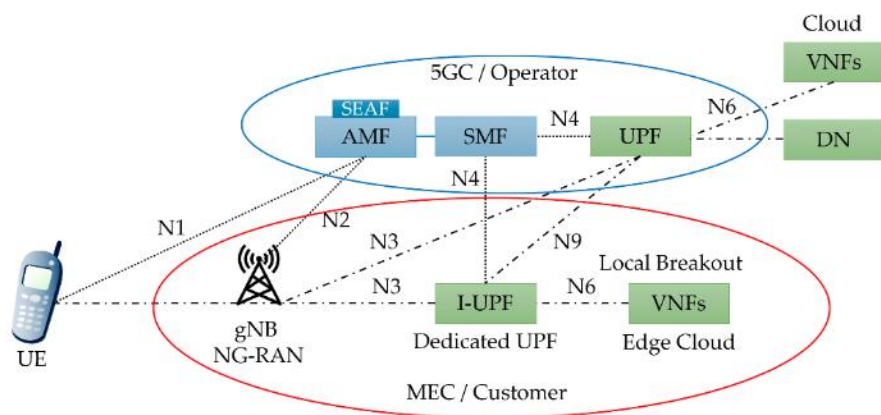
Typy privátních 5G sítí

Jak je uvedeno výše, z pohledu architektury jsou základní 2 typy 5G sítí dělené na NSA (nesamostatné) a SA (samostatné). Nicméně jen sítě SA jsou plnohodnotné 5G sítě (NSA používají de facto 4G jádro sítě) a pro další dělení privátních 5G sítí budeme proto uvažovat jen typ privátní sítě 5G SA.

Z pohledu nasazení (deploymentu) je možné definovat tyto 3 typy privátních 5G SA sítí:

1. **Síť komplet s jádrem (core network) i rádiovou vrstvou (RAN) u zákazníka** – Někdy označované také jako ostrovní síť. Typicky nejnákladnější řešení, které ovšem přináší nejvyšší flexibilitu z pohledu řešení specifických požadavků, včetně spolehlivosti, nízké latence a bezpečnosti.
2. **Jádro sítě v cloudu (control plane), uživatelská data (user plane) a RAN lokálně u zákazníka** – Tato varianta umožňuje dosahovat nízké latence, uživatelská data mohou být zpracovávána na edge u zákazníka, přestože jádro sítě (control plane) je vzdálené. Varianta je znázorněna na obrázku níže.
3. **Jádro sítě v cloudu (nebo u operátora), RAN lokálně u zákazníka** – Tato varianta je typicky nejméně nákladná. Poskytuje nicméně nižší kontrolu nad daty a je horší než první dva typy z pohledu latence (data jdou nejdříve do cloudu a pak zpět).

Obrázek 5: Lokální uživatelská data (user plane), vzdálený core (control plane) ¹⁹



Výše uvedené typy privátních 5G sítí se liší primárně architekturou a nasazením jádra sítě.

Také radiová část sítě má řadu variant nasazení. V případě privátních sítí se jedná zejména o 2 typy:

1. ORAN distribuovaná architektura
2. gNodeB vše v jednom

Open RAN (ORAN – Open Radio Access Network)

Jedná se o nový koncept pro architekturu mobilních sítí, který se snaží odstranit závislost mobilních operátorů (či obecně poskytovatelů služeb, protože ORAN může být využit také v privátních 5G sítích) na jediném dodavateli pro radio přístupovou síť (RAN). Open RAN umožňuje použití hardwaru a software od různých dodavatelů, což umožňuje mobilním operátorům vybírat z širšího portfolia zařízení a technologií a snižuje jejich závislost na jednom dodavateli.

Open RAN může také snížit náklady na stavbu a provoz sítě a zvýšit flexibilitu a rychlost přizpůsobení sítě novým potřebám. V Open RAN jsou vrstvy hardware a software odděleny, což umožňuje snadnější aktualizace a výměnu komponentů sítě. RAN je rozdělena na CU (central unit), DU (distributed unit) a RU (radio unit). Každá část přitom může být od jiného dodavatele.

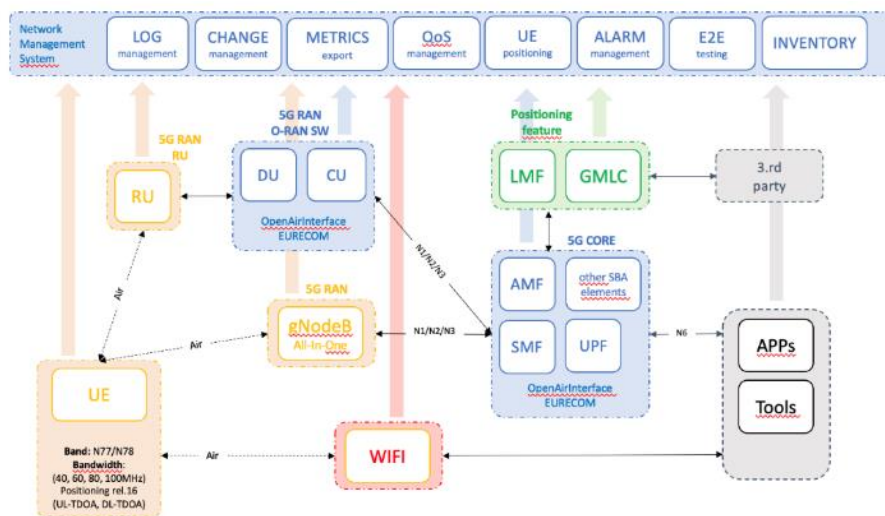
V posledních letech se OpenRAN stalo významným tématem v oblasti 5G sítí. Také existují organizace jako OpenRAN Alliance, Telecom Infra Project (TIP) nebo O-RAN Alliance, které se snaží podporovat a rozvíjet Open RAN jako nový standard pro mobilní sítě.

gNodeB

Jedná se o vše v jednom řešení, kdy jeden síťový prvek (HW) v sobě obsahuje všechny potřebné funkce RAN. Je to řešení jednodušší na nasazení i na následnou správu. V odvětví nyní převládá názor, že pro privátní 5G síť menšího rozsahu je efektivnější využití právě varianty all-in-one gNodeB, zatímco Open RAN je vhodné řešení spíše pro veřejné sítě a privátní síť velkého rozsahu.

¹⁹ Zdroj: Ing. Michal Poupa, 2024.

Obrázek 6: Privátní síť s oběma variantami – ORAN a gNodeB.²⁰



3.2.2 Privátní 5G síť z pohledu frekvencí

Jak bylo uvedeno v kapitole popisující regulační situaci v České republice, je možné za jistých okolností a omezení zřizovat privátní síť v pásmu 3.4-3.8 GHz. Konkrétně mohou zájemci z řad podniků využít pásmo 3400-3480 MHz, nebo 3640-3700 MHz.

Technologie v těchto pásmech používají duplex s časovým dělením (TDD), kdy se v každém směru komunikace (downlink, uplink) používá stejné frekvenční pásmo. Rozdělení komunikace na downlink a uplink probíhá v časovém slotu dle daného rámce. Komunikace je pak plně duplexní a s výhodou můžeme použít tam, kde existuje asymetrie v objemu přenášených dat (např. větší datová kapacita downlink než uplink).

Všichni provozovatelé sítí v tomto pásmu musí dle dokumentu ČTÚ nazvaném "část plánu využití radiového spektra č. PV-P/7/02.2022-3 pro kmitočtové pásmo 2700–4200 MHz" používat jednotnou časovou synchronizaci a stejný (nebo kompatibilní) radiový rámeček (pattern). Toto opatření je důležité, aby se minimalizovalo rušení mezi jednotlivými sítěmi v tomto pásmu.

Není to však jediné potenciálně použitelné spektrum pro privátní 5G síť. Do budoucna je možnost uvolnění dalších pásem v rámci regulace, zejména 3.8-4.2 GHz.

A kromě toho je zde možnost využít tzv. nelicencovaná pásma. Kmitočty pro bezdrátové síť a mobilní síť můžeme totiž rozdělit na licencovaná a nelicencovaná pásma. V licencovaných pásmech je užití příslušné frekvence omezeno na určitý subjekt (ten, který má na použití daného kmitočtu individuální oprávnění). Naopak nelicencovaná pásma nejsou z pohledu oprávnění určena jednomu provozovateli, ale lze je volně používat při současném splnění podmínek, které jsou dané v příslušném Všeobecném oprávnění.

Nelicencovaná pásma pro provoz bezdrátových sítí (WLAN)

Na základě Všeobecného oprávnění č. VO-R/12/11.2021-11 z 12. listopadu 2021 můžeme v České republice používat kmitočty s následujícím omezením:

Tabulka 2: Přehled kmitočtů s omezením

Pásmo	šířka pásma	Pozn.
2,4 GHz	2401 - 2483 MHz (13 překrývajících se kanálů po 20 MHz)	max. 100 mW e.i.r.p. indoor
5 GHz	5150 - 5250 MHz 5 nepřekrývajících se 20 MHz kanálů	max. 200 mW e.i.r.p.

²⁰ Zdroj: Ing. Josef Milář, 2024

	5250–5350 MHz 5 nepřekrývajících se 20 MHz kanálů	max. 200 mW e.i.r.p., pouze pro použití indoor
	5470–5725 MHz 12 nepřekrývajících se 20 MHz kanálů	1 W střední e.i.r.p.
	5725–5850 MHz 6 nepřekrývajících se 20 MHz kanálů	1 W střední e.i.r.p. kromě och. zón
6 GHz pásmo L6	5945–6425 MHz	max. 200 mW e.i.r.p., (indoor) max. 25 mW e.i.r.p., (kdekoliv)

Pásmo 6 GHz (L6) je v současné době využíváno bezdrátovými systémy standardu Wi-Fi 6E a v budoucnu je s tímto pásmem též počítáno v návrhu pro použití v NR-U. V rámci standardizace 5G pásmech je na toto frekvenční pásmo myšleno a je přiděleno označení tohoto volného pásma jako n102 resp. n96.

Technologie 5G NR-U

Primárním úskalím provozu v NR-U je provoz ve vysoce využívaných pásmech 5 GHz při zajištění harmonické koexistence s ostatními mobilními technologiemi, jako je Wi-Fi. Za tímto účelem je pro pásma NR-U zavedena také rádiová přístupová síť (RAN) 5G NR, což znamená, že zatímco NR-U využívá fyzickou vrstvu (PHY) 5G NR, aby využila evolučních výhod 5G, protokoly vrstvy řízení přístupu ke střednímu médiu (MAC) pro procesy, jako je přístup ke kanálu, byly upraveny tak, aby byly v souladu s Wi-Fi. To znamená, že dopad NR-U na stávající síť Wi-Fi se rovná přidání dalšího přístupového bodu Wi-Fi. NR-U se řídí stejným protokolem LBT (listen-before-talk), který je používán v 802.11 a zajišťuje rovný přístup k dostupným kanálům. To se označuje jako asynchronní provoz NR-U a omezuje to některé výhody 5G NR, jako je schopnost podporovat velmi spolehlivou komunikaci s nízkou latencí (URLLC).

Ještě více příležitostí pro lepší spektrální účinnost se otevřelo s tím, jak se pro NR-U zpřístupnila nová, méně obsazená frekvenční pásma. V USA, EU a Jižní Koreji se nyní otevírá frekvenční rozsah 5,925 GHz až 7,125 GHz (nebo 6 GHz) pro nelicencovaná zařízení. V USA Federální komise pro komunikace (FCC) povoluje nelicencované využívání pásma 6 GHz pro vnitřní aplikace s nízkým výkonem (30 dBm) a venkovní provoz na stejných úrovních jako systémy 5 GHz (36 dBm) s povinným používáním automatizovaného systému řízení frekvence (AFC), podobně jako systém přístupu ke spektru (SAS) používaný v občanské širokopásmové rádiové službě (CBRS). To má zabránit rušení stávajících družic země-vesmír a mikrovlnných spojů typu bod-bod, které rovněž pracují na těchto vlnových délkách.

I když je pásmo 6 GHz využíváno některými technologiemi, včetně nové Wi-Fi 6E, je považováno za spektrum na zelené louce, protože je k dispozici dostatek spektra a signál je přirozeně izolovaný díky fyzikálním vlastnostem frekvence, což znamená, že rušení bude zanedbatelné. Díky tomu se na NR-U pracující ve frekvenčním pásmu 6 GHz nebo vyšším nemusí nutně vztahovat přísné protokoly LBT přijaté pro harmonickou koexistenci v pásmech 5 GHz. To umožňuje rychlý přístup k přenosovým kanálům na podporu aplikací automatizace a internetu věcí s nízkou latencí.

Pásmo 26 GHz (high band, K-band)

Pásmo 26 GHz (tzv. milimetrové vlny) umožní použití velmi širokých kanálů (zpřístupněno by mělo být pásmo o šířce 1 GHz). Jejich hlavní výhodou proti nižším frekvencím je řádově vyšší datová propustnost díky větší šířce kanálu, kdy lze přenášet data rychlostí až 10 Gbit/s. Nevýhodou naopak krátký dosah a obtížný průchod překážkami (omezení dosahu sítě jen na případy LoS nebo odrazem od blízkých překážek – domy). Předpokládá se, že buňky budou mít typicky pokrytí do vzdálenosti 50 – 200 metrů a budou se tak využívat například pro dokrývání center měst, sportovních stadionů a dalších míst, kde se pohybuje hodně lidí.

V polovině roku 2020 ČTÚ zahájil veřejnou konzultaci k návrhu části plánu využití rádiového spektra pro kmitočtové pásmo 24,25–27,5 GHz a současně zpřístupnil toto pásmo pro experimentální provoz IMT/5G sítí. Vedle pásma 26 GHz (NR band n258) se ve světě ještě používá pásmo 28 GHz (NR band n261, Ka-band) a pásmo 39 GHz (NR band n260, Ka-band).

3.2.3 Privátní 5G sítě a WiFi

Digitalizace bez datové konektivity není možná. V řadě případů není možná či efektivní digitalizace bez bezdrátové datové konektivity. To je pro podniky zřejmý fakt. Jakou bezdrátovou konektivitu využít ovšem je a bude pro řadu firem složitá otázka.

Rozhodnutí o využití privátní 5G sítě, nebo WiFi sítě, případně obou sítí pro potřeby různých případů užití v rámci digitalizace podniku, bude pro řadu firem patřit ke strategickým rozhodnutím, která ovlivní jejich další směřování na mnoho let. Proto je důležité dobře chápat vlastnosti WiFi a 5G sítí a jejich implikace.

Datová konektivita, kterou poskytují privátní 5G sítě, je technicky superiorní ve srovnání s jinými variantami. Zejména v podobě WiFi sítí. Jaký je ale skutečně rozdíl? A je to tak za všech okolností? Na to je dobré se podívat v detailním srovnání.

Dalším aspektem je pak koexistence WiFi sítí a 5G. Existuje řada důvodů, proč privátní 5G sítě a WiFi sítě jsou spíše vhodné jako komplementární řešení, nikoli jako náhrada. Zatímco privátní 5G sítě mají výše popsané výhody v podobě bezpečnosti, stability, QoS atd. a jsou jistě vhodné pro business kritické případy užití, ve prospěch použití WiFi mluví relativně snadná a dostupná realizace, ale také dostupnost obrovského množství koncových zařízení. Některá z těchto koncových zařízení jsou na 5G nákladnější (například čtečky v logistice), jiná nejsou dostupná vůbec. WiFi je proto vhodné řešení pro nekritické případy užití, a to i v dlouhodobém horizontu. Privátních 5G a WiFi sítí mohou nejen koexistovat, ale mohou fungovat dokonce jako integrované řešení.

Srovnání privátní 5G a WiFi

Bezdrátové WiFi sítě tu jsou s námi již více než 20 let. Za tuto dobu proběhl v oblasti WiFi sítí značný vývoj standardů. Aktuálně (Q1 2024) je nejnovější standard ve verzi WiFi 7. Reálně však, z důvodu rozšíření a dostupnosti zařízení, se dnes nejčastěji staví sítě ve verzi WiFi 6/6E.

Tabulka 3: Parametry moderních WiFi technologií

Technologie	WiFi 6E	WiFi 7
standard	802.11ax	802.11be
max. teor. přenosová rychlost	~9.6 Gbps	~46.1 Gbps
frekvenční pásmo	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz (WiFi 6E)	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz
šířka pásma kanálu	až 160 MHz	až 320 MHz
nevyšší řád modulace	1024 QAM	4096 QAM
max. počet prostorových toků	8x8 UL/DL MU-MIMO	16x16 UL/DL MU-MIMO
zabezpečení	WPA3	WPA3

Sítě standardu WiFi 6E/7, přidávají k již používaným pásmům 2,4 GHz a 5 GHz možnost použít ještě další pásmo 6 GHz. Zároveň, se snaží řešit neduhy starších implementací, jako jsou problémy při připojení většího počtu stanic či rušení od okolních přístupových bodů.

Další důležité přínosy WiFi 7 sítí oproti WiFi 6:

- Multi-RU – přiřazování uživatele k více RU jednotkám najednou
- Puncturing – ukrojení si kousek "obsazených", ale nevyužívaných kanálů – zlepšuje využití pásma
- Multi-Link Operation – využití více pásem najednou

Tyto výše uvedené mechanismy přispívají vyšší propustnosti a nižší latenci sítě.

Tabulka 4: Srovnání technických parametrů WiFi 6 a 5G

	WiFi 6/6E	5G
kapacita sítě	teor. až 9,6 Gbit/s	až 6 Gbit/s
spektrální efektivita v simulovaném prostředí ²¹	150 Mb/s/ 80 MHz (při max. delay 4 ms 4x4 MIMO)	360 Mb/s/ 80 MHz (při max. delay 4 ms 4x4 MIMO)
počet připojených zařízení na buňku	méně než 50	více než 250
air latence	2 - 4 ms	1 ms (URLLC)
frekvence	volné	licencované
výstupní výkon	100 resp. 200 mW (indoor) 1 a 4W (outdoor)	desítky W (outdoor)
mobilita	s omezením	vysoká
spolehlivost	99,9 %	až 99,999 % (URLLC)
bezpečnost	nízká až střední	vysoká
lokalizace	cca 5 m	1 - 3 m
zpětná kompatibilita	možná	možná (na úrovni 4G)

²¹ Policy Impact Partners Ltd, [ANALYSIS OF WI-FI 6E AND 5G SPECTRUM EFFICIENCY AT 6 GHZ](#)

Kapacita obou typů sítí je velmi vysoká a je závislá na dostupné šířce pásma. Zatímco v licencovaném pásmu pro 5G lze dostupnost šířky pásma garantovat, u WiFi sítí je pro vás pásmo dostupné, jen pokud již není obsazeno někým/něčím jiným a rušené. Proto přestože teoretické hodnoty jsou v obou případech vysoké, jen v 5G je možné vysoké kapacity garantovat. Ve srovnání počtu koncových zařízení na jednu buňku/základnovou stanici dosahuje výrazně vyšších možností 5G technologie s více než pětinasobnou kapacitou sítě.

Spektrální efektivita – přenosová rychlost vztažená k šířce pásma, je v modelovém případě v ideálním nezarušeném prostředí u obou technologií přibližně na stejné úrovni a to teoreticky 20 bits/s/Hz na 1 stream, s použitím MIMO je to více. Proč je u obou technologií stejná? Protože jak WiFi 6 tak 5G používá stejné maximální modulační schéma 1024-QAM.

Jeden z důvodů, proč však mohou být 5G sítě rychlejší a propustnější souvisí ještě s jedním aspektem a dostáváme se zase zpět k rušení. V případě 5G sítí se pohybujeme v licencovaném spektru a v licencovaném pásmu nemáme rušení z jiných zdrojů. Máme zde vyšší odstup signálu od šumu (SNR), který je důležitý pro určení výsledné spektrální efektivitě - viz. Shannonův-Hartleyův teorém. U WiFi sítí dochází k vyššímu rušení od ostatních zdrojů. Pohybujeme se zde v nelicencovaném pásmu, které je používáno dalšími technologiemi nebo zařízeními, jinými WiFi sítěmi. V případě WiFi 4 zde může dojít k zarušení i od technologie Bluetooth. V reálných podmínkách je tak hodnota SNR mnohem nižší ve srovnání s 5G sítěmi. Díky vyššímu odstupu signálu od šumu (SNR) u 5G sítí tak v reálných nasazeních mohou 5G sítě dosahovat cca 2-4x vyšší spektrální efektivitě ve srovnání s WiFi6 a to v závislosti na reálném SNR.²² Dalším aspektem, který vylepšuje u 5G sítí spektrální efektivitu, je vyzářený výkon. Vyšší vyzářený výkon umožní vyšší odstup signálu od šumu a u WiFi sítí je maximální výkon vysílače regulačně omezen – viz dále výstupní výkon.

Air latence (zpoždění v přenosovém médiu). 5G sítě byly navrhovány pro speciální use-case s real-time aplikacemi, kde je velmi důležité nízké zpoždění a vysoká dostupnost. URLLC (Ultra-reliable Low-Latency Communication) definuje velmi vysokou dostupnost sítě (na úrovni 99,999 %) a radiovou latenci 1ms. Uváděná latence u WiFi sítí není řádově jiná, ale velmi záleží v jak zaplněné síti se pohybujeme, kolik zařízení je v současné chvíli připojeno a kolik je jich aktivních a přenášejí data. Protože WiFi síť je kolizní médium, může na společném médiu (prostor mezi vysílací a přijímací jednotkou) docházet ke kolizím a přenos se musí opakovat nebo se musí čekat na odeslání dat, což vede ke zpoždění paketů a výsledná latence tudíž není predikovatelná a v zaplněnější síti může značně kolísat. 5G sítě v pásmu Sub-6GHz používají časový multiplex (TDD), kde je přesně dáno, kdy se budou data vysílat a kdy přijímat a zde tedy ke kolizím nedochází. Přenos tak může být naplánován plánovačem a pro jednotlivé služby můžeme nastavovat jejich kvalitu (QoS).

Frekvence jsou jedním z nejdůležitějších diferenciatorů obou technologií. WiFi sítě používají volné (nelicencované sdílené frekvence), které při splnění daných podmínek může používat každý. To zní výhodně, ale nezapomínejme, že to samozřejmě implikuje i to, že vás mohou okolní sítě rušit. Dobrým příkladem zarušených WiFi sítí jsou místa, kde je použito větší množství přístupových bodů, a to z důvodů buď potřeby pokrytí nebo kapacity sítě (větší množství zařízení). Použití licencovaných pásem v případě Privátních 5G je tak jedním z nejdůležitějších benefitů. Jednoduše, nemůže vás nikdo rušit a tam kde není rušení, je i velká spolehlivost sítě.

Výstupní výkon je důležitý aspekt zejména pro návrh a budování sítí. U WiFi sítí nám maximální výstupní výkon určují národní předpisy a regulační úřad. A protože se u WiFi sítí jedná o nelicencované pásmo a chceme předcházet rušení sítí navzájem, je logické, že maximální výkon bude nízký. To pak ovlivňuje stavbu sítě jako takové, kde musíme použít více rádiových jednotek.

Privátní 5G síť typicky vyžaduje méně základnových stanic (ve srovnání s WiFi) díky větší velikosti buněk. 5G sítě vyžadují čtyřikrát až šestkrát méně vnitřních a venkovních přístupových bodů než Wi-Fi. 5G základnové stanice mohou vysílat vyšším výstupním výkonem než WiFi, protože používají licencované spektrum. To má za následek u 5G vyšší poměr signálu k šumu (SNR) u koncového zařízení a vyšší propustnost.

Mobilita v 5G sítích, které jsou z definice jako sítě mobilní, není s mobilitou připojeného zařízení žádný problém a pro mnoho use-case je mobilita doslova klíčová - např. případy užití pro AGV-automatizovaná robotická vozítka, logistiku obecně, semi-autonomní zařízení v přístavech a překladištích atp. Jednotlivé gNodeB (základnové stanice) si v reálném čase přebírají klientské UE, které na předávání datového toku spolupracují. Koncová zařízení si monitorují okolní dostupné vysílače a na základě příjmových podmínek se rozhodují o provedení handoveru k dané základnové stanici.

Oproti tomu ve WiFi není handover v případě pohybu koncového zařízení nativní funkcí technologie. UE se drží původního přístupového bodu, dokud jej slyší a může si s ním vyměňovat data nehledě na fakt, že mezitím přišel do zóny se silnějším signálem od nového přístupového bodu. Teprve až ztratí komunikaci s původním přístupovým bodem, naváže spojení s tím silnějším – novým. Tento nedostatek je v řízených (tzv. „managed WiFi“) sítích (sítích řízených kontrolérem) vylepšován mechanismem, kdy samotná řízená síť zná příjmové podmínky koncových stanic a je schopná koncové zařízení odpojit od slabšího přístupového bodu. Následně koncové zařízení vzápětí naváže spojení se silnějším přístupovým bodem. Toto řešení je sice funkční, ale zdaleka nedosahuje plynulosti 5G.

²² Policy Impact Partners Ltd, [ANALYSIS OF WI-FI 6E AND 5G SPECTRUM EFFICIENCY AT 6 GHZ](#)

Spolehlivost obou řešení je dána především spolehlivostí přenosu a je velmi silně navázána na možnost rušení a přístupu k médiu. U 5G sítí je spolehlivost velmi vysoká hlavně díky použití licencovaného pásma (nemá zde rušení) a TDD přístupové metody k médiu, kde je daný přesně přidělený časový úsek pro přenos dat.

Pro **bezpečnost** je základním stavebním kamenem v mobilních sítích SIM karta – bez té se zařízení do sítě nepřipojí. SIM karta obsahuje důležité klíče pro identifikaci a autentizaci klientů v síti, přičemž bez SIM karty (nebo e-SIM) není přístup do 5G sítě možný. Existuje alternativa v podobě SIM-less autentizace, kdy se autentizace zařízení provádí buď pomocí virtuálního identifikátoru nebo digitálního certifikátu namísto tradiční SIM karty. Toto je výhodné pro IoT příp. IIoT zařízení, které neobsahují SIM modul. V každém případě je bezpečnost přístupu do sítě na té nejvyšší úrovni.

U WiFi sítí je přístup zabezpečen buď na úrovni klíče, který je buď předdefinován společný pro celou síť nebo definovaný pro každého klienta zvlášť. Zabezpečení lze zvýšit prostřednictvím ověření Radius serverem a certifikátem. V případě bezpečnostně kritických aplikací je ke zvažení ještě další bezpečnostní opatření, protože zranitelnost a nedokonalost v protokolech WEP, WPA i WPA2 již byla prokázána. Další možné zranitelnosti WiFi sítí jsou založeny na "podvodném access pointu" nebo "phishing access pointu".

I Wi-Fi sítě mohou být nakonfigurovány jako poměrně bezpečné, stejně tak mohou být nakonfigurovány jako potenciálně zranitelné. Na rozdíl od 5G, kde bezpečnost patří k nativním vlastnostem.

Lokalizace zařízení ve vnitřním prostoru, kde není dostupný GPS signál, se provádí na základě triangulace, kdy známe přesnou polohu minimálně 3 základnových stanic a odhadujeme polohu UE, které se v prostoru dosahu těchto základnových stanic pohybuje. Díky tomu, že 5G sítě jsou synchronizovány přesným časem z GPS, je určená poloha přesnější. LBS (lokalizační služby) jsou součástí 3GPP Relasu 16 a budou nativní službou v 5G sítích.

Zpětná kompatibilita sítě ve standardu WiFi 6E mohou podporovat i standardy (WiFi 4, WiFi 5), i když za cenu nižšího zabezpečení (WPA2). Privátní sítě lze navrhnout tak, že budou podporovat připojení jak starších 4G zařízení, tak novějších 5G, ale není to předpokládaný scénář. Privátní 5G sítě se budují právě kvůli unikátním vlastnostem 5G standardu.

Shrnutí srovnání privátních 5G sítí a WiFi

Přestože na první pohled vypadá řada technických parametrů obou technologií téměř srovnatelně, je mezi nimi v realitě podstatný rozdíl zejména z pohledu garantované kapacity, stability, bezpečnosti a také mobility. To je dané jak principiálním fungováním technologie (zejména v případě mobility a bezpečnosti), tak také důsledkem využití licencovaného/nelicencovaného pásma.

Integrace privátních 5G a WiFi sítí

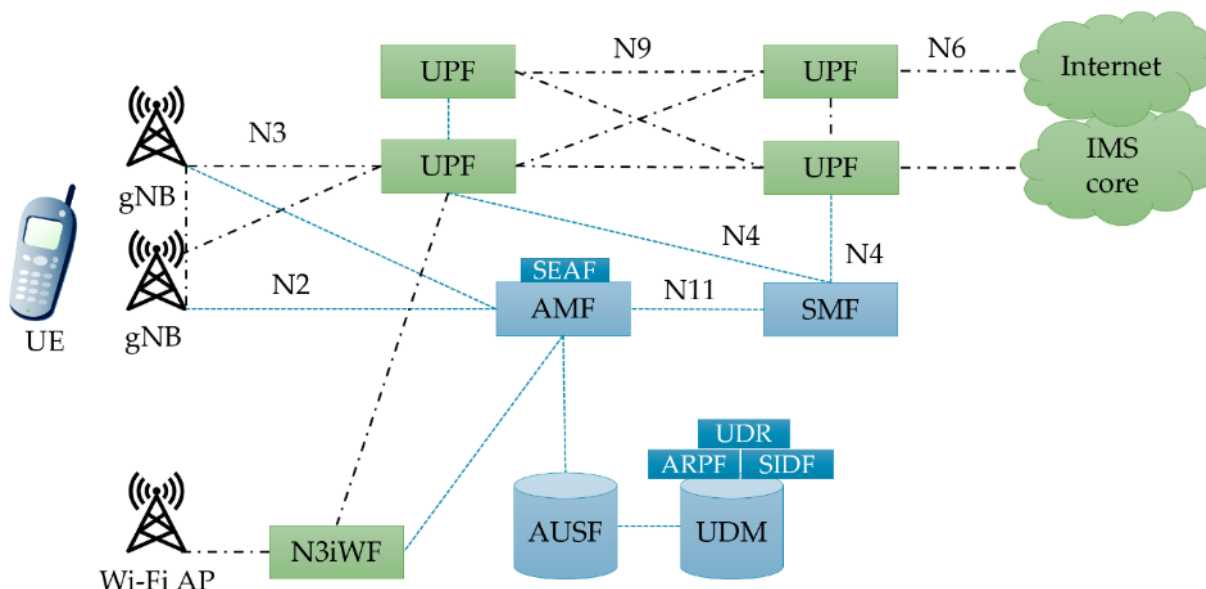
Privátní 5G sítě a WiFi sítě nemusí jen koexistovat vedle sebe pro využití v business kritických a v nekritických případech užití. Je možné jít o krok či o několik kroků dále a postavit celé řešení jako integrované a docílit tak možných synergií.

Integrace P5G a WiFi je možná na několika úrovních:

- Dohled a orchestrace sítě.
Využití jednoho prostředí pro dohled, monitoring kvality, případně i řízení zdrojů, nepochybně zvýší efektivitu správy.
- Infrastrukturní synergie.
Možnost využití společných výpočetních zdrojů pro jádro sítě 5G i WiFi controller.
- Edge computing.
Využití stejného přístupu pro zpracování dat z obou sítí na hraně sítě.
- Autentizace.
Možnost využití společného autentizačního mechanismu, který značně zvýší bezpečnost zejména na straně WiFi sítě.

Na obrázku níže znázorněna schéma integrace na úrovni autentizace, kdy jsou prvky 5G sítě využity i pro autentizaci WiFi uživatelů. Různé typy integrace lze pochopitelně kombinovat.

Obrázek 7: Integrace 5G a WiFi



Zdroj: Ing. Michal Poupa, 2024.

3.2.4 Hlasové služby na privátních 5G sítích

Řada podniků, zejména v oblasti výroby a logistiky, řeší problematiku efektivní hlasové a datové komunikace svých pracovníků. Jednou z příčin bývá nedostupnost signálu veřejných sítí v rámci často kovových konstrukcí budov. Další pak nevhodnost běžné formy telefonní komunikace pro komunikaci pracovních týmů. Je logickým očekáváním firem, že v případě budování vlastní privátní 5G sítě bude součástí řešení také zlepšení stavu hlasové komunikace. V případě privátních 5G sítí je několik možností, jak tuto problematiku řešit.

Z technického pohledu jde v principu o dva přístupy:

- **Nativní komunikace na 5G síti (Voice over NR)** - Podpora hlasu v 5G se jmenuje VoNR (Voice over NR) a je zde použita nová rodina hlasových kodeků EVS (Enhanced Voice Services) a je zde použit IMS (IP Multimedia Subsystem). Enhanced Voice Services (EVS) je širokopásmový standard pro kódování zvuku řeči, který byl vyvinut pro VoLTE. Nabízí zvukovou šířku pásma až 20 kHz a má vysokou robustnost pro zpoždění, jitter a ztráty paketů díky kódování a vyšší odolnost proti ztrátám paketů. Byl definován v rámci 3GPP a je popsán v 3GPP TS 26.441. Oblasti použití kodeku EVS se skládají z vylepšené telefonie a telekonferencí, audiovizuálních konferenčních služeb a streamování zvuku.
- **OTT (over-the-top)** - Obecně je OTT aplikace jakákoliv aplikace, která využívá datové připojení zařízení (počítače, notebooku, tabletu, chytrého telefonu atd.) k nabízení služby poskytované třetí stranou; tedy někdo jiný než samotný mobilní operátor. Obecný příklad hlasových aplikací OTT zahrnuje Skype, WhatsApp nebo Viber. V případě privátních 5G sítí by ovšem bylo logickou volbou použít nějakou profesionální aplikaci. Existuje řada aplikací, které umožňují profesionální skupinovou komunikaci. Tyto aplikace umožňují nejen hlasovou komunikaci, ale také přenos videa a dat. Kromě režimů OTT umožňují někteří dodavatelé také integraci těchto aplikací, zejména z pohledu QoS, do jádra sítě, čímž se z OTT aplikace stává řešení vhodné i pro kritickou komunikaci.

Z pohledu použití hlasových služeb je možné je dělit také podle toho, zda:

- slouží k interní komunikaci firmy
- slouží ke komunikaci s externím světem.

Pro některé případy mohou firmy preferovat komunikaci, která je skutečně interní, například komunikace pracovních týmů. Pokud je vyžadována komunikace externí, je nutné napojit privátní 5G síť na veřejnou telefonní síť (VTS). Toto řešení vypadá jako přirozené v případě, že privátní 5G síť realizuje mobilní operátor. Napojení na veřejnou telefonní síť je ovšem možné řešit i v případě, kdy poskytovatelem privátní sítě je například systémový integrátor.

Jednou variantou je pak využít privátní 5G jako bezdrátový přístup k firemní pobočkové ústředně (PBX), ze které jsou pak hovory už řešeny standardním způsobem. Další možností je využít nějaké existující ISP služby, jejíž součástí je SIP klient na mobilní telefon a celé řešení napojení na VTS je již součástí dané služby.

3.2.5 Open-source technologie v privátních 5G sítích

Open-source 5G technologie představuje 5G síťovou infrastrukturu a řešení, kde je zdrojový kód volně dostupný pro kohokoli, kdo si jej může prohlédnout, upravit a vylepšit. To kontrastuje s proprietárními řešeními 5G, kde zdrojový kód vlastní konkrétní organizace a není veřejně přístupný.

Účel 5G Open-Source

Účelem open source technologie 5G je podporovat inovace, snižovat náklady a urychlit zavádění sítí 5G tím, že umožňuje komunitě vývojářů, společností a dalších zúčastněných stran spolupracovat na této technologii. Open-source 5G si klade za cíl poskytnout flexibilnější, škálovatelnější a adaptabilnější síťovou infrastrukturu, která dokáže vyhovět různorodým potřebám moderních digitálních aplikací.

Výhody a nevýhody Open-Source 5G

Klady:

- **Efektivita nákladů:** Snižuje náklady související s licenčními poplatky a uzamčením dodavatele, protože organizace mohou používat a přizpůsobovat technologii bez velkých investic.
- **Inovace:** Usnadňuje prostředí pro spolupráci, kde mohou vývojáři a společnosti přispívat k technologii, což vede k rychlým inovacím a vylepšením.
- **Flexibilita a přizpůsobení:** Umožňuje organizacím přizpůsobit síť 5G jejich specifickým potřebám a požadavkům, čímž se zvyšuje výkon a účinnost sítě.
- **Komunitní podpora:** Výhody ze široké komunity vývojářů a uživatelů, kteří mohou nabídnout podporu, sdílet znalosti a vyvíjet osvědčené postupy.

Nevýhody:

- **Složitost při implementaci:** Vyžaduje značné technické znalosti k implementaci a správě, protože open source řešení mohou být složitá a vyžadovat přizpůsobení.
- **Podpora a údržba:** Chybí formální podpůrná struktura, která přichází s proprietárními řešeními, což může představovat problém pro organizace bez interních odborných znalostí.
- **Bezpečnostní rizika:** Open source povaha znamená, že by mohl být více vystaven bezpečnostním zranitelnostem, pokud není správně spravován a zabezpečen.
- **Problémy s interoperabilitou:** S mnoha příspěvateli a variacemi může být zajištění interoperability mezi různými open source komponentami náročné.

Jádra sítě – 5G Core

V oblasti 5G core existuje několik open source projektů, z nichž mezi ty nejvýznamnější patří:

- **OpenAirInterface (OAI):** OSA je domovem OpenAirInterface, otevřeného softwaru, který sdružuje komunitu vývojářů z celého světa, kteří společně pracují na technologiích bezdrátových celulárních rádiových přístupových sítí (RAN) a core sítí (CN). Jedním z projektů je i projekt na vývoj otevřeného 5G Core.
- **Free5GC:** je open source implementace 5G Core sítě, která se skládá z několika modulů pro řízení sítě, správu identity a další funkce.
- **NextEPC:** je open source implementace 5G Core sítě, která se skládá z několika modulů pro řízení sítě, správu identity a další funkce.
- **Open5GS:** jedná se, dle našeho názoru, o jeden z nejambicióznějších a nejpodporovanějších projektů implementace 5G NR / LTE Core sítě. V současné době již podporuje funkce 3GPP Release-17.
- **Aether SD-Core:** je open source 5G Core stack, který se zaměřuje na poskytování jednoduchého rozhraní pro programátory pro vytváření aplikací pro 5G sítě.
- **Open5GCore:** sada nástrojů Fraunhofer FOKUS Open5GCore je celosvětově první praktickou implementací páteřní sítě 3GPP 5G. Představuje prototyp funkcí páteřní sítě 3GPP Release 15 a 16 v podobě vhodné pro výzkumné a vývojové aktivity.

Rádiová přístupová síť – RAN

Opensource projekty v oblasti RAN ve značné míře využívají SDR. Mezi nejvýznamnější RAN open source projekty patří:

- **OpenAirInterface (OAI):** OSA je domovem OpenAirInterface, otevřeného softwaru, který sdružuje komunitu vývojářů z celého světa, kteří společně pracují na technologiích bezdrátových celulárních rádiových přístupových sítí (RAN) a core sítí (CN). Jedním z projektů je i projekt na vývoj otevřené 5G RAN sítě.
- **Intel FlexRAN:** FlexRAN je open source projekt, který se zaměřuje na flexibilní implementaci a řízení RAN funkcí. Projekt je součástí Open Networking Foundation (ONF) a poskytuje platformu pro výzkum a vývoj v oblasti software-defined RAN (SD-RAN).
- **Aether:** projekt SD-RAN
- **srsRAN:** open source projekt společnosti Software Radio Systems, která se zaměřuje na vývoj výkonných řešeních 4G a 5G RAN sítí postavených na softwarově definovaných radiích. Jejich produkt je plně "ORAN nativní full stack postavený na topologii CU/DU"

3.2.6 Komerční a nákladové aspekty privátních 5G sítí

Sebelepší technologie může být odsouzena k nezdaru, pokud není řešení na této technologii postavené zákazníkem považováno za tu nejefektivnější variantu splnění jeho úkolu, kterou má k dispozici. Zákazník 5G sítě bude logicky srovnávat náklady P5G a přínosy P5G. V praxi se pak často může jednat o srovnání vícenákladů P5G oproti WiFi na straně jedné a dodatečných přínosů P5G oproti WiFi na straně druhé.

Přínosy privátní 5G sítě

V obecné rovině bylo o výhodách 5G sítí napsáno mnoho. Jejich srovnání s WiFi ukazuje (viz výše), že nejde o technologie, které by se na první pohled v parametrech dramaticky lišily. Přesto ale na první pohled ne tak dobře patrné odlišnosti (například spolehlivost mobilního připojení) mohou vést k výrazným dopadům na efektivitu provozu zákazníka. Kvantifikace těchto dopadů ovšem nebude jednoduchá a bude vycházet z důkladné znalosti jak daného případu užití a jeho ekonomiky, tak z důkladné znalosti řešení konektivity a jeho možností.

Příklad: společnost Huawei založila v případové studii přínos P5G na tom, že umožní zvýšit rychlost provozu AGV z 0.6 m/s (při provozu na WiFi) na 1.2 m/s. To vede k potřebě nižšího počtu AGV a v důsledku snížení nákladů na provoz AGV o 30 %.

Náklady privátní 5G sítě

Skutečné náklady privátní 5G sítě se mohou zásadně lišit v závislosti na řadě faktorů. Není proto pochopitelně možné vyčíslit konkrétní náklad, je ovšem možné určit hlavní faktory, které náklady ovlivňují. Pro ilustraci je možné uvést, že privátní 5G síť bude prakticky vždy nákladnější než WiFi síť srovnatelné úrovně. A to navzdory tomu, že u 5G sítě bude často použito méně rádiových prvků vzhledem v možnému vyššímu vysílacímu výkonu na licencovaném pásmu.

Každý podnik řešící digitalizaci s využitím privátní 5G sítě by měl v první řadě pečlivě definovat své požadavky. A následně si nechat navrhnout řešení P5G, které bude těmto požadavkům odpovídat. Pro podnik je tedy důležitá znalost toho, jaké požadavky je třeba definovat a v jakých intencích se mohou pohybovat jejich hodnoty.

Požadavky z pohledu uživatele P5G jsou zejména následující:

- Úroveň služby – SLI (Service Level Indicators)
- Typy plánovaných služeb
- Bezpečnost
- Rozsah pokrytí
- Technologie
- Způsob podpory a dohledu sítě

V závislosti na těchto požadavcích pak poskytovatel P5G sítě bude při návrhu designu sítě řešit zejména následující oblasti:

- Způsob nasazení (deployment) P5G – ostrovní síť, lokální uživatelská data, lokální jen radiová síť (viz specifikace P5G výše).
- Architektura RAN – například využití ORAN, gNodeB all-in-one.
- HA (high availability) design a DR (disaster recovery) proces
- URLLC design
- Pattern provozu
- Využití IMS, LMS a dalších síťových funkcí
- Kyberbezpečnostní dodatečné vrstvy
- Výběr dodavatelů – tier-1 dodavatelé, ostatní dodavatelé, open-source.

Z výše uvedeného výčtu je patrné, jak široký je pojem privátní 5G sítě, jak dalece se může lišit její architektura a v důsledku i náklady. Nicméně je možné určit obecnou nákladovou strukturu. Ta umožní podnikům vhodně strukturovat také své komerční požadavky, například v rámci přípravy RFP. Volit různé přístupy pro dílčí části dodávky a dosáhnout tak optimálního výsledku.

Následující tabulka ukazuje obecnou nákladovou strukturu privátní 5G sítě.

Obrázek 8: Obecná nákladová struktura privátní 5G sítě

	Jednorázový náklad	Měsíční/roční náklad
5G CORE		
5G RAN		
Infrastruktura		
Server		
Switch		
Virtualizace		
Kabeláž		
GPS		
Ostatní infra		
Zařízení (UE/CPE/SIM)		
Pronájem frekvencí		
Professional services		
Design		
Instalace		
Managed services		
O&M		
L1-L3 podpora		

U některých nákladových položek se může jednat o jednorázový nebo opakující se náklad v závislosti na přístupu dodavatele, nebo požadavcích zákazníka. Například CAPEX vs. OPEX model pro technologie.

U dalších nákladových položek může jít o kombinaci jednorázových a opakujících se nákladů. Typicky pro technologie 5G RAN/5G CORE se může jednat o jednorázovou platbu a následně opakovanou platbu licencí a poplatku za údržbu/upgrade technologie.

Síť je možné pořídit jako investiční náklad a řešit dohled a správu vlastními silami, nebo naopak požadovat vše jako službu, například za definovanou fixní měsíční platbu. Případně kombinaci obou přístupů. V tomto případě jde o preference zákazníka. Bez ohledu na preferovaný provozní model je však důležité rozumět struktuře P5G, tak aby bylo možné kvalifikovaně srovnat alternativní nabídky a vybrat optimální variantu.

3.2.7 MEC/ Edge computing

Jedná se o jednu z klíčových vlastností 5G a zejména v rámci využití privátních 5G sítí může přinést firmám řadu výhod. To je ostatně patrné z případových studií (viz přílohy), které ukazují případy užití vyžadující nejen samotné privátní 5G, ale také právě edge computingu.

MEC/ Edge Computing je nový prvek 5G architektury, který umožňuje rychlé zpracování dat a umístění výpočetních zdrojů blíže k místům zdroje těchto dat. V tomto ohledu se edge computing liší od cloudových nebo on-premises architektur, ve kterých jsou „workloads“ (pracovní zátěže, v tomto kontextu výpočetní úlohy) zpracované v centralizovaných datových centrech, následně přístupné přes síť a zůstávají relativně vzdálené od uživatelů.

V edge computing architektuře jsou „workloads“ pracovní zátěže obvykle hostovány v lokalizovaných agregačních bodech, které jsou fyzicky blíže uživatelům, zařízením, senzorům, produkčním nástrojům nebo jinému provoznímu vybavení spíše než ve větších centrálních datových centrech veřejných cloudů nebo místních infrastruktur.

V případě konvenčních, nedistribovaných výpočetních architektur, na které se většina podniků spoléhá nejméně v posledním desetiletí, podniky hostují své aplikace a data v centralizovaných datových centrech a uživatelé k těmto zdrojům přistupují přes internet. Internet se obvykle stává nejslabším článkem výkonu pracovní zátěže. Pomalé síťové připojení mezi vzdálenými místy a centrálním datovým centrem se promítá do pomalejší odezvy aplikací a zpoždění při stahování dat. V případě výpadku vzdáleného připojení se pracovní zátěž stane zcela nepřístupnou.

Pro podniky přináší edge computing zejména následující výhody:

- Nižší latence, vysoká dostupnost, rychlé zpracování dat
- Snížení síťových nákladů
- Omezení výpadků služby
- Větší kontrola nad daty
- Rychlejší služby
- Konzistentní uživatelská zkušenost

Díky svým přednostem je edge computing ideální pro využití například v těchto typech služeb a aplikací:

- Real-time data a video analytika s využitím AI/ML (vč. využití v Průmyslu 4.0)
- IoT
- Augmented reality/virtual reality
- Autonomní vozidla
- CDN
- Location tracking služby

Z pohledu reálného provozu je pro edge computing žádoucí využít centralizovanou platformu a standardizovaný stack, tak aby bylo možné edge cloud efektivně provozovat. Edge stack by proto měl být odvozen od cloudového prostředí, které daný podnik využívá.

Privátní 5G síť je v principu jedním z případů užití pro edge computing. A obráceně, privátní 5G síť svou architekturou (MEC) umožňuje realizovat řadu scénářů využití všech předností edge computing.

4 Případy užití

4.1 Význam a kategorizace případů užití

Jak bylo uvedeno v úvodní definici pojmů, 5G případ užití (Use Case, dále také „UC“) je „Úkol, který firma potřebuje realizovat za účelem dosažení určitého výsledku. A pro který je smysluplné z technického i komerčního pohledu využít 5G technologii.“

Oproti tomu případová studie (Case Study) je konkrétní realizace případu užití. V rámci případové studie je použito konkrétní řešení pro splnění úkolu definovaného v Use Case. Tedy určitá technologie, produkty a služby specifického poskytovatele. Bez ohledu na to, zda tato realizace již slouží v komerčním provozu, nebo jde o demo realizaci či Proof of Concept.

Případy užití (Use Cases) jsou velmi důležitou součástí celé problematiky digitalizace podniků s využitím 5G technologií. Seznam a definování případů použití souvisejících s používáním 5G pro digitalizaci společností může těmto podnikům významně pomoci v jejich úsilí o digitalizaci několika způsoby:

- Identifikací konkrétních případů použití mohou společnosti pochopit, jak lze technologii 5G aplikovat na jejich provoz. Tato srozumitelnost pomáhá při představě praktických aspektů integrace 5G do jejich obchodních procesů a infrastruktury.
- Konkrétní realizace daných případů užití (tedy case studies) poskytují příklady úspěšných implementací 5G, které společnostem umožňují porovnat své úsilí a přijmout osvědčené postupy v oboru.
- S jasným souborem případů užití mohou společnosti lépe strategicky plánovat své cesty digitální transformace.

V praxi bude těžké odůvodnit pořízení poměrně nákladné 5G technologie (privátní 5G) jediným případem užití. Typicky bude potřeba využít celou řadu případů užití pro zajištění ekonomické návratnosti. Proto je důležité mít ucelenou představu o tom, jaké případy užití je možné realizovat, byť implementace bude obvykle probíhat postupně v čase.

Kategorizace a typy UC

5G případů užití je potenciálně opravdu velké množství. Aby bylo možné se v nich smysluplně orientovat, je nutná jejich kategorizace. Tu je možné udělat z různých úhlů pohledu v závislosti na účelu kategorizace.

Kategorizace dle vertikál

Pro potřeby podniků bude kategorizace dle vertikál prvním logickým krokem. Díky tomu se bude moci každý podnik zaměřit na případy užití specifické pro svou vertikálu.

Případy užití, tím že řeší určité úkoly v rámci firemních procesů, se mohou do nemalé míry podobat. Například „připojený pracovník“ může dostávat školení či pokyny od experta ve výrobě, logistice či při opravě letadla. Přes tuto částečnou podobnost je vhodné členění dle vertikál realizovat, protože umožní postihnout specifika daného oboru.

Kategorizace dle společného účelu

V řadě případů plní několik různých případů užití společný účel a usilují o dosažení společného výsledku. Proto dává smysl je seskupit do společné kategorie.

Příklad případů užití směřujícím ke společnému výsledku je například:

- Vytvoření chytré továrny, nebo chytrého skladu.
- Připojení pracovníka, tak by mohl dostávat vzdálenou podporu pro školení, asistenci při práci a dalších svých úkolech.
- Bezpečné a spolehlivé připojení v rámci zdravotnického zařízení.

Kategorizace dle perimetru

Z pohledu implementace řešení daného případu užití je velmi důležité, zda je daný případ užití omezený určitou jasně definovanou oblastí, tedy perimetrem, nebo nikoli. V případě, že jde o případ užití na daném perimetru, je možné zvážit využití privátní 5G sítě a v řadě případů to bude nejlepší řešení. Naopak pokud daný případ užití na perimetru omezený není, pak privátní

5G síť prakticky nepřipadá v úvahu a je nutné uvažovat o veřejné síti, ideálně s využitím network slicing nebo jiné formy poskytnutí QoS.

Příklad:

- Provoz AGV ve skladu – je omezeno na daný perimetr.
- Připojená ambulance – není omezeno na perimetr.

Kategorizace dle typů aplikací

V rámci daného případu užití jsou vždy použita určitá aplikační řešení. To znamená je použita určitá technologie (nad rámec 5G), která je využita pro poskytování určité služby. Tato aplikační řešení pak do značné míry determinují požadavky na konektivitu z hlediska rychlosti přenosu dat downlink/uplink, počet současných připojení, latence atd.

Příklad:

- Technologie kamer s vysokým rozlišením a AI zpracováním dat sloužící pro detekci anomálií (může být využito v řadě různých případů užití v různých vertikálách).
- Datový přenos typu ze senzorů do IoT platformy.
- Rozšířená realita (pro různé typy případů užití spojené s připojeným pracovníkem).
- Aplikace pro skupinovou komunikaci.

Kategorizace dle specifických požadavků na 5G

Kategorizace podle požadavků na 5G tvoří spojenou nádobu s kategorizací dle typu aplikací. Aplikace v principu determinují požadavky na specifické vlastnosti 5G.

Základní specifické vlastnosti 5G jsou:

- eMBB – vhodné pro mobilní širokopásmové připojení. Typické aplikace, které eMBB vyžadují: HD video (kamery), herní služby.
- mMTC – vhodné pro masivní komunikaci typu IoT. Typické aplikace, které mMTC vyžadují: smart city – monitoring, prediktivní údržba, digital twin.
- URLLC – vhodné pro vysoce spolehlivou komunikaci vyžadující nízkou latenci. Typické aplikace, které URLLC vyžadují: řízení dopravy, telemedicína.

V případě network slicing jsou definovány specifické vlastnosti 5G také pro V2X (Vehicle to X) a HPMT (High-Performance Machine-Type Communications).

4.2 Přehled případů užití ve vybraných vertikálách

Dále je uveden přehled případů užití ve vertikálách, pro které využití 5G pro digitalizaci nabízí značné výhody a je proto vysoká šance na jejich praktickou realizaci. V přehledu případů užití jsou zohledněny výše uvedené typy kategorizace.

4.2.1 Vertikála zdravotnictví

4.2.1.1 Kategorie: telemedicína

Telemedicína je dálkový přenos lékařských informací od pacienta k doktorovi, prostřednictvím telekomunikačních a informačních technologií. Tedy jasný kandidát na využití předností 5G technologie. Typicky se bude jednat o veřejné (makro) 5G sítě. Ale kromě vzdáleného konce s 5G je zde i druhá strana – zdravotní zařízení, a v tom bude velmi výhodné mít privátní 5G pro připojení a "příjem" informací. Vysoká kvalita připojení a zároveň flexibilita pohybu je v daném případě kritický požadavek.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Vzdálená diagnostika a konzultace mezi doktorem a pacientem	Obousměrné HD video se používá mezi pacientem a odborníkem na primární/sekundární péči k provádění počátečních screeningových vyšetření, rutinních kontrol (které nevyžadují fyzické procedury), terapeutických/rehabilitačních sezení a stále častěji vizuálních diagnóz (např. stavy a příznaky). Prováděním těchto schůzek vzduchem pacienti nemusejí cestovat za zdravotnickými odborníky a naopak, což snižuje zátěž pro pacienta a snižuje náklady na každou schůzku.	Ne	eMBB
Monitoring pacientů pomocí wearables a dalších zařízení	Vzdálené monitorování pacientů je považováno za klíčový faktor pro efektivnější a proaktivnější poskytování zdravotnických služeb a řízení chronických onemocnění. Pomocí senzorů, nositelných zařízení a zařízení elektronického zdravotnictví lze shromažďovat a analyzovat atributy pacientů, aniž by pacienti museli cestovat do zařízení primární péče a mít osobní schůzku s lékařem.	Ne	mMTC
Připojená ambulance	Připojená sanitka a její posádka fungují jako prostředek ke shromažďování a přenosu informací o pacientovi, ať už prostřednictvím nositelných zařízení, senzorů nebo streamování HD video/tělesných kamer, zpět do nemocniční pohotovosti, zatímco je pacient převážen. Nemocniční personál tak lépe porozumí pacientovi před jeho příjezdem. Pro tento případ užití je ideálním řešením network slicing.	Ne	eMBB,URLLC
Vzdálená konzultace mezi lékaři, vč. AR např. při vzdálené chirurgii.	V kontextu 5G je často zmiňovaným případem použití pro zdravotnictví „telechirurgie“, kdy specialista může provést operaci ze vzdáleného místa. Realističtější krátkodobou příležitostí je použití náhlavní soupravy pro AR/VR s podporou 5G, která umožní specialistovi sledovat operaci probíhající v reálném čase, vést osobního chirurga a komentovat to, co vidí na základě svých vlastních zkušeností.	Ne	eMBB,URLLC

4.2.1.2 Kategorie: služby ve zdravotnickém zařízení

Skupina UC, které zvyšují kvalitu zdravotní péče a jsou realizovány v rámci omezeného perimetru zdravotnického zařízení. Pro všechny je typické, že potřebují vysokou spolehlivost privátní 5G sítě. Často spolu s vysokou kapacitou v kombinaci s flexibilitou mobility a ideálně s využitím lokalizačních služeb.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Tréninku mediků s využitím AR	Použití AR/VR náhlavní soupravy, ať už v nemocnici nebo ve třídě by mohlo umožnit studentům medicíny a praktikantům provádět praktické procedury ve virtuálním prostředí (na virtuálních/neskutečných pacientech) a dokonce	Ano	eMBB,URLLC

	na těchto virtuálních procedurách spolupracovat v reálném čase. V málokteré oblasti je to přitom tak smysluplné jako právě při tréninku mediků.		
Monitoring chování pacientů v zařízeních pomocí video analýzy.	V nemocnicích, pečovatelských domech, psychiatrických centrech atd. lze videoanalytiku použít na chodbách k identifikaci pacientů, kteří se chovají nestandardně, měli incident, jako je pád, nebo se stávají nebezpečím pro sebe nebo pro ostatní. Hostování analytiky na zařízení pomocí chytrých kamer může vést k neúměrně drahému hardwaru, a proto by se analytika měla odehrávat v cloudu (nebo ideálně pomocí edge-computing pro udržení lokalizace a zabezpečení dat).	Ano	eMBB
Přenos a zpracování diagnostických a dalších dat	Ve zdravotnictví existuje mnoho obrázků a souborů s vysokým rozlišením, které mohou vyžadovat vysoce výkonné výpočetní zpracování pro diagnostiku a návrh. S 5G, například po obdržení MRI nebo CT skenu, mohou být snímky odeslány v reálném čase tam, kde je třeba je analyzovat, aby bylo možné stanovit diagnózu. Navíc je možné využít připojení přístrojů k 5G také pro jejich lokalizaci v rámci nemocnice.	Ano	eMBB
Monitorování životních funkcí pacientů na lůžku, s využitím podložky v postelích.	Multifunkční podložky, samozřejmě s konektivitou, přenášejí nejen informace o životních funkcích pacientů, ale také kontrolují polohování kvůli vzniku proleženin. V nemocnicích mají často problémy s velmi zarušenými wifi sítěmi. Proto takto kritická komunikace rozhodně patří na privátní 5G. To zároveň zachovává potřebnou mobilitu pro přemísťování lůžek.	Ano	URLLC
Skupinová komunikace zdravotního personálu	Zdravotní personál spolu potřebuje často a efektivně komunikovat. Moderní skupinová komunikace, včetně přenosu videa, může výrazně zvýšit efektivitu práce. Pro využití všech možností a funkcionalit moderních aplikací je potřeba rychlý přenos dat s minimální latencí a vysokou spolehlivostí, kterou zaručí pouze 5G technologie.	Ano	eMBB,URLLC

4.2.2 Vertikála průmysl a výroba

4.2.2.1 Kategorie: chytrá továrna (smart factory)

Pod hlavičkou smart factory se skrývá řada use cases, které pomáhají zefektivnit výrobu její digitalizací z pohledu automatizace, robotizace, kvality, ale také bezpečnosti pracovníků. Vzhledem k omezenému perimetru továrny a požadavkům na vysokou spolehlivost, často také vysokou kapacitu spojenou s přenosem obrazových dat a nízkou latencí spojenou s AR technologií, je privátní 5G vhodným řešením konektivity pro tyto UC.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Kontrola kvality výstupů z výroby	Tento případ použití využívá kamery s podporou 5G a systémy počítačového vidění (machine vision) pro kontrolu v reálném čase a detekci chyb ve výrobních procesech. Vysoká šířka pásma a nízká latence 5G umožňují rychlé zpracování vizuálních dat a identifikaci vad nebo nesrovnalostí na výrobní lince. V rámci řešení bývá využita analýza obrazu s AI.	Ano	eMBB,URLLC
Prediktivní údržba	Automatizované sledování stavu aktiv (strojů) umožňuje výrobcům optimalizovat údržbu a zajistit, aby nedocházelo k prostojům z důvodu nedostatečné údržby. Sníží se také spotřeba náhradních dílů a omezí zbytečná rutinní práce zaměstnanců. Neplánované prostoje jsou pro výrobce jednou z největších překážek dosažení maximální produktivity. Studie ukázaly, že neplánované prostoje stojí průmyslové výrobce každoročně přibližně 50 miliard USD, přičemž příčinou 42 % těchto prostojů jsou poruchy zařízení.	Ano	mMTC
Dohled nad aktivy a provozem (SOP)	Standard Operating Procedures execution checking - jedná se v principu o monitoring výrobních aktiv a provozu v továrně. Jednou z konkrétních aplikací je FAT (Factory Acceptance Testing) prováděné zákazníkem vzdáleně, bez nutnosti osobní přítomnosti, díky přenosu obrazu z kamer s HD rozlišením. Další je pak využití informací pro efektivní řízení výroby.	Ano	eMBB
Provoz AMR (autonomous mobile robots)/ AGV	5G usnadňuje provoz AMR (Autonomous Mobile Robots) ve výrobních zařízeních. Tyto roboty mohou efektivně a bezpečně přepravovat materiály a přizpůsobovat se měnícím se dispozicím a provozním potřebám. Využití (privátní) 5G konektivity je obzvláště přínosné při přenosu dat za kamer AMR pro jejich zpracování pomocí edge computingu. A také při potřebě teleoperace AMR.	Ano	URLLC,eMBB
Bezpečnost areálu a pracovníků ve výrobě	Zvyšování bezpečnosti je často realizováno využitím kamerového systému s vysokým rozlišením spolu s AI analytikou, která zjistí nežádoucí jevy (chybějící ochranné pomůcky, výskyt v zakázané zóně apod.) Další možností je zajištění vyšší bezpečnosti pomocí řešení bránícím kolizím mezi zaměstnanci a roboty, díky využití senzorů apod.	Ano	eMBB

Zvyšování efektivity výroby díky synchronizaci a dynamickému plánování	Využití 5G v tomto scénáři umožňuje synchronizaci výrobních procesů a dynamické plánování úloh. Tento případ použití se zaměřuje na optimalizaci pracovních postupů tím, že zajišťuje, aby různé části výrobního procesu byly dokonale sladěny a mohly se rychle přizpůsobovat změnám. Využití bezdrátové technologie také zrychluje a zlevňuje rekonfiguraci výrobních linek.	Ano	
Kolaborativní roboti (cobots)	Kolaborativní roboty neboli koboty pracují po boku operátorů a provádějí výrobní úkoly, jako jsou provozní práce, vrtání nebo montáž, a také automatické kontroly kvality výrobků, které jsou ještě na výrobní lince. Tímto způsobem lze automaticky kontrolovat všechny díly, nejen vzorky. Díky cobotům mohou továrny dosáhnout kontroly každého dílu, aniž by se prodloužila doba potřebná k jejímu provedení, což zvyšuje celkovou kvalitu a spokojenost zákazníků.	Ano	eMBB,URLLC
Digital twins ve výrobě	Efektivní využití digitálního dvojčete vyžaduje zpracování a správu obrovského množství dat. A to jak při vytváření, tak při provozování digitálního dvojčete. Senzory zabudované ve strojích přenášejí údaje o výkonu do digitálního dvojčete v reálném čase. Využití je pro modelování efektivních výrobních postupů, konfigurace výrobních linek apod., ale také pro plány servisu a snížení nákladů na údržbu.	Ano	mMTC
Přenos datových souborů do strojů či produktů ve výrobě	V rámci výrobního procesu je potřeba přenášet datové soubory – s vysokou spolehlivostí a s vysokou rychlostí. Může se jednat o soubory s výrobním programem pro jednotlivé stroje, nebo také o firmware, který má být nahraný do produktů na výrobní lince – příkladem jsou vozidla v oblasti automotive.	Ano	

4.2.2.2 Kategorie: připojený pracovník (connected worker)

Kategorie případů užití, které umožňují efektivnější práci pracovníkovi díky jeho připojení (ideálně pomocí 5G) a využití technologií jako AR (chytré brýle), případně tablet/mobil a vhodného aplikačního řešení. Kvalitní a spolehlivé připojení pracovníka pomáhá s řešením celé řady úkolů, které tento pracovník má, díky možnosti vzdálené asistence.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Lonely worker protection	Ochrana pracovníků v případě ztráty vědomí, pádu apod. Využívá senzory koncového zařízení a lokalizaci. Často jde o případ užití spojený s dispečersky řízenou skupinovou komunikací.	Ano	eMBB
Údržba s využitím AR	Díky využití AR je možné realizovat údržbu bez osobní přítomnosti expertů dodavatele, postačí pracovník bez speciální kvalifikace. To je nákladově efektivní a má výhody také při údržbě v náročném prostředí.	Ano	eMBB,URLLC
Připojené nástroje	Nejen pracovníci, ale přímo jejich ruční nástroje mohou být připojené pro zvýšení efektivity práce. Kromě diagnosticky je možné využít také pro zjišťování polohy náradí.	Ano	eMBB,URLLC
Školení s využitím AR	Školení nových zaměstnanců s využitím AR, například operátorů výrobních linek v automotive, patří mezi v praxi již aktuálně využívané případy užití. Podobně jako u dalších případů užití s AR, použití 5G není nevyhnutelné, ale zlepšuje uživatelskou zkušenost.	Ano	eMBB,URLLC
Skupinová komunikace	Skupinová a dispečersky řízená hlasová i video komunikace je pro řadu oblastí nutností a neefektivnějším způsobem komunikace. Pro tento případ užití je možné využít řadu OTT aplikací, přičemž je možná i jejich integrace s jádrem sítě pro dosažení vyšší úrovně QoS.	Ano	eMBB,URLLC
Sdílení návodů a dokumentace	Pracovník má vždy v terénu k dispozici potřebnou dokumentaci díky sdílení, například i s využitím AR brýlí, nebo jiného koncového zařízení, například tabletu.	Ano	eMBB

4.2.3 Vertikála logistika a doprava

4.2.3.1 Kategorie: chytrý sklad (smart warehouse)

Skupina UC zvyšující efektivitu skladování, zahrnuje automatizaci, robotizaci, řízení zásob a zvyšování kvality.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti

Balení produktů s computer vision	Využití "computer vision" pro kontrolu kvality balení v logistice. Počítačové vidění je obor umělé inteligence, který trénuje počítače k interpretaci a porozumění vizuálnímu světu. Pomocí digitálních snímků z kamer a videí a modelů hlubokého učení mohou systémy počítačového vidění přesně identifikovat a klasifikovat objekty a poté reagovat na to, co „vidí“.	Ano	eMBB
Provoz AGV a AMR v logistice	Využití AGV a AMR ve skladech roste. Jejich konektivita s využitím 5G zvyšuje efektivitu jejich provozu. Zejména v případech vyžadujících teleoperaci, přenosy dat z kamer a jejich zpracování na edge například pro kolizní scénáře. V těchto případech je vyžadována skutečně minimální latence.	Ano	URLLC
Inventory management	Sledování a řízení zásob. Ideálně v reálném čase. Například v podobě tzv. chytrého regálu. A/nebo s využitím RFID a čteček čárových kódů. V každém případě všechny informace je potřeba mít v digitální formě a data přenášet do centrálního prvku, který může být umístěn na edge. Vše je pak řízeno s využitím Warehouse management system SW.	Ano	

4.2.3.2 Kategorie: asistovaná práce v logistice

Skupina UC zvyšující efektivitu skladování, zahrnuje automatizaci, robotizaci, řízení zásob a zvyšování kvality.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Vzdálená vizuální inspekce (Virtual table inspection)	Vzdálená inspekce (Virtual table inspection), například leteckých motorů s využitím přenosu obrazu s vysokým rozlišením. Jako koncové zařízení může být použitý tablet, případně AR brýle. Obdobný případ užití je možné využít také ve zdravotnictví/ pečovatelských domech (úspora času lékařů).	Ano	eMBB
Vychystávání s využitím AR (Vision picking)	Využití chytrých AR brýlí pro vychystávání v logistice je další aplikací technologie AR, ideálně ve spojení s privátní 5G sítí pro vyšší spolehlivost služby a lepší uživatelskou zkušenost. Tento případ užití je v praxi již realizovaný, například společností AYES (více viz případová studie).	Ano	eMBB,URLLC
Skenování zboží a dalších aktiv	Možnost perfektního přehledu v terénu díky získání informace o zboží a dalších aktivech jeho skenováním koncovým zařízením. Skenování je jistě možné i bez 5G technologie s využitím WiFi, ale informace z praxe potvrzují, že zarušená a nespolehlivá WiFi konektivita ve skladech má dopad i na skenování.	Ano	eMBB

4.2.3.3 Kategorie: chytré logistické centrum (smart logistics hub)

Logistická centra přesahující úroveň skladů, například přístavy, železniční terminály, pro jejich efektivní provoz je třeba řada UC využívajících potenciál 5G.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Digital twin organizace v logistice	Digital twin komplexního systému, jakým je logistické centrum – v řadě případů přístav, v našich podmínkách například železniční terminál, umožňuje zvyšovat efektivitu celého uzlu díky modelování "what if" scénářů a využití analýzy obrovského množství dat sbíraného senzory a kamerami z reálného prostředí do digitálního dvojčete.	Ano	mMTC, eMBB
Přeprava materiálu pomocí autonomních vozidel.	Vozidla jsou využívána pro dopravu materiálu mezi jednotlivými sklady, v průmyslovém areálu apod., tj. provoz přesahuje jeden sklad a prostředí je často náročné. Využití (privátní) 5G konektivity má zásadní přínos v případě teleoperace (vzdáleného ovládní) vozítek a při přenosu a zpracování dat z kamer například při vyhodnocování kolizních scénářů.	Ano	URLLC, eMBB
Chytrý železniční terminál	Železniční terminál – překladiště, je místem, kde je značný prostor pro robotizaci a automatizaci a tím i pro využití privátní 5G sítě. V rámci automatizovaného terminálu je umístěno velké množství kamer, které umožňují teleoperaci.	Ano	eMBB,URLLC,mMTC

4.2.3.4 Kategorie: řízení logistického řetězce (supply chain management)

Řízení celého logistického řetězce vyžaduje typicky kombinaci UC i různých technologií, veřejné 5G sítě mohou být doplněny o hybridní či privátní, případně i jiné IoT technologie

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Fleet management	Fleet management není nový scénář užití, ale 5G (v tomto případě veřejná, ideálně slicing) přináší novou úroveň kvality datového připojení a tím rozšiřuje jeho možnosti. 5G konektivita umožní dopravním a logistickým společnostem využívat diagnostická data v reálném čase s digitálními dashboardy, které poskytují pohled na chování řidičů, stejně jako na trasu a spotřebu paliva. S využitím chytrých senzorů a palubních počítačů, které monitorují a přenášejí polohu, rychlost, spotřebu paliva, opotřebení vozidla a selhání komponent, mohou organizace zlepšit provozní efektivitu napříč všemi oblastmi.	Ne	mMTC,eMBB
V2X komunikace	Komunikace mezi vozidly a dalšími prvky infrastruktury, nebo mezi vozidly navzájem, přináší potřebný prvek bezpečnosti a spolehlivosti pro autonomní provoz. Využití může být například pro platooning, tedy provoz kolony vozidel, který šetří palivo a náklady.	Ne	URLLC
Asset tracking	Sledování položek při dopravě je důležitou součástí řízení celého dodavatelského řetězce a nutnou podmínkou jeho efektivity. Je vyžadována celoplošná technologie, a to z kategorie LP-WAN. V případě 5G by se tedy mohlo jednat o RedCap.	Ne	mMTC

4.2.4 Vertikála zemědělství a potravinářství

4.2.4.1 Kategorie: chytrá farma – precizní zemědělství

Chytrá farma, také známé jako precizní zemědělství, se týká integrace pokročilých technologií do zemědělských postupů za účelem zvýšení efektivity, produktivity a udržitelnosti. Tento přístup využívá různé informační a komunikační technologie k monitorování, analýze a řízení zemědělského provozu.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Autonomní traktory a zemědělské stroje	Autonomní traktory a další zemědělské stroje využívají 5G k příjmu a přenosu dat v reálném čase, což jim umožňuje efektivněji provádět úkoly, jako je sázení, plení a sklizení, s minimálním zásahem člověka. 5G podobně jako u jiných autonomních vozidel umožňuje v případě potřeby efektivní teleoperaci a přenos dat z kamer na strojích pro okamžité vyhodnocení.	Ano	URLLC,eMBB
Automatizované sklízecí systémy	Automatizované sklízecí systémy využívají robotické stroje k autonomní sklizni plodin. Tyto systémy se obvykle skládají ze samořídících vozidel vybavených senzory, kamerami a robotickými rameny, které dokážou identifikovat zralé plodiny, přesně je nakrátet nebo sbírat a sbírat produkty. Efektivita těchto systémů závisí na jejich schopnosti zpracovávat obrovské množství dat v reálném čase, činit rychlá rozhodnutí a pracovat s vysokou přesností na velkých plochách zemědělské půdy.	Ano	eMBB,URLLC
Chytré zavlažovací systémy	Inteligentní zavlažovací systémy využívají síť senzorů rozmístěných po celém zemědělském poli. Tyto senzory měří různé parametry prostředí a půdy, jako je úroveň vlhkosti, teplota, a dokonce i stav živin v půdě. Senzory odesílají data do centrálního systému k analýze. Může jít o edge server. Na základě analýzy jsou vyslány příkazy do zavlažovacího systému, aby se podle potřeby upravil plán zavlažování. To může zahrnovat zapnutí/vypnutí sprinklerů, úpravu průtoku nebo změnu načasování zavlažování. Systém se může zaměřit na konkrétní zóny v rámci pole, aby bylo zajištěno, že každá oblast dostane přesné množství potřebné vody.	Ano	mMTC
Monitorování hospodářských zvířat	Monitoring se zaměřuje na sledování polohy a zdravotního stavu zvířat. Nositelná IoT zařízení shromažďují data o poloze, zdraví a chování hospodářských zvířat. 5G zajišťuje nepřetržitý přenos těchto dat, která lze použít k monitorování zdraví v reálném čase, předpovídání nemocí a optimalizaci chovných cyklů.	Ano	mMTC
Monitorování stavu zemědělských plodin a půdy	Systémy monitorování plodin využívají různé senzory rozmístěné po celém poli. Patří mezi ně senzory půdní vlhkosti, senzory hladiny živin a senzory klimatu, které měří parametry jako teplota, vlhkost a hladiny CO2. Drony poskytují další data, která jsou zásadní pro posouzení zdraví plodin ve větším měřítku. Tyto snímky dokážou detekovat odchylky v barvě, velikosti a vývoji plodiny, které svědčí o zdravotním a nutričním stavu. Data shromážděná z pozemních senzorů a leteckých snímků jsou integrována a přenášena do centrální jednotky, kde se provádí pokročilá analýza dat. Systém poskytuje užitečné informace, které ihned využít. Pokud je například zjištěno možné zamoření škůdci, systém může doporučit konkrétní oblasti pro aplikaci pesticidů.	Ano	mMTC,eMBB

4.2.4.2 Kategorie: sledování dodavatelského řetězce v zemědělství

Tato kategorie UC má za cíl sledovat dodávky zemědělských produktů od zdroje až k maloobchodním řetězcům. A to jednak za účelem evidování původu produktů a také za účelem zajištění a monitorování vhodných přepravních podmínek.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Trackování produktů z farmy k místu prodeje	Tento UC řeší důležitý aspekt zemědělského dodavatelského řetězce: zajištění transparentnosti, sledovatelnosti a účinnosti od místa původu až ke spotřebiteli. Produkty se označují na úrovni farmy pomocí čárových kódů, RFID tagů nebo chytrých senzorů, které dokážou zachytit a zaznamenat různá data včetně času sklizně, původu, ošetření a hodnocení kvality. Zúčastněné strany mohou sledovat stav a postup zboží, jak se pohybuje v dodavatelském řetězci. Toto monitorování pomáhá při řízení logistiky, optimalizaci tras, reakci na zpoždění a zajištění souladu s bezpečnostními a kvalitativními standardy.	Ne	mMTC
Monitoring podmínek při přepravě zemědělských produktů	UC se zaměřuje na zachování integrity a kvality zemědělského zboží při přepravě z farem na trhy nebo ke zpracovatelům. Sensory jsou integrovány do přepravních vozidel nebo jednotlivých balení produktů. Tyto senzory monitorují během přepravy různé parametry prostředí, jako je teplota, vlhkost, vibrace a atmosférický tlak – faktory, které jsou rozhodující pro udržení kvality produktu. Data jsou přenášena do centrálního prvku, vyhodnocena a následně jsou zdrojem pro generování příslušných reportů.	Ne	mMTC

5 Strategie podniků pro digitalizaci s využitím 5G

5.1 Strategie a OKR

V obecné rovině je strategie obvykle definována jako plán, jak dosáhnout dlouhodobé cíle. V kontextu digitalizace podniků se strategie týká komplexního plánu určeného k dosažení konkrétních cílů firmy integrací digitálních technologií do svého řízení a provozu. Tato strategie definuje, jak může firma používat technologii k vytváření nových – nebo k úpravě stávajících – business procesů, produktů a služeb, aby vyhověla měnícím se požadavkům trhu.

Strategie má tedy dvě základní části: (1) cíle a (2) způsob jejich dosažení.

Cíle v oblasti digitalizace musí logicky navahovat na firemní cíle a přispívají tak k jejich plnění. Pro definování cílů je vhodné využít framework OKR (Objectives and Key Results)²³. Tento framework pomáhá stanovit cíle pro celou firmu a její dílčí celky. Těmi mohou být také jednotlivé produktové linie či funkční oblasti. Jeho výhodou je vhodnost použití od malých firem až po globální korporace. Dobrým příkladem je Google (Alphabet), který OKR začal používat, když měl jen 40 zaměstnanců a používá ho dodnes.

OKR zavádí do stanovení cílů následující systém:

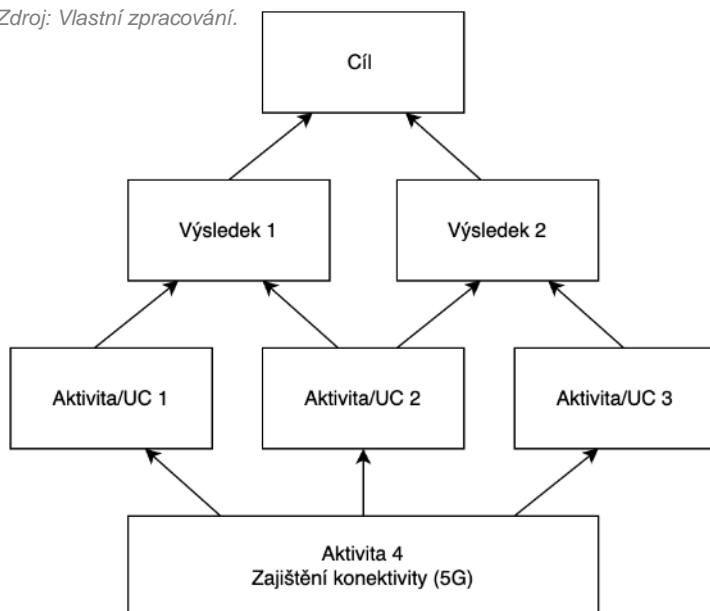
- **Objective** – ultimátní cíl. Musí být sladěný s cíli společnosti, srozumitelný a zejména inspirativní. Měl by být časově vymezený, na druhou stranu nemusí být přímo měřitelný. To je umožněno tím, že měřitelné metriky mají results (výsledky), které k tomuto ultimátnímu cíli vedou.
- **Key Results** – měřitelné výsledky, které nás vedou k ultimátnímu cíli. Můžeme a chceme je ovlivnit, ale nemáme nad nimi přímou kontrolu. Jedná se tedy o „outcome“, očekávaný výsledek.
- **Initiatives** – aktivity, které vykonáváme a máme je tedy pod kontrolou. Například jednotlivé úkoly či projekty. Měly by pomoci dosáhnout výsledků.

V případě digitalizace podniků bude typicky zásadní aktivitou realizace inovačního projektu zaměřeného na inovaci business procesů (viz dále). OKR také umožňuje agilní přístup, aniž by se chaoticky měnily cíle: zatímco náš cíl a plánované výsledky zůstávají, je možné pružně měnit iniciativy, které mají vést k jejich dosažení.

²³ Doerr, J. (2018, April 24). *Measure What Matters*. Penguin.

Obrázek 9: OKR pro digitalizaci s 5G: jak jednotlivé aktivity pomáhají dosáhnout výsledků, které vedou k definovanému cíli. Současně zobrazuje, jak aktivita v podobě zajištění potřebné konektivity tvoří podporu pro ostatní aktivity v podobě use cases (UC).

Zdroj: Vlastní zpracování.



Poznámky k aktivitám:

- Jednotlivé aktivity mají za cíl doručit definované výsledky v rámci OKR.
- Některé aktivity jsou zde de facto případy užití (Use Cases) – viz definice UC – úkol, které organizace potřebuje splnit pro dosažení požadovaného výsledku (Key Results).
- Aktivity jsou často také inovačními projekty.
- Realizace 5G je možnou součástí jedné z aktivit: iniciativa by neměla být o realizaci 5G/P5G, ale o definici požadavků a následném výběru a realizaci nejlepší varianty konektivity pro definované případy užití.
- Typicky několik aktivit/UC zdůvodní realizaci P5G.

5.2 Příklady cílů a klíčových výsledků v oblasti digitalizace s využitím 5G

5.2.1 Příklad použití OKR pro oblast Chytrá továrna/ Smart factory

Cíl (Objective):

Přeměnit náš výrobní provoz na plně funkční chytrou továrnu do dvou let.

Klíčové výsledky (Key Results):

- Klíčový výsledek 1: Snížení prostojů výroby o 40 % díky prediktivní údržbě a automatizaci.
- Klíčový výsledek 2: Zlepšení efektivity výroby o 30 % měřeno výkonem za hodinu.

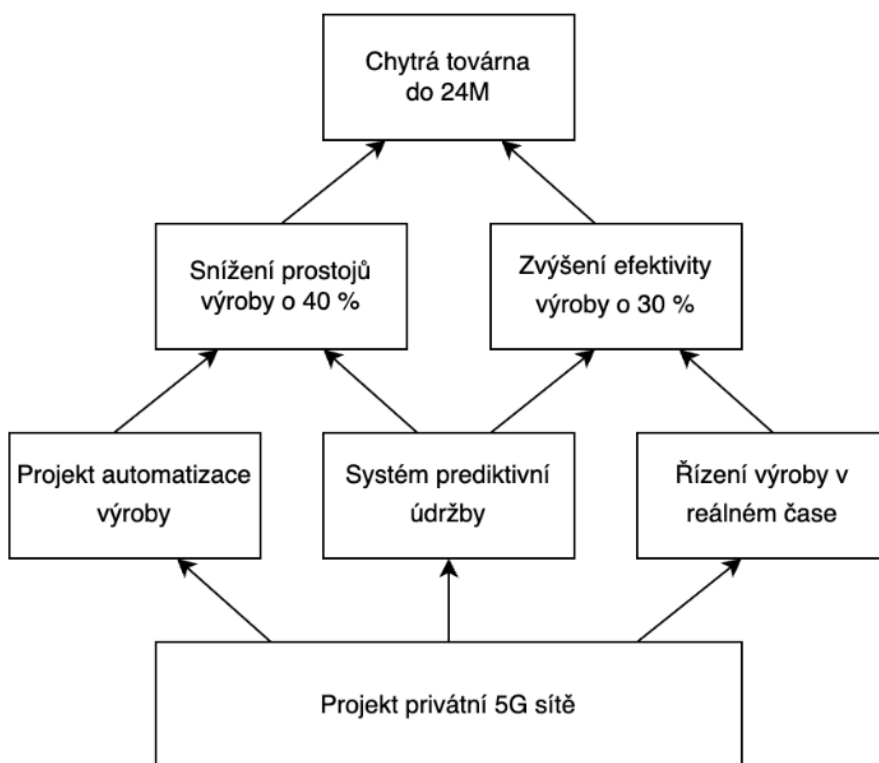
Aktivity (Initiatives):

- Aktivita 1: Projekt automatizace výroby - Cílem iniciativy je nalézt a realizovat vhodné řešení automatizace výroby, včetně potřebného dovybavení strojů senzory, robotizaci apod.
- Aktivita 2: Projekt systému prediktivní údržby - Cílem projektu je navrhnout a realizovat vhodný systém prediktivní údržby. Součástí iniciativy může být
 - Vývoj algoritmů/ využití AI pro analýzu dat ze senzorů internetu věcí v reálném čase a předvídání poruchy zařízení a potřeby údržby.
 - Vyškolení technických týmů k efektivní implementaci a správě systému prediktivní údržby.

- Aktivita 3: Projekt sledování výroby v reálném čase - Cílem projektu je implementace centralizovaného řídicího panelu, který zobrazuje analýzy výrobních metrik, stavu strojů a dalších důležitých dat v reálném čase.
- Aktivita 4: Projekt zajištění konektivity - Cílem projektu je definovat potřeby jednotlivých případů užití z pohledu konektivity, vybrat a implementovat konektivitu s požadovanými parametry.

Nastavení OKR je zobrazeno na schématu níže. Je z něj patrné, že privátní 5G síť sama o sobě nedoručí žádný z požadovaných výsledků. Slouží jako podpora případům užití/ projektům, které přispívají k dosažení klíčových výsledků a cíle. Nemá smysl realizovat privátní 5G, dokud nejsou jasně definované cíle firmy v dané oblasti a aktivity, které k nim vedou.

Obrázek 10: Vzorové nastavení OKR pro Chytrou továrnu. Zdroj: Vlastní zpracování.



5.2.2 Příklad použití OKR pro oblast Chytrý sklad/ smart warehouse

Cíl (Objective):

Plně zprovoznit inteligentní sklad do konce 2. čtvrtletí 2025, který bude zahrnovat pokročilá technologická řešení pro řízení zásob a kontrolu kvality.

Klíčové výsledky (Key Results):

- Klíčový výsledek 1: Dosáhnout 30% zkrácení doby manipulace se zásobami díky nasazení automatizovaných řízených vozidel (AGV) a autonomních mobilních robotů (AMR).
- Klíčový výsledek 2: Zlepšení zajištění kvality balení produktů implementací systémů počítačového vidění, snížení chybovosti o 50 %.
- Klíčový výsledek 3: Zlepšení přesnosti zásob na 99 % a snížení doby zpracování zásob o 40 % pomocí pokročilých systémů správy.

Aktivity (Initiatives):

- Aktivita 1: Nasazení AGV/AMR

Součástí projektu nasazení AGV/AMR bude výběr dodavatele AGV/AMR, kteří se hladce integrují se stávajícími systémy řízení skladu.

Návrh a reorganizace uspořádání skladu pro optimalizaci směřování a účinnosti AGV/AMR.

- Aktivita 2: Nasazení počítačového vidění pro kontrolu kvality

Součástí projektu bude:

- Nasazení kamer s vysokým rozlišením a související hardware kolem klíčových bodů kontroly kvality.
- Integrace software schopného analyzovat vady a nesrovnalosti v reálném čase pomocí algoritmů AI.
- Aktivita 3: Pokročilé systémy řízení zásob

Projekt bude zahrnovat upgrade stávajícího systému správy zásob na robustnější řešení schopné bezproblémové integrace se zařízeními IoT a poskytování analýz v reálném čase.

- Aktivita 4: Projekt zajištění konektivity

Cílem projektu je definovat potřeby jednotlivých případů užití z pohledu konektivity, vybrat a implementovat konektivitu s požadovanými parametry.

5.2.3 Příklad použití OKR pro Chytrou farmu – precizní zemědělství

Cíl (Objective):

Zřídit plně funkční chytrou farmu do konce roku 2025 a zvýšit tak celkovou produktivitu a udržitelnost farmy s využitím technologií precizního zemědělství.

Klíčové výsledky (Key Results):

- Klíčový výsledek 1:
Zvýšení výnosů plodin o 25 % pomocí automatizované sklizně a přesných zemědělských technik.
- Klíčový výsledek 2:
Snížení spotřeby vody o 30 % při zachování nebo zlepšení zdraví plodin pomocí inteligentních zavlažovacích systémů.
- Klíčový výsledek 3:
Dosázení 20% snížení provozních nákladů implementací autonomních zemědělských vozidel a automatizovaných systémů.
- Klíčový výsledek 4:
Zlepšení zdraví a produktivity hospodářských zvířat o 15 % prostřednictvím vylepšených monitorovacích systémů.

Aktivity (Initiatives):

- Aktivita 1: Využití autonomních zemědělských vozidel.

Nasazení autonomní traktorů a dronů, které lze použít k výsadbě, postřiku a monitorování.

Instalace SW platformy pro plánování tras a správu vozidel, pro zajištění optimálního pokrytí pole a provozní efektivity.

- Aktivita 2: Automatizované sklízecí systémy.

Výběr a instalace automatizovaných sklízecích strojů přizpůsobených konkrétním typům plodin pěstovaných na farmě.

Vyškolení technický personálu o údržbě a provozu automatizovaného sklízecího zařízení.

- Aktivita 3: Nasazení inteligentních zavlažovacích systémů.

Instalace senzorů půdní vlhkosti a meteostanice s podporou IoT.

Implementace automatizovaného systému řízení zavlažování, který upravuje dodávku vody na základě dat ze senzorů a předpovědi počasí v reálném čase.

- Aktivita 4: Nastavení systémů sledování hospodářských zvířat.

Vybavení hospodářských zvířat nositelnými zařízeními pro sledování zdraví, které sledují životní funkce a úrovně aktivity.

Vytvoření centralizované monitorovací platformy, která upozorní zaměstnance na jakékoli nesrovnalosti nebo zdravotní problémy v reálném čase.

- Aktivita 5: Monitorování plodin a půdy.

Implementace komplexní sítě senzorů pro nepřetržité sledování stavu půdy a zdraví plodin.

Využití snímků z dronů a satelitů k posouzení vitality plodin a identifikaci potenciálních problémů, jako je nedostatek živin nebo onemocnění.

- Aktivita 6: Projekt zajištění konektivity.

Cílem projektu je definovat potřeby jednotlivých případů užití z pohledu konektivity, vybrat a implementovat konektivitu s požadovanými parametry.

5.3 Digitalizace podniku s 5G jako inovační projekt

Jednotlivé aktivity, které vedou k potřebným výsledkům v rámci digitalizace firmy, jsou de facto případem užití, tedy úkolem, který je k dosažení výsledku potřeba realizovat. Tyto aktivity/případy užití mají obvykle charakter inovačního projektu.

Naplnují definici inovace:

„Inovace je nový nebo vylepšený produkt nebo proces (nebo jejich kombinace), který se výrazně liší od předchozích produktů nebo procesů a který byl zpřístupněn potenciálním uživatelům (produkt) nebo uveden do používání (proces).“²⁴

A současně jde obvykle o aktivitu, která vyžaduje projektový přístup, z důvodu její komplexity, nákladnosti a zásahu napříč různými firemními funkcemi. Pokud má být inovační projekt úspěšný, je potřeba ho realizovat v souladu s principy a osvědčenými postupy. Ty jsou obdobné pro inovace bez ohledu na jejich předmět, tedy ať už jde o vývoj nových produktů, služeb nebo procesů.

„Discovery driven“ vs. „technology first“.

V souvislosti s 5G technologiemi a jejich využitím pro digitalizaci je často mnoho prostoru věnováno vyzdvihování jejich vlastností. Nízká latence, vysoká spolehlivost, vysoké přenosové rychlosti... Ano, tyto vlastnosti mohou 5G zdobit. Ale žádná firma neinvestuje mnoho milionů Kč do technologie, jen proto že má určitou vlastnost. Praxe jasně ukazuje, že firmy stále tápou v tom, proč by si měly 5G technologii pořizovat. A tomu odpovídá i dosavadní nízká úroveň jejich rozšíření. Přístup „technology first“ je jedním z důvodů.

„Discovery driven“ přístup k inovacím znamená v principu to, že musíme nejdříve identifikovat vhodný problém, respektive potřebu, a poté teprve navrhnout vhodné řešení této potřeby.

V bližším pohledu vypadá Discovery proces takto:

1. Vymezení oblasti, kterou se budeme zabývat

V našem případě může být tato oblast vymezena v rámci OKR (viz výše). Tedy například v rámci budování Chytré farmy chceme řešit aktivitu/případ užití „Monitorování zemědělských plodin a půdy“.

2. Určení a charakteristika zákaznických segmentů

Musíme definovat, kdo je naším zákazníkem a kdo je potenciálním uživatelem našeho řešení.

²⁴ OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg.

Poznámka: Zákazník vs. uživatel vs. sponzor - Je důležité chápat rozdíl mezi zákazníkem (nebo také kupujícím), uživatelem a sponzorem. Tento rozdíl je definovaný např. v ITIL rámci. Zákazník je tím, kdo definuje požadavky na produkt, určuje parametry, na základě kterých se rozhoduje o koupi. Uživatel produkt skutečně užívá. Sponzor je tím, kdo financuje koupi produktu, rozhoduje o využití rozpočtu.

Je vhodné zákazníka a uživatele charakterizovat, například s využitím zákaznické osoby. Protože jen pokud identifikujeme našeho zákazníka/uživatele, můžeme nalézt jeho problémy a následně také jejich řešení.

3. Nalezení vhodné potřeby

Nalezení správné potřeby našeho cílového segmentu, kterou bude naše řešení uspokojovat, je klíčovým bodem inovačního procesu. Až příliš často se stává, že firmy přijdou s úžasným řešením, s promyšleným designem, založeným na pokročilé technologii – a pak zoufale hledají důvody, proč po něm není poptávka. Jinými slovy zoufale hledají problém, na který by pasovalo jejich řešení. Vhodnou potřebou je přitom taková potřeba, která významná pro zákazníka a zároveň není dostatečně dobře uspokojena stávajícím řešením.

Pro nalezení problému, respektive vhodné potřeby, je možné s úspěchem použít framework JTBD (Jobs To Be Done). S touto metodikou můžeme zmapovat úkoly, které náš cílový uživatel potřebuje realizovat, rozložit je do jednotlivých kroků a rozdělit na dílčí mikro-úkoly. Následně zjistíme, jakým způsobem potřebuje tyto úkoly realizovat. A to nám pomůže nalézt úkoly, pro jejichž splnění aktuálně není dobré řešení, případně jsme schopni přinést řešení lepší.²⁵

4. Návrh řešení

Návrh nového řešení je do značné míry kreativní proces, právě kvůli aspektu novosti. Jedním z osvědčených přístupů k návrhu nových řešení je využít Design Thinking. Design Thinking je uživatelsky orientovaná metodologie pro řešení složitých problémů a inovací, která kombinuje empatii pro kontext problému, kreativitu při generování nápadů a racionalitu při jejich realizaci.

V případě digitalizace podniku není typicky účelem vyvíjet zcela nové produkty či software. Na druhou stranu má každý podnik své vlastní procesy, které jsou do jisté míry jedinečné. Při jejich digitalizaci bude proto na jednu stranu účelné využít existující aplikace/softwareová řešení, na druhou stranu bude s velkou pravděpodobností potřebná jejich úprava pro konkrétní procesy, včetně nalezení vhodné kombinace SW a HW komponent.

5. Validace řešení

Také v případě digitalizace podniků lze využít osvědčeného agilního přístupu k vývoji, tak jak je široce aplikován ve vývoji produktů a software. Podstatou agilního přístupu je kromě orientace na zákazníka také iterativní vývoj. Místo snahy vyvinout najednou finální produkt je uplatněn přístup MVP (minimum viable product) a postupný další vývoj funkcionalit. Díky tomu je možné zohlednit zpětnou vazbu uživatelů při validaci řešení.

V případě digitalizace podniků je logickým postupem použít pro validaci řešení „proof of concept“, tedy rozsahem a časem omezený provoz našeho řešení (v rozsahu MVP) v reálných podmínkách. Validace je posledním krokem Discovery procesu. V případě, že proběhne s pozitivním výsledkem, znamená to, že jsme „objevili“ vhodné řešení správné potřeby. A můžeme se pustit do fáze implementace. V opačném případě se musíme vrátit na začátek procesu a hledat jiné řešení, nebo dokonce zvolit jiný úkol/potřebu.

Delivery proces pak zahrnuje následující kroky:

6. Vývoj finálního řešení

V dosavadním průběhu jsme vyvíjeli a validovali řešení na úrovni MVP. MVP může být postavené na podstatně odlišných technologiích a infrastruktuře než řešení finální. V jiných případech jde spíše o doplnění potřebných dalších funkcionalit.

7. Deployment a Release management

Vyvinuté řešení je potřebné vhodným způsobem přesunout na produkční prostředí (deployment) a zpřístupnit uživatelům (release management).

8. Go-To-Market

Posledním krokem inovačního procesu uvedení řešení na trh. V případě digitalizace podniků půjde většinou o interní procesy a tedy i interní zákazníky. Spuštění se ovšem může dotknout i externích partnerů. V každém případě je nutné i v tomto případě

²⁵ Kalbach, J. (2020, April 7). *The Jobs To Be Done Playbook*. Rosenfeld Media.

realizovat potřebné aktivity spojené s komunikací, školením pracovníků a podporou uživatelů. Dobře zajištěný proces onboardingu uživatelů může do značné míry ovlivnit, s jakým úspěchem je nové řešení přijato.

Výše uvedený inovační proces zahrnující fázi Discovery a fázi Delivery je vhodné použít pro realizaci jednotlivých aktivit/případů užití.

Datová konektivita pro projekty digitalizace.

V rámci inovačních projektů spojených s digitalizací firmy bude hrát zajištění konektivity vždy podstatnou roli. Není možné apriori definovat konkrétní hodnoty parametrů konektivity, které jednotlivé případy užití vyžadují. To se totiž může podstatně lišit v závislosti na konkrétních podmínkách, požadavcích na kritičnost i použité technologii. Příklad konkrétního požadavku je v případové studii AYES, kde jde ovšem již o konkrétní technologické řešení. Je ovšem možné určit, jaké parametry by měla firma řešící digitalizaci vyžadující konektivitu pro jednotlivé případy užití definovat. Požadavky na konektivitu pro jednotlivé případy užití, které je potřeba definovat:

Úroveň služby - SLI (Service Level Indicators)

- úroveň dostupnosti (např. 99,99%)
- maximální latence
- stabilita (jitter)
- celková kapacita
- úroveň downlink a uplink na uživatele
- počet současných připojení atd.

Typy plánovaných služeb

- datové služby a jejich typy, videopřenosy, IoT
- hlasové služby a jejich typ – napojení na VTS, skupinová komunikace atd.
- lokalizační služby – požadovaná přesnost
- plánovaná aplikační řešení, požadavek na QoS pro různé aplikace

Bezpečnost

- požadavky na kyberbezpečnost
- lokální zpracování dat

Rozsah pokrytí

- indoor
- outdoor

Technologie

- geopolitické požadavky
- možnost využití open-source

Způsob podpory a dohledu sítě

- Definice time to fix pro různé úrovně incidentů
- Zajištění správy a dohledu jako služba dodavatele
- Zajištění definovaných činností vlastními silami

Na základě definice požadavků pro jednotlivé případy užití je možné udělat analýzu, která doporučí vhodný typ konektivity. Tou může být v závislosti na požadavcích konkrétních případů užití privátní 5G, veřejná 5G síť s využitím network slicing, nebo také WiFi síť.

6 Podpora digitalizace s využitím 5G

6.1 Překážky širšího využití 5G při digitalizaci podniků a možnosti jejich eliminace

Jak bylo uvedeno výše a doloženo mimo jiné množstvím realizovaných privátních 5G sítí, digitalizace s využitím 5G technologie postupuje pomaleji, než jak by bylo žádoucí pro modernizaci průmyslu směrem k Průmyslu 4.0. To samé platí o dalších vertikálách jako zdravotnictví či zemědělství.

Podívejme se nyní blíže na důvody této situace v podobě překážek, které rychlejší digitalizaci s využitím 5G brání. A současně na možnosti odstranění těchto překážek. Vycházíme při tom jak z analýzy (v případě regulačního prostředí), tak z hloubkových rozhovorů se zainteresovanými stranami celého ekosystému, včetně výrobců, dodavatelů, systémových integrátorů a potenciálních zákazníků.

6.1.1 Překážky na straně regulačního prostředí

Jak bylo uvedeno výše v kapitole analyzující a hodnotící regulační prostředí v České republice, je na jedné straně potenciálně dostupné spektrum pro realizaci privátních 5G sítí, na druhé straně je toto spektrum pro zájemce z řad podniků spojené s několika nepříliš příjemnými omezeními, kterými jsou:

- Omezenost na Průmysl 4.0
- Jen komunikace mezi stroji
- Spektrum není dedikované pro privátní sítě, problémy tak mohou nastat zejména ve městech.

V detailu jsou tato omezení popsána ve výše uvedené kapitole. V každém případě mohou být odrazující pro potenciální zájemce z řad podniků. Ty se mohou zaměřit na jiná řešení, nebo se obrátit výhradně na mobilní operátory. Což ovšem vede zase k dalším omezením vzhledem k oligopolnímu charakteru nabídky s dopadem na omezené technologické a nákladové varianty.

6.1.2 Možnosti řešení

Stávající C-band spektrum 3400-3800 MHz:

Není možné retroaktivně měnit možnosti a podmínky využití tohoto spektra. Přesto existuje možnost, jak využití spektra pro privátní sítě podpořit – a to tím, že by byl k dispozici jasný výklad podmínek využití spektra. Řadu podmínek je možné vykládat různými způsoby. Například technologie průmyslu 4.0 jsou dle některých studií využívána i v jiných oblastech, například ve zdravotnictví, zemědělství atd. Také z logiky věci by měla být podpořena veškerá neveřejná komunikace, nedává smysl vylučovat některé případy užití nepochybně patřící do Průmyslu 4.0, jako například „připojený pracovník/ connected worker“.

Pokud by byl k dispozici výklad podmínek ze strany obecně uznávané autority podporující liberální přístup, může přispět k rychlejší a efektivnější digitalizaci podniků s využitím 5G.

Nové spektrum pro privátní sítě:

V rámci budoucích jednání o podmínkách pro další frekvenční bloky, zejména 3.8 – 4.2 GHz, bude vhodné zohlednit situaci a omezení v pásmu 3.4-3.8 GHz a inspirovat se řešením přijatým v Německu. To znamená:

- vyčlenit 100 MHz pásmo pro využití pro digitalizaci podniků,
- napříč vertikálami, nikoli jen pro Průmysl 4.0,
- umožnit realizovat všechny případy užití, nikoli je neadekvátně omezovat.

Pásmo 3.8 – 4.2 GHz je vhodné pro privátní sítě z pohledu technologického, protože jde stále o dobrou kombinaci vysoké kapacity a přijatelné dostupnosti. Současně jde o spektrum, pro které už nyní existuje 5G ekosystém, a to včetně evropských výrobců 5G technologií.

Další možností je pásmo 26 GHz. Jeho výhodou je skutečně velká šířka, díky které by měl být dostatek spektra pro lokální využití. Na druhou stranu vzhledem ke specifickým fyzikálním vlastnostem bude toto spektrum vždy vhodné jen pro určitou část případů užití a není ho tedy možné brát jako přímou náhradu C-bandu.

Nelicencované spektrum:

Nelicencované spektrum může být dobrým řešením pro některé typy případů užití. V případě, že bude možné využít 5G technologii i bez omezujících podmínek typu „listen before talk“ například v části 6 GHz spektra, bylo by možné 5G na nelicencovaném pásmu použít i na poměrně kritické aplikace.

6.1.3 Překážky na straně nákladů

V kapitole řešící komerční a nákladové aspekty privátních 5G sítí byla rozebrána nákladová struktura privátních sítí. S tím, že podstatný vliv má definice požadavků na parametry sítě. Náklady privátní 5G sítě se tedy mohou v poměrně širokém rozpětí.

Je tedy možné tvrdit, že náklady patří mezi překážky rychlejší digitalizace podniků s využitím 5G?

Ano, je to možné na základě srovnání s cenou alternativního řešení a rozhovorů s potenciálními zákazníky. Přestože může být zavádějící uvádět konkrétní náklad privátní 5G sítě, rámcově se 5Y TCO bude pro menší logistický či výrobní areál pohybovat mezi 5 až 10 miliony Kč. A to je signifikantní rozdíl například oproti řešení v podobě managed WiFi.

Tento rozdíl by bylo nutné vyvážit přínosy na straně případů užití. To není jednoduché v situaci, kdy řada případů užití může stále fungovat i s využitím WiFi. Příkladem může být provoz AGV (viz případová studie), nebo AR, kdy je stále problematická dostupnost vhodných AR brýlí s nativní podporou 5G (viz případová studie).

Možnosti řešení

Pestrý ekosystému poskytovatelů služeb

Pokud bude nabídka (privátních) 5G řešení fakticky omezena na oligopol mobilních operátorů zejména s ohledem na výše uvedená regulační omezení, je jisté, že náklady budou vždy vysoké. Svědčí o tom nejen ekonomická teorie, ale také dlouholetá praxe. Pouze konkurenční prostředí, ve kterém bude moci působit řada různých poskytovatelů služeb, přinese na trh řadu různých řešení v odlišných úrovních, ze kterých si budou moci vybrat firmy všech velikostí, které usilují o efektivní digitalizaci. Klíčové je v tomto směru regulační prostředí.

Výzkum a vývoj 5G technologií, zejména open-source SW

Příklady ze zahraničí ukazují, že výzkumné organizace a podniky se mohou efektivně zabývat přímo vývojem 5G technologií, zejména open-source. Ve Francii jsou toho příkladem aktivity Eurecomu a Open AirInterface Software Alliance, v Německu pak Fraunhofer institutu.

V oblasti enterprise infrastruktury se stalo etalonem open-source řešení Kubernetes, na kterém jsou postavené ty nejkompaktnější služby globálních korporací. Open-source K8s používá například Google, Microsoft, Amazon či SAP. Není důvod, proč by 5G technologie postavené na open-source řešení nemohly být v budoucnu využité pro projekty různých velikostí.

6.1.4 Překážky na straně know-how

Nedostatek potřebného know-how je skutečně významnou překážkou pro rychlejší adopci 5G technologií pro digitalizaci podniků. Tato překážka se projevuje několika způsoby:

Pochopení schopností 5G: Často existuje mezera v chápání toho, čeho je technologie 5G schopna a jak ji lze využít ke zlepšení business procesů. Bez hlubokých znalostí těchto schopností mohou podniky mít problém vidět praktické výhody využití 5G, což vede k váhání při jeho implementaci.

Inovace procesů a vývoj aplikací: Vývoj nových řešení využívajících technologii 5G vyžaduje specifické odborné znalosti, které mnoho podniků nemusí mít interně. To omezuje potenciál pro inovace a řešení na míru, která mohou výrazně těžit z možností 5G.

Možnosti řešení

- Vzdělávací a školicí programy.
- Vládní a průmyslová partnerství (včetně oborových sdružení a organizací).
- Demonstrační projekty: pilotní projekty, které demonstrují hmatatelné výhody 5G v různých odvětvích. Úspěšné příběhy z těchto projektů mohou sloužit jako praktické příklady a příležitosti k učení pro další podniky zvažující přijetí 5G.
- Konzultační a poradenské služby.
- Podpora účasti na veletrzích a dalších odborných akcích.

6.1.5 Překážky na straně 5G ekosystému

Podobně jako při nástupu předchozích generací, také v případě 5G vzniká ekosystém technologií a zařízení jako postupný proces. Faktem ovšem je, že i v současnosti představuje ekosystém překážku, která ovlivňuje postup digitalizace, a to ve dvou rovinách:

- dostupnost koncových zařízení
- dostupnost síťových technologií a jejich funkcí.

Koncová zařízení s podporou 5G jsou obecně poměrně nákladná, ve srovnání s obdobnými zařízeními s podporou WiFi nebo předchozích generací mobilních služeb. Zatímco v případě zařízení jako průmyslový router nemusí hrát cenový rozdíl zásadní roli v rozhodování firmy, u zařízení typu IoT je to podstatný problém.

Koncová zařízení s podporou 5G mají úzké portfolio na výběr, případně nejsou dostupná vůbec. Problém omezeného výběru se týká zařízení jako kamery či průmyslové čtečky. V případě AR brýlí může být situace ještě složitější, kdy nejsou k dispozici žádné s požadovanou funkcionalitou v kombinaci s podporou 5G a je nutné hledat workaround (viz případová studie AYES).

V případě síťových technologií je problémem nedostupnost některých funkcí, které jsou pro ekosystém 5G řešení důležité. Část z těchto funkcionalit již prošla standardizačním procesem, ale přesto je jejich reálná nabídka v podobě dostupných technologií omezená. To se týká například lokalizačních služeb nebo URLLC řešení. Značným problémem pro rozvoj IoT případů užití je omezená dostupnost řešení založených na technologii RedCap. Pro další případy užití je potom nevýhodou dosavadní absence funkcionality network slicing.

Možnosti řešení

5G ekosystém je globální záležitostí a jeho rozvoj v rámci lokálních aktivit není jednoduchý úkol. Určité možnosti ovšem existují, například:

- Vývoj speciálních zařízení lokálními technologickými firmami pro potřeby konkrétních případů užití. Příkladem může být lokalizační 5G sonda s vysokou odolností vyvíjená ve spolupráci CIIRC a T-Mobile.
- Vývoj speciálních zařízení podle požadavků českých firem ve spolupráci se zahraničními výrobci – pro tento účel je možné využít program TAČR DELTA2 a spolupráci například s korejskými dodavateli.

6.2 Důvody a způsoby podpory digitalizace s využitím 5G

Existuje několik dobrých důvodů, proč je na místě podporovat digitalizaci podniků s využitím 5G technologií a napomoci tak tomu, aby progres v této oblasti byl rychlejší než dosud.

Mezi tyto důvody patří:

- **Konkurenceschopnost:** Podniky, které využívají technologii 5G, mohou získat významnou konkurenční výhodu. Zejména díky zvýšení provozní efektivity: vlastnosti 5G podporují nasazení pokročilých aplikací, jak je patrné z výše uvedeného přehledu případů užití. To pomůže firmám v rámci procesu jejich digitální transformace.
- **Ekonomický růst:** Podpora zavádění 5G pomáhá nejen podnikům, ale zprostředkovaně také celé ekonomice a jejímu růstu. Tím, že 5G může usnadnit vytváření chytrých továren, chytrých měst nebo digitálních zdravotnických služeb, což jsou odvětví, která nejen zvyšují produktivitu, ale také vytvářejí nová pracovní místa.
- **Udržitelnost:** 5G může podporovat udržitelnost životního prostředí prostřednictvím zvýšené účinnosti technologií, jako jsou chytré sítě a připojené senzory pro monitorování a snižování spotřeby energie.

Způsoby, jak podpořit digitalizaci pomocí 5G:

1. Další zlepšení regulačního prostředí pro podnikové privátní 5G sítě

Stávající regulační podmínky umožňují vznik privátních 5G sítí, ovšem s řadou omezení (jak je popsáno podrobně výše v kapitole analyzující regulační prostředí v ČR). Vhodným způsobem podpory je tedy zahrnout potřebu spektra pro privátní 5G sítě bez stávajících omezení jako vstup do dalších diskusí a analýz ohledně využití dalších částí spektra, zejména 3,8 – 4,2 GHz.

Další jistě přínosnou aktivitou by bylo zpracování studie, která by detailně objasnila možnosti a podmínky využití privátních 5G sítí v nelicencovaných pásmech. To by bylo jasným vodítkem pro potenciální uživatele z řad podniků a také poskytovatele těchto řešení. A v neposlední řadě také připravit výklad stávající regulační situace ohledně spektra 3,4 – 3,8 GHz, ze kterého by bylo všem potenciálním zájemcům zřejmé, v jakých vertikálách a jaké případy užití mohou v rámci daného spektra a regulačních podmínek realizovat.

2. Finanční pobídky

V současnosti existují programy, které umožňují získat dotaci na výzkum a vývoj i implementaci řešení zahrnující 5G technologie (jak je popsáno v kapitole o podpůrných programech). Bylo by vhodné pokračovat v realizaci programů zaměřených specificky na výzkum, vývoj a implementaci 5G technologií a řešení zahrnující 5G technologie. V případě, kdy se jedná o obecné programy, je velmi obtížné získat dotaci na výzkum a vývoj. Například v rámci programů TAČR je míra úspěšnosti několik procent, což může být pro řadu zájemců odrazující.

Dále by bylo vhodné najít možnosti podpory pro:

- Mezinárodní spolupráce. Ta je vždy velmi inspirativní a přínosná. (V omezené míře je podporováno v rámci programů TAČR, ale jen s vybranými zeměmi/partnery).
- Vývoj a implementace open-source řešení. Tato řešení jsou pro svoji otevřenost vždy zdrojem inovací a navíc velmi vhodná i pro využití v rámci vzdělávání.

3. Vzdělávání a školení

Nedostatek know-how byl identifikován jako jedna z překážek rychlejšího postupu digitalizace s využitím 5G. Bylo by proto vhodné podpořit vznik cílených vzdělávacích programů a školení pro podniky s cílem zvýšit jejich know-how při používání technologie 5G. Součástí vzdělávacích programů mohou být demonstrace v rámci testbedů, nebo již realizovaných projektů. Aktivitami v těchto oblastech může Ministerstvo průmyslu a další zainteresované strany výrazně zvýšit rychlost a efektivitu nasazení 5G pro digitalizaci podnikání v České republice.

7 Přílohy

Příloha 1 - Přehled vybraných projektů “5G pro chytré komunity”²⁶

Obrázek 11: Projekt 5GAGRIHUB. Zdroj: 5G for Smart Communities, 2022.

5GAGRIHUB: 5G MPN AgriTech HUB (Hungary)

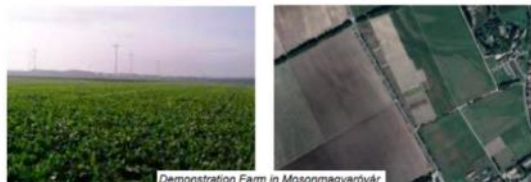


Vodafone (HU) together with a SGI provider will establish a 5G Mobile Private Network (MPN) Hub at a Demonstration farm in Mosonmagyaróvár, to enable end-to-end solutions in agriculture




3 use cases enabled:

- ✓ Row crop cultivator in field crop production
- ✓ Machine-to-machine connection in field crop production
- ✓ Weed monitoring and spraying plan with machine-to-machine connection in field crop production



²⁶ 5G for Smart Communities: first wave of projects selected for co-funding 5G connectivity infrastructures. (2022, December 20). Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/5g-smart-communities-first-wave-projects-selected-co-funding-5g-connectivity-infrastructures>

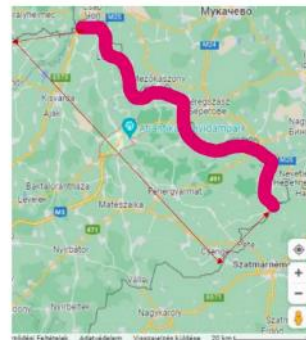
5G based Public Protection and Disaster Relief broadband - PPDR 5G services on the Hungarian-Ukrainian border (Hungary)

 The Pro-M Professional Mobilradio Private Company Ltd., a special Public Protection and Disaster Relief (PPDR) telecommunications service provider, in cooperation with 4 socio-economic drivers (National Ambulance Service, National Police Headquarters, Hungarian Defence Forces Command) and the public IdomSoft Zrt (Ltd), key player in the development of electronic public services and systems will implement a 5G-based disaster-resilient mobile network along the 136.7 km Hungarian-Ukrainian border



At least 15 use cases with primary areas of use:

- ✓ health services,
- ✓ law enforcement and
- ✓ border protection



Obrázek 12: Projekt 5G4ASSAC. Zdroj: 5G for Smart Communities, 2022

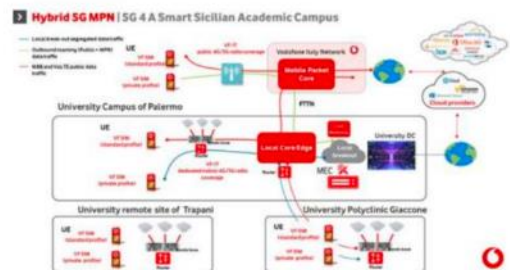
5G4ASSAC: 5G for a Smart Sicilian Academic Campus (Italy)

 Vodafone (IT) together with UNIPA, University of Palermo (SGI provider) will implement a 5G Private Mobile Network (MPN) in the cities of Palermo and Trapani



2 use cases enabled:

- ✓ new functional approaches to education training in universities and hospitals
- ✓ creation of a continuous care system



Příloha 2 - Privátní 5G síť v EU

Seznam privátních 5G sítí v tabulce níže je založen na průzkumu veřejně dostupných informací. Sestavila ho iniciativa European 5G Observatory. Není to vyčerpávající seznam.²⁷

Tabulka 5: Seznam privátních 5G sítí

Rok	Země	Firma/Entita	Operátor	Dodavatel 5G technologie
2018	Germany	Port of Hamburg	Deutsche Telekom	Nokia
2018	Netherlands	Port of Rotterdam - Shell, ABB and ExRobotics	KPN	Huawei
2019	France	TransDev (mobility)		Ericsson
2019	Germany	German electric microcar company e.GO Mobile AG (Aachen complex)	Vodafone	Ericsson
2019	Germany	Siemens		Qualcomm (5G test network)
2019	Spain	FC Barcelona Stadium	Telefonica	Huawei
2020	Austria	Automotive manufacturer Magna Steyr	A1 Austria	Nokia
2020	Austria	5G playground Carinthia	A1 Austria	Nokia
2020	Austria	Vienna airport	A1 Austria	Nokia
2020	Austria	Siemens renewable energy microgrid	A1 Austria	Nokia
2020	Belgium	Port of Antwerp	Proximus	
2020	Belgium	Port of Zeebrugge		Nokia and Citymesh
2020	Belgium	Brussels Airport		Nokia and Citymesh
2020	Finland	Fortum Power and Heat (State owned energy company)		EDZCOM
2020	Finland	Qualcomm, UROS	Elisa	
2020	Finland	Sandvik mining		Nokia
2020	France	Schnieder Electric	Orange	
2020	France	Lacroix	Orange	Ericsson
2020	France	ADP Group (Hub One) Air France		Ericsson
2020	France	EDF		Thales and Ericsson
2020	Germany	BMW Group Leipzig plant.	T-Mobile	Ericsson
2020	Germany	Bosch		Ericsson
2020	Germany	Centre Connected Industry (CCI)	Deutsche Telekom	Ericsson
2020	Germany	Lufthansa, airline's aircraft hangar in Hamburg airport	Vodafone	Nokia
2020	Germany	Mercedes-Benz, Sindelfingen plant	Telefonica	Ericsson
2020	Germany	Rohde & Schwarz		Nokia
2020	Germany	Volkswagen		
2020	Poland	PGE Systemy		Nokia
2020	Slovakia	CEIT (R&D centre)130	Slovak Telecom	Ericsson
2020	Slovenia	5G connected factory – Iskratel production plant in Kranj	Telekom Slovenia	Iskratel
2020	Spain	BASF	Masmovil	Cellnex, Nokia, Lenovo
2020	Sweden	Atlas Copco	Telenor	Ericsson, Fujitsu
2020	Sweden	Saab		Nokia, Vinnergi
2021	Czech Republic	5G Campus network University of Ostrava	T-Mobile	Ericsson
2021	Czech Republic	5G network Czech Institute of Informatics, Robotics and Cybernetics (CIIRC CVUT)	T-Mobile	Ericsson
2021	Denmark	Grundfos (pump manufacturer).	TDC NET	Ericsson
2021	Denmark	Maersk Port of Aarhus	Three	
2021	Estonia	Thinnect OÜ		Nokia
2021	Finland	KymiRing motor		Nokia, EDZCOM (Cellnex)
2021	Finland	Konecranes		Nokia and Edzcom
2021	Finland	Steveco shipping terminals in Kotka		Edzcom and Athonet
2021	Finland	Agnico Eagle Finland Oy Kittilä mine		Nokia, Digita
2021	France	Private 5G connectivity to enterprise networks in the PB5 La Défense building in Paris		Colt Technology Services, Icade, ADVA, Ai
2021	Germany	Deutsche Messe	Deutsche Telekom	Siemens

²⁷ 5G Private networks – 5G Observatory. (n.d.). <https://5gobservatory.eu/5g-private-networks/>

2021	Germany	Porsche		Ericsson
2021	Greece	Calpak (solar thermal manufacturer)	COSMOTE	Ericsson
2021	Hungary	Foxconn Komarom factory	Vodafone	Ericsson
2021	Hungary	East-West Gate Intermodal Terminal (EWG)	Vodafone	Huawei
2021	Ireland	Irish Manufacturing Research	Vodafone	Ericsson
2021	Italy	Exor International	TIM	Athonet
2021	Poland	Orange Polska Campus	Orange Polska	Ericsson
2021	Poland	Nokia factory in Bydgoszcz	Orange Polska	Nokia
2021	Sweden	Skogforsk	Telia	Ericsson, Volvo, SCA and Biometria
2022	Croatia	5G private network solutions	Croatian Telecom	FER
2022	Croatia	AD Plastik		Nokia and OIV Digital Signals and Network
2022	Czech Republic	5G StandAlone network at Skoda factory	Vodafone	Nokia
2022	Finland	City of Tampere (Smart City)		Edzcom and Signify
2022	France	5G trials at Marseille's Stade Vélodrome	Orange	
2022	France	5G trial at port in France		Blu Wireless
2022	France	Paris metro / Société du Grand Paris (SGP)		Nokia
2022	Germany	Frankfurt Airport (FRAPORT)		NTT
2022	Germany	Umlaut test network		Aispan Network and Druid Software
2022	Germany	Segula Technologies		Cellenex Telecom
2022	Latvia	Latvia Ministry of Defence	LMT	Ericsson / Nokia
2022	Poland	Industry 4.0 network in Krakow	Deutsche Telekom	IS-Wireless
2022	Sweden	X Shore	Tele2	
2023	Belgium	Port of Antwerp		Citymesh
2023	Belgium	Nationwide Emergency drone network	Citymesh	Nokia
2023	Belgium	CONNECTNOW (City of Wavre)	Citymesh	
2023	Croatia	Klimaoprema (AC equipment manufacturer)	OIV	
2023	Croatia	Zagreb Faculty of Mechanical Engineering and Shipbuilding (FSB)	Hrvatski Telekom	
2023	Czech Republic	5G StandAlone network at Toyota factory	T-Mobile	ServisControl
2023	Czech Republic	Continental (automotive supplier)	T-Mobile	
2023	Estonia	Ericsson Supply Site	Telia	Ericsson
2023	France	Europe's largest private industrial 5G network at its Alcatel Submarine Networks	Illiad	Nokia
2023	France	ArcelorMittal France		Ericsson
2023	France	Toulouse Métropole		Nokia
2023	France	Orange (Arcueil facility)	Orange	Ericsson, Nokia and Oracle
2023	Germany	Bayer	Vodafone	
2023	Germany	Arburg (machine manufacturer)	Deutsche Telekom	
2023	Germany	EUROGATE	Deutsche Telekom	Nokia
2023	Germany	CampusDynA (Industry consortium)		IS - Wireless
2023	Germany	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen University	NTT	Cisco
2023	Greece	Onex (shipbuilder)		Cisco
2023	Ireland	ESB Networks (Utility)	ESB Networks / Sigma Wireless	
2023	Italy	University of Palermo	Vodafone	
2023	Italy	Porsche	Vodafone Business	
2023	Italy	Solvay	Vodafone	Nokia
2023	Portugal	NOS 5G Hub	NOS	
2023	Spain	Adif Alta Velocidad (Adif AV)		Cellnex, Nokia
2023	Spain	Aena - San Sebastian Airport	Aena	Cellnex, Nokia
2023	Spain	Port of Barcelona	Orange	Ericsson, Nokia and Oracle
2023	Spain	Spanish Ministry of Defence	Telefonica	
2023	Sweden	Fiskarheden Sawmill		Radtonics, Aispan

Příloha 3 - Projekty podpořené v programu TREND v oblasti 5G technologií

7. veřejná soutěž²⁸

Tabulka 6: 7. veřejná soutěž

POŘADÍ	KÓD PROJEKTU	NÁZEV PROJEKTU	HLAVNÍ UCHAZEČ	DALŠÍ ÚČASTNÍCI
1	FW07010035	Multikanálové propojení fotonických čipů pro vysokorychlostní optické sítě 5G+	SQS Vláknová optika a.s.	České vysoké učení technické v Praze
2	FW07010026	Komunikační optický modul pro mikrovlnné systémy	RFspin s. r. o.	České vysoké učení technické v Praze
3	FW07010004	Využití předností sítí páté generace pro monitorování, optimalizaci a zefektivnění výrobního procesu v chytrých továrnách	EASYCON Solution s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně
4	FW07010020	5G Platforma pro precizní zemědělství	ORBIT MERRET, spol. s r.o.	Česká zemědělská univerzita v Praze, JUMP-TECH s.r.o., T-Mobile Czech Republic a.s.
5	FW07010040	Univerzální teleoperační systém pro vzdálené řízení a dozor strojů pomocí 5G sítě.	Roboauto s.r.o.	T-Mobile Czech Republic a.s., Vysoké učení technické v Brně

POŘADÍ	KÓD PROJEKTU	NÁZEV PROJEKTU	HLAVNÍ UCHAZEČ	DALŠÍ ÚČASTNÍCI
6	FW07010048	Telematická jednotka elektro busu s integrovaným digitálním dvojčtem, predikcí poruch a životnosti vybraných mechanických komponent s využitím sítě 5G	TechSim Engineering s.r.o.	Západočeská univerzita v Plzni
7	FW07010019	Výzkum a vývoj sdílených služeb monitorování obráběcích strojů s využitím 5G sítě	4dot Mechatronic Systems s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně
8	FW07010052	EMIR - Vestavěná inteligence s podporou 5G pro autonomii robotů a aplikace pro monitorování chytrých měst	COGNITECHNA s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně
9	FW07010015	Monitorování kvality vnitřního prostředí budov pomocí senzorů pachu a umělé inteligence	UTILCELL, s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně
10	FW07010027	Vývoj testovacího systému pro sítě 5G+ s podporou multi-gigabitových propustností a milimetrových vln	PROFiber Networking CZ s.r.o.	Česká zemědělská univerzita v Praze

²⁸ Sedmá veřejná soutěž - Technologická agentura ČR. (2023, January 18). Technologická Agentura ČR. <https://www.tacr.cz/soutez/program-trend/sedma-verejna-soutez/>

8. veřejná soutěž²⁹

Tabulka 7: 8. veřejná soutěž

POŘADÍ PROJEKTU	ČÍSLO PROJEKTU	NÁZEV PROJEKTU	HLAVNÍ UCHAZEČ	DALŠÍ ÚČASTNÍCI
1	FW08010063	Vývoj měřicího systému pro hodnocení kvality hlasové služby poskytované sítěmi 5G+	PROFiber Networking CZ s.r.o.	CETIN a.s.; České vysoké učení technické v Praze
2	FW08010050	Optoelektronický a komunikační systém pro robotický průzkum	LTR s.r.o.	GK SERVIS, spol. s r. o.; T-Mobile Czech Republic a.s.; Vysoké učení technické v Brně
3	FW08010065	Optimalizace privátní 5G sítě pro robotizaci a automatizaci logistických provozů pomocí výzkumu a vývoje lokalizačních služeb a dynamického řízení kvality.	Thein Digital s.r.o.	
4	FW08010048	Vizuální komunikace a navigace v reálném čase pro složky integrovaného záchranného systému pomocí rozšířené reality a 5G konektivity	GINA Software s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně
5	FW08010017	RoSuM - Lokalizace vodorovného a svislého dopravního značení, kontrola kvality a pravidelná pasportizace s podporou 5G	COGNITECHNA s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně
6	FW08010072	Vagónová 5G komunikační jednotka	LEVEL, s.r.o.	
7	FW08010076	Robotický vozík cihel	KM Robotics s.r.o.	České vysoké učení technické v Praze
8	FW08010039	Využití 5G v senzorických dopravních sítích pro v2x	VDT Technology a.s.	Technische Hochschule Ingolstadt; České vysoké učení technické v Praze
9	FW08010025	Vývoj telemedicínské platformy pro rozvoj kognitivních funkcí	MEDDI hub a.s.	Ostravská univerzita
10	FW08010022	DynaCount	INTENS Corporation s.r.o.	Vysoké učení technické v Brně; O2 Czech Republic a.s.
11	FW08010042	Muzeum v XR s využitím 5G	BeePartner a.s.	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava; T-Mobile Czech Republic a.s.; RESTORE fx s.r.o.
12	FW08010029	Monitorování bakteriofágové terapie pomocí zobrazovacích metod nukleární medicíny	FAGOFARMA s.r.o.	Univerzita Palackého v Olomouci
13	FW08010067	MCX 5G terminál pro kritickou komunikaci ve složkách IZS a v dopravě	TTC MARCONI s. r. o.	T-Mobile Czech Republic a.s.; České vysoké učení technické v Praze
14	FW08010018	RoQuiEm - Monitorování kvality silnic založené na vestavěné inteligenci s podporou 5G	COGNITECHNA s.r.o.	CAMEA, spol. s r.o.; Vysoké učení technické v Brně

²⁹ Osmá veřejná soutěž - Technologická agentura ČR. (2023, July 27). Technologická Agentura ČR. <https://www.tacr.cz/soutez/program-trend/osma-verejna-soutez/>

Příloha 4 – Případová studie: BringAuto autonomní robotické vozidlo

Základní informace o poskytovateli řešení

Tato případová studie popisuje produkt společnosti BringAuto s.r.o. v podobě autonomního víceúčelového vozidla.

Společnost BringAuto je český technologický startup z Brna. Není proto překvapivé, že jejich vozidlo bylo možné vidět také na Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně. Společnost BringAuto o sobě říká:

„Máme rádi, když věci fungují automaticky. Nebo možná ještě přesněji roboticky. Díky našim vozidlům si už brzy nechte doručit zásilku až ke dveřím a neztratíte při tom ani minutu času. Chcete se osvěžit v parku nebo pohlídat továrnu? Žádný problém. Naši vizí je přenechat opakující se činnosti robotům a využít lidský potenciál efektivněji.“

BringAuto nabízí své autonomní vozítko v několika variantách:

- Delivery robot,
- last mile deliver robot,
- mobilní prodejní automat,
- sprayer,
- mobilní security robot, nebo
- robotická platforma.

V principu jde vždy o obdobný základ autonomního vozidla, které je vybaveno různými nastavbami podle konkrétního účelu.

Delivery robot je ideální volbou pro průmyslové aplikace. Robustní a odolný podvozek na čtyřech kolech je připraven pro použití v industriálních areálech. Delivery robot je určen primárně pro přepravu nákladu.

Last mile delivery robot umí dovézt zásilku koncovému zákazníkovi. Po naložení zásilek sám zvolí optimální trasu pro nejrychlejší rozvoz a postupně doveze všechny balíčky na jednotlivé adresy. Včas informuje adresáty o přesném čase doručení. Pro vyzvednutí objednávky je třeba zadat speciální PIN na dotykové obrazovce umístěné na robotovi.

Obrázek 15: BringAuto, Zdroj: Archiv BringAuto, 2023.

Varianta autonomního robota Sprayer vznikl v reakci na vypuknutí pandemie COVID-19 a jeho primární využití je tedy při dezinfekci různých prostor – od náměstí, parků a ulic přes výrobní haly a sklady až po obchodní centra a letištní terminály. Kromě dezinfikování však najde uplatnění například i v městských službách na zalévání zeleně nebo taky v zemědělství při hnojení a sběru plodů.

Další nepochybně zajímavou variantou je Security (Patrol) robot. Spolehlivě pohlídá výrobní areál nebo například nákupní centrum. Ať už je robot řízen vzdáleně nebo je zcela autonomní, jeho senzorem neunikne žádný nežádoucí element.

Robot je vybavený různými senzory, mikrofony a kamerami. Tato sensorická kombinace zachytí vše co se děje v 360° okolí robota a každou neznámou nebo podezřelou aktivitu ihned hlásí do centra řízení, kam také neustále promítá živý přenos ze všech kamer.



Zákazníci a jejich potřeby

Různé varianty autonomního robotického vozidla dokážou uspokojit různé typy zákazníků a jejich potřeby či problémy. Společným jmenovatelem je ovšem zejména potřeba zvýšit efektivitu svého provozu, díky nahrazení lidské práce a jiných méně efektivních druhů dopravy. Možným problémem jsou pak rizika pro zaměstnance, kteří se musí pohybovat ve zdravotně či jinak nebezpečném prostředí.

Případ užití (Use Case):

V rámci této případové studie se zaměříme na Use Case „Převážení materiálu pomocí autonomních vozidel“. V rámci tohoto Use Case jsou autonomní vozidla využívána pro dopravu materiálu mezi jednotlivými logistickými sklady, v průmyslovém areálu apod., tj. provoz přesahuje jeden sklad a prostředí je často náročné. Use Case je součástí kategorie „Smart logistics hub“. To jsou případy užití v rámci logistických center přesahujících úroveň skladů, jako jsou například přístavy a železniční terminály.

Použití autonomních vozidel je zatím legislativně omezeno. Přestože mohou být již technologicky pokročilá, jejich provoz je možný jen v rámci privátního areálu. Nemohou být zatím využita například pro doručování zásilek po městě.

Z tohoto pohledu je privátní areál logistického centra (včetně logistického zázemí výrobní firmy) ideálním místem a způsobem využití předností autonomního vozidla. To je zároveň dostatečně robustní a stavěné pro náročné venkovní podmínky, na rozdíl od většiny AGV/AMR vozítek určených pro vnitřní prostor skladů s hladkou podlahou.

Produkt/řešení a jeho implementace

Specifikace Delivery robota

V rámci tohoto případu užití je využito autonomní vozidlo Delivery robot. Může být vybaven různými typy nástaveb: přepravní boxy, robotické rameno, výdejní automat apod.

Obrázek 16: BringAuto 2. Zdroj: Archiv BringAuto, 2023.

Řízení robota probíhá formou autonomního provozu, teleoperace (vzdáleným řízením), nebo manuálně (dostupné v případě jakéhokoli problému). Tyto formy řízení jsou z bezpečnostních důvodů hierarchicky definované, to znamená že přednost má vždy manuální ovládání před teleoperací a ta má přednost před autonomním režimem.

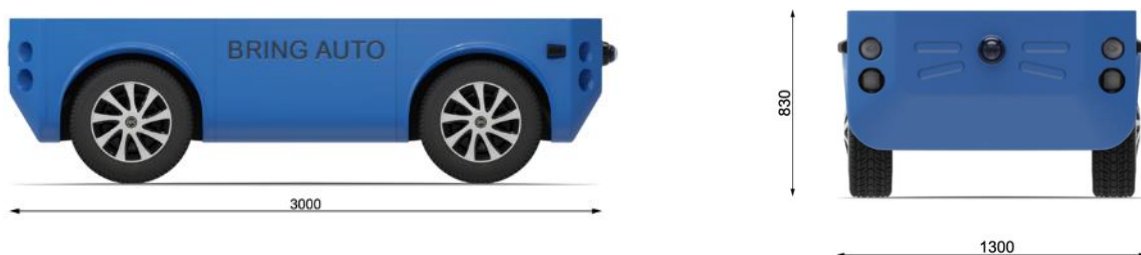


Delivery robot má elektricky poháněnou zadní nápravu (motorem Benevelli), součástí standardní výbavy je 48V olověná baterie (330 Ah), která poskytuje 10 hodin nepřetržitého provozu na jedno nabití. Vestavěná 230V nabíječka umožňuje dobít baterie během 5 hodin (z 10% na 90%). Volitelně je namísto olověné baterie k dispozici také lithiová baterie.

Delivery robot převezí až 1 000 kg nákladu. Dokáže jet rychlostí až 20 km/h. Na jedno nabití dokáže delivery robot ujet 100 km.

Jeho rozměry jsou 3 x 1,3 m:

Obrázek 17: BringAuto parametry. Zdroj: Archi BringAuto, 2023.



Postup nasazení řešení

Na základě konkrétního typu užití a přesně dle požadavků zákazníka je vyroben a připraven robot v dané konfiguraci s nastavbou uzpůsobenou danému účelu. Dle vybraného typu řízení je implementován na robota potřebný hardware, který zajistí bezpečné a spolehlivé fungování teleoperace (vzdáleného řízení) a/nebo autonomie. Následně jsou ve spolupráci s dodavatelem zmapovány a otestovány jednotlivé trasy robota, je připraveno operační středisko a zprovozněna webová aplikace.

Provoz

Delivery robot převládá náklad po předem naplánované trase, která může být modifikována pomocí webové aplikace. Nepřetržitý provoz robota zajišťuje flexibilitu daného procesu – robot nejedí jenom v pravidelných intervalech, ale v případě potřeby i na zavolání prostřednictvím aplikace. Součástí řešení je online sledování polohy, stavu robota a plánu cesty, notifikace s přesným časem příjezdu. A v neposlední řadě centrální dohled nad vozovým parkem. Delivery robot může změnit trasu na základě situace a překážek. V případě problémů odesílá notifikaci do řídicího centra.

Důvody a forma možného využití 5G nebo privátní 5G sítě

Pro řešení v podobě Delivery robota je využití 5G nejen vhodné, ale více než potřebné. Zvyšuje totiž jeho efektivitu a bezpečnost.

V budoucnu, pokud dojde k legislativním změnám a bude možné provozovat tento typ robota na veřejných místech, může být řešením i veřejná 5G. Tedy v případě že dokáže současně garantovat Quality of Service formou slicing, zejména v podobě nízké latence a vysoké spolehlivosti (URLLC typ požadavků) v kombinaci s dostatečnou kapacitou pro přenos HD obrazu.

V tuto chvíli je ovšem nasazení Delivery robota ideálním případem užití pro privátní 5G síť. Privátní 5G sítí je možné pokrýt privátní areál, a to vnější i vnitřní prostory.

Datová konektivita je v případě Delivery robota využita pro několik účelů:

a. Teleoperace

Tedy řízení na dálku s využitím obrazu z kamer. Na Delivery robotu je umístěno 4-6 kamer, což představuje obrovský zdroj datového toku. Běžně je pro přenos využívána veřejná 4G/5G síť a veřejný internet. Mírnou formou vylepšení situace je použití 2 SIM karet. Dále je nastaven bezpečnostní mechanismus zaručující, že pokud je latence větší než 150 ms, robot se automaticky zastaví kvůli bezpečnosti.

b. Collision avoidance - zpracování v cloudu

Data z kamer na vozidle jsou posílána v některých případech ke zpracování do cloudu. Je to z důvodu vysoké výpočetní náročnosti a omezeného výkonu počítače umístěného přímo ve vozidle. Toto zpracování dat se přitom týká i analýzy obrazu pro zabránění kolizím, kde je rychlost odezvy kritická. Běžně je přitom zatím i pro tento úkol využívána veřejná 4G/5G síť a veřejný cloud. Výsledek se proto pohybuje v řádu 100-500 ms.

c. Konektivita pro zpracování zadaných objednávek

Objednávky zadané přímo do Delivery robota jsou odeslány ke zpracování (dle typu využití delivery robota).

Zejména první dva úkoly pro přenos dat jsou přesně ty případy, kdy je nasazení privátní 5G sítě zásadní výhodou. Ve veřejné síti není možné zajistit, natož garantovat potřebnou úroveň služby, zejména nízkou latenci a spolehlivost (URLLC). Alternativa v podobě WiFi nebyla v tomto případě ze strany BringAuto prakticky uvažována s ohledem na nízkou bezpečnost a zřejmost nevhodnost z pohledu chování při mobilních scénářích.

Naopak při testování s partnery BringAuto v Řecku bylo v rámci privátní sítě dosahováno latence 20 ms, která je pro daný účel zcela vyhovující.

Zejména druhý úkol je pak typickým případem, pro který je vhodné využít MEC (multi-access edge computing). Jde o zpracování velkého množství dat, které musí proběhnout velmi rychle, vyžaduje velký výpočetní výkon, který není k dispozici přímo v CPE. Současně je potřeba výstup zpracování dat s minimální latencí vrátit. Není tedy vhodný veřejný cloud, kde jsou data zpracovávána ve vzdáleném datovém centru.

Poznámka:

Například v případě AWS cloudových služeb poskytovaných v České republice jsou tyto služby často umístěny v Německu ve Frankfurtu nad Mohanem.

Ideální je tedy využít lokální User Plane (uživatelská data) a data zpracovat s využitím výpočetního výkonu umístěného v daném logistickém areálu.

Proč bylo toto řešení vybráno

Výhody využití Delivery robota pro přepravu materiálu v rámci logistických areálů má dva hlavní druhy výhod:

- a. Zvýšení efektivity provozu
 - Úspora lidských zdrojů - Delivery robot díky své samostatnosti šetří potřebu lidských zdrojů.
 - Zvýšení rychlosti - nezávislost na obsluze činí z Delivery robota velmi rychlou variantu přepravy.
 - Nahrazení méně ekonomických a efektivních typů přepravy, jako je přeprava pomocí dodávek či ještěrek.
- b. Zvýšení bezpečnosti provozu
 - Nasazení Delivery robota omezuje nutnost pracovníků pohybovat se v prostředí se zvýšenými riziky, například s výskytem chemikálií, výparů apod.
 - Delivery robot je také velmi bezpečný způsob přepravy vzhledem k řadě prvků ochrany proti kolizi.

Status projektu

Delivery robot společnosti BringAuto je již zcela funkční řešení. Společnost realizovala několik PoC (Proof of Concept) a připravuje komerční nasazení.

Hodnocení a přínosy projektu

Vzhledem k fázi projektu PoC zatím nejsou k dispozici kvantifikovatelná data z nasazení Delivery robota.

Možnost využití a budoucí aplikace

Řešením typu Delivery robot nepochybně patří budoucnost. V případě uzavřených areálů se dá říci, že blízká budoucnost. Jde totiž o řešení již zcela funkční a přinášející jasně definované výhody pro efektivitu i bezpečnost pracovníků. Navíc je už nyní možné využít toto řešení také v kombinaci s privátními sítěmi, které přinesou potřebnou garanci poskytované služby.

Na pohyb na veřejných místech bude nutné ještě počkat na vyřešení regulačních podmínek. Pro využití ve veřejném prostoru bude navíc vhodné mít už možnost využít garantovanou kvalitu služby, kterou v budoucnu slibuje přinést network slicing. Řešení je vhodné pro jakékoli výrobní firmy s logistickým provozem, který je realizován v uzavřeném areálu a který vyžaduje přepravu materiálu mezi jednotlivými lokalitami v tomto areálu.

Příloha 5 – Případová studie: AYES/Continental - AR a 3D modely pro průmysl

Základní informace o poskytovateli řešení.

Společnost AYES se specializuje na dodávku chytrých brýlí a využití rozšířené reality při digitalizaci průmyslové výroby. Poskytuje nejen široký výběr hardware a software řešení, ale především je zákazníkům partnerem v oblasti servisu, poradenství a navazujících služeb, jako jsou vývoj obsahu pro chytré brýle nebo 3D vizualizace dat.

Řešení společnosti AYES se využívají zejména v těchto oblastech v průmyslu či logistice:

Obrázek 18: AYES řešení. Zdroj: AYES.

- Vzdálená spolupráce: Mezi formy vzdálené spolupráce patří vzdálené servisní zásahy ve spolupráci s dodavatelem, opravy kritických zařízení, operativní řešení problémů, školení nových pracovníků, instalace nových zařízení, sdílení know-how mezi závody, přejímky technologií, audity, factory tours.
- Digitální pracovní postupy: Jedná se o promítání pracovního postupu "krok za krokem" přímo do zorného pole pracovníka. Předmětem jsou typicky úkony pravidelné údržby, montážní postupy, instrukce, kontrola kvality, pravidelné inspekce, pochůzky, trénink a zaškolování. Pro převod pracovních postupů do AR podoby je možné použít grafický editor bez programování.
- Vision picking: Vision picking pomáhá při vychystávání objednávek a usnadňuje proces vyhledávání skladových položek. Vision picking má následující využití a přínosy v logistice: Vhodné do skladové logistiky, picking, kitování, expedice apod. Zvýšení rychlosti procesu a produktivity. Vyšší přesnost, snížení chybovosti. Snadné zaškolení nových zaměstnanců (rychlost, kvalita,...). Navýšení spokojenosti zaměstnanců díky vylepšené ergonomii a vizualizaci. Zvýšení kvality dat. Vysoká flexibilita změn procesu. Propojení s externími scenery. Možná integrace se SAP nebo jinými ERP, WMS apod.
- Vizualizace 3D modelů: XR řešení společnosti AYES umožňuje pracovat s 3D modely vytvořenými v CAD programech v kontextu reálného prostředí. S jeho pomocí je možná 3D vizualizace dat v prostoru. Účelem tohoto řešení je zvýšení produktivity při konstrukci strojů a výrobě prototypů, kontrola ergonomie a bezpečnosti strojů, okamžitá detekce konstrukčních chyb, či zobrazení strojů v prostředí výroby (factory layout).



Zákazníci, uživatelé a jejich potřeby

AYES má více než 100 zákazníků. Od velkých průmyslových společností v Česku a na Slovensku, přes střední a malé podniky, až po mezinárodní společnosti. Řešení od společnosti AYES používají ve více než 30 zemích světa.

Hlavní potřeby zákazníků, které řešení společnosti AYES pomáhá naplňovat:

- Zlepšení podmínek práce, především týmům servisu a údržby.
- Zvyšování efektivity, rychlosti a kvality procesů vedoucích k úsporám nákladů

Řešení společnosti AYES se tedy zaměřuje v první řadě na inovaci procesů a pracovních postupů.

Use Case:

V rámci této případové studie se zaměříme na případ užití v podobě využití vizualizace pokročilých 3D modelů pro zefektivnění procesů ve vývoji. Všechny výše popsané případy užití jsou reálné a přínosné. Hlavním důvodem zaměření na 3D modely je skutečnost, že tento případ užití je nejnáročnější z pohledu požadavků na datový tok a také výpočetní výkon. Je proto případem užití, pro který je nejvíce relevantní využití privátní 5G sítě v kombinaci s edge computing.

Obrázek 19: Příklady využití řešení AYES. Zdroj: AYES.

Případ užití v podobě 3D modelů znamená v principu to, že vytvoříme 3D model, ten vizualizujeme přímo v reálném prostředí. A tento postup nám umožní zefektivnit některý konkrétní úkol, jako je prototypování či kontrola konstrukční vhodnosti a ergonomie produktů.

Škála úkolů a činností, které nám pomohou 3D modely zefektivnit, je opravdu široká, jak ukazuje následující obrázek:

Produkt/řešení a jeho implementace

Řešení pro vytvoření a využití vizualizace pokročilých 3D modelů se skládá z těchto prvků:

- CAD software. Řešení podporuje všechny standardní formáty– STEP, CATPART, FBX.
- Brýle pro rozšířenou realitu. Pro 3D modely jsou obvykle využité brýle HoloLens 2, Magic Leap 2 či Meta Quest.
- Infrastruktura s dostatečným výpočetním výkonem.
- Konektivita zajišťující přenos streamu do brýlí.

V případě 3D modelů jsou tyto streamovány přímo do XR brýlí. Je to z důvodu výpočetního výkonu, který u samotných brýlí není pro tuto formu úlohy dostatečný. Pro ilustraci v případě brýlí HoloLens: stačil by na cca 1.5 M pologonů, což představuje model na úrovni ledničky. Výrobní linka je přitom řádově komplexnější.

5G/P5G + MEC – Důvody a forma možného využití 5G/P5G

Tento případ užití je vhodný v kombinaci s privátní 5G sítí z následujících důvodů:

- Datový tok z aplikace do brýlí je velký svým objemem.
- Vyžaduje nízkou latenci a vysokou stabilitu.

Konkrétní požadavky na datový tok jsou 20-50 Mbps, latence do 100 ms, ale nižší latence bude poskytovat lepší uživatelský zážitek.

Jedná se navíc o mobilní případ užití, kdy uživatel brýlí se může pohybovat v prostoru. To je situace, ve které tedy není možné použít fixní konektivitu a alternativa v podobě WiFi trpí principiální slabinou při handover situacích (přechod koncového zařízení mezi WiFi AP).

Privátní síť je logickou volbou z toho důvodu, že případ užití je typicky realizován v uzavřené výrobní hale. Tam bývá problém s dostupností signálu z veřejných sítí, u kterých také chybí potřebná nízká latence a SLA. Je otázkou, zda by pro daný případ užití byl v budoucnu vhodný network slicing. Bylo by zřejmě nutné ho doplnit interním pokrytím, vyřešením UPF/local breakout uživatelských dat.

Tento případ užití je taky vhodný pro využití MEC - edge computing. Jak bylo uvedeno výše, není reálné zpracovávat výpočetní operace na koncovém zařízení (v tomto případě brýlích) z důvodu vysokých nároků na výpočetní výkon. Zároveň pro potřebu nízké latence není vhodné realizovat výpočetní operace a přenášet datový tok ze vzdáleného datového centra, nebo dokonce veřejného cloudu.

Forma využití 5G

Chytré brýle pro AR aktuálně ve většině případů nejsou vybavené přímo zabudovaným 5G modemem. K jejich připojení přes 5G je tak nutné volit nepřímou cestu, kterou je možné označit za workaround:

Připojení přes 5G modem v podobě donglu zapojeného do USB-C portu. Toto řešení je pak vzhledem k energetické náročnosti často doplněné o power banku. To ovšem na druhou stranu nepříjemně zvyšuje váhu a snižuje komfort celého řešení pro uživatele.

Připojení přes WiFi tethering. Tedy přes hotspot vytvořeným mobilním 5G zařízením (může jít například o tzv. MiFi, tedy mobilní wifi router s 5G modemem, nebo také o mobilní telefon s 5G). Toto řešení je jednoduché a funkční.

Objevují se i první typy AR brýlí s vestavěným 5G modemem, zatím ale mají jiné nedostatky. Do budoucna lze očekávat rozšíření nabídky, s tím jak poroste také počet privátních 5G sítí a tedy i poptávka. Dalším aspektem může být rozšíření 5G varianty redcap, která by byla úspornější z pohledu spotřeby baterie na brýlích.

Proč bylo toto řešení vybráno

Důvodem volby řešení v podobě vizualizace 3D modelů s využitím AR je obecně úspora času, zvýšení efektivity a tím i úspora nákladů v rámci procesu vývoje, zejména prototypování.



Pokud jde o pak o výběr řešení od společnosti AYES, vyjádření společnosti Continental, která řešení společnosti AYES používá ve svém závodě v Brandýse nad Labem je následující:

“Rychlost přípravy zkušebního provozu a ochota ze strany AYES hrála při výběru dodavatele významnou roli. Zároveň nám asistovali při přípravě celého business case a pomohli nám vydefinovat všechny oblasti, na kterých můžeme pořízením chytrých brýlí ušetřit.”

Status projektu

Společnost AYES má zkušenosti s nasazením vizualizace 3D modelů již v několika společnostech. Patří mezi ně Continental a Vitesco.

Projekt ve společnosti Continental je unikátní v tom směru, že je ve společnosti Continental implementována jedna z prvních a jedna z mála privátních 5G sítí v České republice od srpna 2023.

Podle vyjádření společnosti Continental privátní 5G síť od T-Mobile propojí více než 1000 zařízení a senzorů v závodě Continentalu v Brandýse nad Labem. Inteligentní konektivita poskytuje základ pro překonání současných i budoucích výzev ve výrobě displejů. 5G optimalizuje výrobní procesy, umožňuje vyšší efektivitu a snižuje prostoje. „Zavedením privátní sítě 5G v naší pobočce v Brandýse nad Labem v České republice jsme dosáhli významného milníku na cestě k digitální továrně,“ říká Thomas Ebenhöch, vedoucí provozu v obchodní oblasti User Experience společnosti Continental.

AYES a Continental jsou v oblasti rozšířené reality partnery již od roku 2019, kdy začali testovat první možnosti využití chytrých brýlí ve výrobním závodě. Výsledkem byla zdařilá implementace brýlí RealWear pro vzdálenou podporu pracovníků oddělení údržby s kolegy z engineeringu a následně i využití stejné technologie pro audit výrobní linky na dálku (tzv. Remote gamba).

Dalším realizovaným případem užití je vytváření návodů v rozšířené realitě určených k zaškolení operátorů na dvou stanovištích nové výrobní linky. Bylo zvoleno řešení, které umožní nejen zobrazit text a obrázek, ale i pokročilejší animace a práci s 3D modely reálných komponent, které má operátor na daném stanovišti kompletovat. Testovaným řešením pro pilotní provoz se stala nakonec kombinace chytrých brýlí Microsoft HoloLens 2 a softwaru TeamViewer Frontline Spatial.

Vytváření pokročilých 3D modelů s AR je nyní v pilotní fázi. Do budoucna se také počítá s jeho převedením na konektivitu privátní 5G sítě.

Obrázek 20: Asistovaná údržba výrobního zařízení v rámci rozšířené reality s využitím 5G. Zdroj: Archiv AYES, 2023.



Hodnocení a přínosy projektu.

Projekt ve společnosti Continental je zatím v rané fázi a nejsou tak data pro jeho kvantitativní hodnocení.

V globálním měřítku využívá 3D modely a jejich vizualizaci s využitím AR brýlí například společnost BMW. BMW Group používá novou aplikaci rozšířené reality (AR) v přípravě konceptu vozidel a prototypování. Podle společnosti BMW toto řešení urychluje proces až o dvanáct měsíců. Od jednotlivých částí vozidla až po složité výrobní fáze. Brýle pro AR umožňují překrytí skutečných geometrií – například na karoserii vozidla – holografickými 3D modely ve skutečném měřítku, takže řadu koncepčních variant a montážní procesy pro budoucí sériová vozidla lze posuzovat flexibilně a nákladově efektivně.

Podle hodnocení společnosti BMW lze tedy konstatovat, že v některých typech složitých konstrukčních procesů může využití AR 3D modelů vést k opravdu podstatným časovým a nákladovým úsporám.

Možnost využití a budoucí aplikace

Použití pokročilých 3D modelů a jejich vizualizace s využitím AR je nepochybně velmi přínosným řešením inovace procesů zejména pro firmy zabývající se komplexním vývojem v průmyslu. Průkopníkem v tomto směru jsou společnosti v oblasti automotive. Není ovšem důvod, proč by se toto řešení nemělo rozšířit v dalších průmyslových oborech.

Uplatnění ovšem může najít AR 3D modelování v produktovém vývoji napříč vertikálami, zejména při prototypování, validaci návrhu řešení a jeho ergonomie.

Další otázkou je potom potřeba využití (privátní) 5G technologie a MEC pro 3D modely s AR. Jak je uvedeno výše, nároky datového toku a výpočetního výkonu jsou u komplexních modelů značné. Lze proto předpokládat, že u společností, které budou zvažovat investici do privátní 5G sítě, půjde o jeden z dalších případů užití, které mohou ekonomicky tuto investici zdůvodnit.

Příloha 6 – Případová studie: Automatizovaný sklad DEXTRUM/ KVADOS

Základní informace o poskytovateli řešení

Poskytovatelem řešení pro automatizovaný sklad DEXTRUM FULFILLMENT je společnost KVADOS, a.s. Společnost KVADOS dlouhodobě vyvíjí, dodává a provozuje aplikační a řídicí platformu pro automatickou manipulaci a přepravu zboží ve velkých logistických centrech a skladech na platformě WMS (Warehouse Management System).

Kromě WMS se KVADOS zabývá také robotikou a robotizací skladů. Je nezávislým distributorem a integrátorem robotů.

- KVADOS je autorizovaným obchodním partnerem předních světových výrobců robotů
- Má vlastní R&D oddělení pro návrh a dodávku řešení
- Je zakládajícím členem Asociace pro inovace v logistice
- Provozuje testovací showroom pro automatizaci a robotiku v logistice
- Poskytuje komplexní služby: návrh řešení, implementace, kontrola, údržba, výpočet ROI.

Mezi zákazníky společnosti KVADOS patří přední české firmy v oblasti e-commerce, které mají obzvlášť vysoké nároky na logistická řešení. Patří mezi ně CZC.CZ, Notino, Alza nebo Košík.

Use Case

Případová studie se zaměřuje na případ užití: Provoz AGV/AMR ve skladu. AGV v daném případě slouží zejména k manipulaci palet a přepravě. Tento případ užití je součástí kategorie „Smart warehouse“. Jedná se o skupinu případů užití, které zvyšují efektivitu skladování, zahrnují automatizaci, robotizaci, řízení zásob a zvyšování kvality skladové logistiky. Kromě provozu AGV/AMR do této kategorie patří například využití machine vision pro kvalitu balení, nebo řízení zásob s využitím chytrých regálů atd.

Jedná se v principu o případy užití vymezené perimetrem skladu, pro jejich efektivní realizaci tedy dává smysl zvážit využití privátní 5G sítě, která je vždy omezena daným perimetrem.

V rámci provozu AGV/AMR chtějí firmy dosáhnout vysoké provozní efektivitu, která umožní zrychlit skladové operace a snížit náklady, ale také zajistit vysokou úroveň bezpečnosti. Pro orientaci v oblasti „Smart warehouse“ je dobré uvést rozdíl mezi AGV a AMR.

AGV (Automated Guided Vehicles) a AMR (Autonomous Mobile Robots) jsou oba typy autonomních robotů používaných v průmyslových a logistických aplikacích, ale liší se svými schopnostmi navigace a flexibilitou.

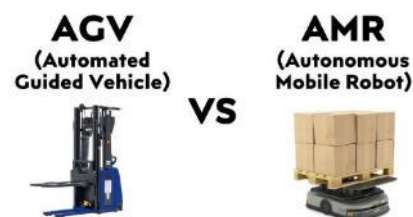
AGV (Automated Guided Vehicles)

- Navigace: AGV se pohybují podle předem určených cest. Tyto cesty jsou obvykle definovány fyzickými průvodci, jako jsou magnetické pásy, vodiče pod podlahou nebo laserové majáky. AGV potřebují tyto navigační prvky k určení své polohy a směru.
- Flexibilita: Jsou relativně méně flexibilní, protože změna jejich trasy vyžaduje fyzickou úpravu navigačních prvků v prostředí.
- Použití: Ideální pro aplikace, kde je potřeba opakovaně přemísťovat materiál mezi pevně stanovenými body.

AMR (Autonomous Mobile Robots)

- Navigace: AMR používají pokročilé senzory a mapovací algoritmy pro autonomní navigaci. Mohou dynamicky reagovat na překážky a měnit svou trasu v reálném čase bez potřeby jakýchkoli fyzických navigačních průvodců.
- Flexibilita: Jsou vysoce flexibilní a schopné snadno se přizpůsobit změnám v prostředí nebo úkolech. Mohou operovat v komplexnějších a proměnlivějších prostředích.
- Použití: Vhodné pro složitější aplikace s proměnlivými trasami a potřebou obcházení překážek, jako je skladování, balení a přeprava v rámci různorodých prostředí.

Obrázek 21: AGV / AMR. Zdroj: Warehouse Storage Solution, 2023.



Obrázek 22: Portfolio společnosti KVADOS. Zdroj: KVADOS

Zatímco AGV jsou dobře zavedená pro specifické, opakující se úkoly na pevně stanovených trasách, AMR nabízejí větší flexibilitu a adaptabilitu pro dynamické prostředí a složitější úkoly, díky své schopnosti autonomní navigace bez potřeby pevně stanovených vodicích prvků. V praxi existuje nepřeberné množství různých typů autonomních vozítek, zařízení a robotů používaných ve skladech. Následující obrázek ukazuje pro ilustraci portfolio společnosti KVADOS:



Produkt/řešení a jeho implementace

V rámci dotační výzvy OPPIK Aplikace IX byl společností KVADOS ve spolupráci s VŠB-Technickou univerzitou Ostrava a VUT v Brně podán a úspěšně vyřešen projektový záměr jehož cílem bylo vyvinout vlastní platformu pro řízení autonomních robotů a dalších pokročilých technologií s využitím 5G sítě. Pro tyto účely byla jako první v ČR vybudována privátní 5G síť v prostorech logistického skladu Paskov pro komerční účely ve spojení s prvky Průmyslu 4.0.

Vývoj a nasazení platformy pro tzv. Fleet Management, který umožňuje s vysokou spolehlivostí celkový management jednotlivých robotů:

V implementaci Fleet Managementu, v rámci řešení dodávaných společností KVADOS, je řídicím nadřazeným systémem WMS mySTOCK, který využívá Fleet Management pro řízení, koordinaci a optimalizovanou spolupráci technologií ve skladu, např. v Paskově. Fleet Management ale není pevně propojen s KVADOS řešením WMS mySTOCK, ale je ho možné využívat také softwaru jiných výrobců pomocí implementovaného rozhraní REST API s využitím výměny zpráv ve formátu JSON. Takto je Fleet management jednoduše dostupný pro celou řadu SW rozdílných výrobců. Tím, že zapouzdřuje komunikaci s více roboty a obaluje ji standardizovaným API, nabízí možnosti dalšího rozšiřování o nové technologie do budoucna bez nutnosti programování nových integrací na straně uživatele. Celkově tak vytváří ekosystém, který zefektivňuje nasazování logistických řešení s využitím moderních automatizačních prvků.

O inovativnosti a přínosu výsledného produktu svědčí ocenění Best Czech and Slovak logistics product, které získal.

Vybudovaná privátní 5G síť je primárně využívána pro bezdrátovou komunikaci mezi WMS systémem a autonomními zařízení, které zajišťují manipulaci palet či přepravku.

Společnost implementovala ve svém logistickém ShowRoom nejmodernější 5G SA privátní mobilní síť pro řízení a zpracování dat z logistických robotů. 5G SA síť byla dodána společností T-Mobile Czech Republic a.s. V ShowRoom je instalováno několik typů robotů pro manipulaci s paletami, KLT boxy a mobilními regály. Roboty byly vybaveny 5G modemy a přenos dat realizovaný původně přes WIFI je realizován přes 5G síť. Síť byla vybudována nejen v logistické hale, kde mimo ShowRoom probíhá komerční provoz fulfillmentového operátora poskytující služby pro e-shopy, ale také v sousedních výrobních prostorách a také ve venkovním provozu.

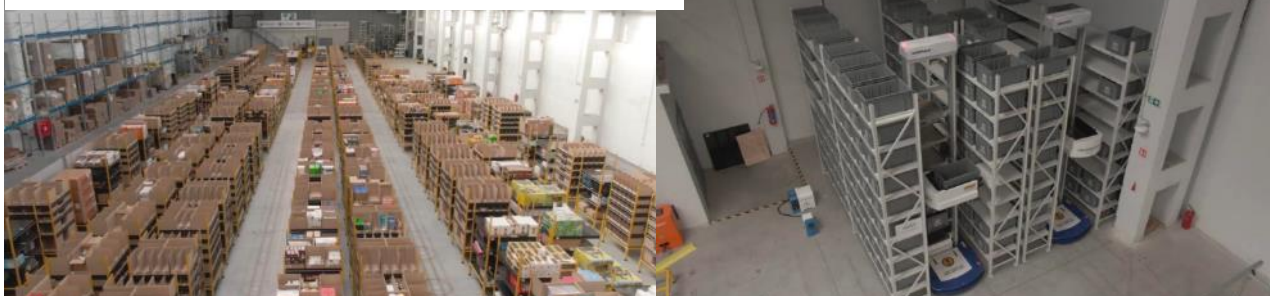
Cílem projektu ShowRoom v Paskově bylo vybudovat a ověřit kvalitativní a technologické přínosy 5G privátní mobilní sítě pro reálné využití v logistickém a výrobním provozu. Reálně proměřit parametry výkonu oboustranného přenosu dat v reálném čase, pak především latenci - spolehlivost přenosu, která je klíčová pro řešení jakýchkoliv úloh řízení v reálném čase.

Nahrazení původní WIFI sítě v celém definovaném prostoru a zvýšení kvality pokrytí prostor má umožnit přenos dat ve výrazně vyšší rychlosti a nízké latenci. Díky tomu je možné řídit provoz robotů v reálném čase a přenést část výpočetního výkonu z robota na server.

DEXTRUM FULFILLMENT: sklad o velikosti 2000 m² vybavený privátní 5G sítí

Důvody a forma využití privátní 5G sítě

Obrázek 23: Ukázka využití AGV/AMR v praxi. Zdroj: KVADOS, 2023.



Provoz AGV či AMR je poměrně často zmiňovaný případ užití v souvislosti s využitím privátních 5G sítí. Obvykle se ale v rámci povrchního popisu nedozvíme, k čemu je v této souvislosti 5G potřeba.

Proč by automaticky jezdící vozítko potřebovalo připojení? A pokud připojení, proč by to měla být 5G, navíc privátní, a nikoli dostupnější WiFi?

AGV se standardně pohybuje po definované trase. Jeho orientace v prostoru je zajištěna například pomocí QR kódů umístěných na podlaze a pomocí LIDARu. Z pohledu bezpečnosti musí být AGV schopné reagovat například na překážku bez ohledu na konektivitu, jen na základě senzorů umístěných na vozítku.

Další úroveň ovládání AGV je komunikace úkolů, které má AGV plnit. Tyto úkoly (program) jsou komunikovány vzdáleně pomocí řídicího software a konektivity. Komunikace úkolů obsahuje poměrně malé množství dat. Na první pohled tedy nejde o úlohu, která by vyžadovala nutně parametry 5G konektivity. Na druhou stranu, i pro tuto úlohu je 5G jistou výhodou. V případě AGV jde v principu vždy o mobilní scénář. Nelze tedy uvažovat s variantou pevného připojení a připojení pomocí WiFi má vždy slabinu v mobilním použití, která je daná principiálním fungováním WiFi technologie, které chybí schopnost spolehlivého předávání (handover) mezi jednotlivými přístupovými body (AP).

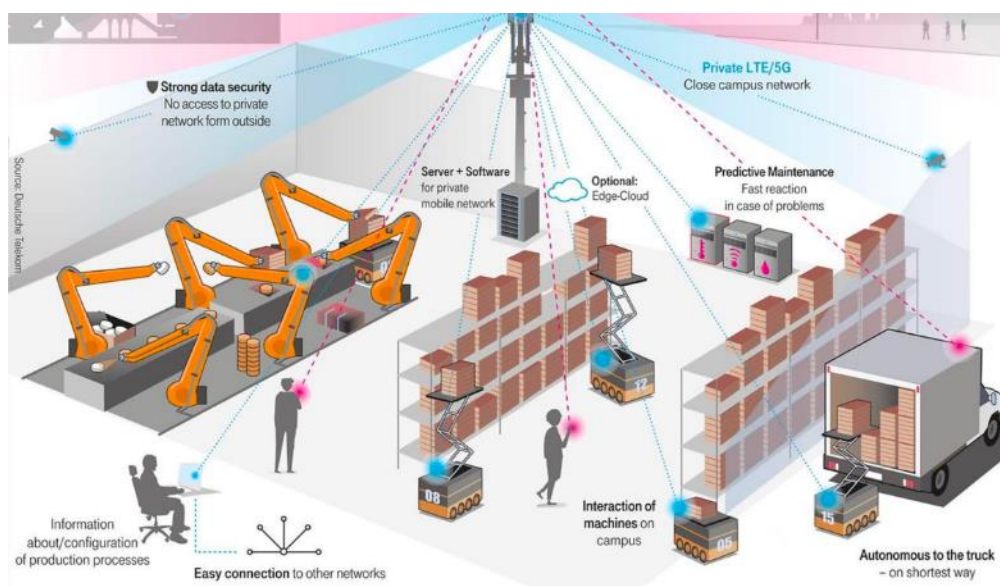
Naplní se pak potřeba využití 5G technologie pro konektivitu AGV/AMR projeví v dalším scénáři v podobě pokročilého rozpoznávání. To spočívá ve vybavení vozítka kamerami s vysokým rozlišením, ze kterých je obraz přenášen do centrálního prvku a zde je zpracováván. V závislosti na účelu může jít o zpracování za účelem vyhodnocení překážek a volby vhodné objízdě trasy, zpracování za účelem vyhodnocení kvality, nebo například počtů určitých položek.

V každém případě takový scénář vyžaduje velmi kvalitní konektivitu z pohledu kapacity, stability a nízké latence, a to vše za podmínek plně mobilního využití. Když k tomu přidáme ještě skutečnost, že takto vybavených vozítek (bude se jednat spíše o AMR než o AGV, viz definice výše) se bude po skladu pohybovat velké množství, je zřejmé že využití 5G je zcela logické a naopak slabiny WiFi by se zde jistě negativně projevíly.

V tomto scénáři je také logický požadavek na využití MEC pro výpočetní zpracování úloh při dodržení nízké latence.

Využití privátní 5G sítě v chytrém skladu by se pochopitelně neomezilo na připojení AMR. S výhodou by bylo možné připojit i prakticky všechna další zařízení ve skladu. Jednak mobilní, jako pickery, automatické čisticí stroje ale třeba i drony. Ale také semi-stacionární jakou jsou jeřáby, které je potřeba přemístit při změně layoutu skladu.

Obrázek 24: Známosti využití privátní 5G sítě v chytrém skladu. Zdroj: Deutsche Telekom, 5G technology in industrial campus networks.



Hodnocení a přínosy projektu

Dle hodnocení společnosti DEXTRUM FULFILLMENT zvýšením spolehlivosti zejména díky 5G síti došlo ke snížení nákladů na provoz skladu, optimalizaci a snížení nároků na obsluhu a zároveň došlo k celkovému zvýšení spolehlivosti provozu.

Reálný provoz potvrdil splnění všech klíčových parametrů sítě a to jak z ohledem na přenosovou rychlost oběma směry, tak především na jejich spolehlivost. Díky tomu je možné realizovat i nejnáročnější use-case pro zpracování obrazu v reálném čase pomocí prostředku AI.

Možnost využití a budoucí aplikace

Výsledný produkt je aktuálně nabízen v konceptu logistického showroomu, na kterém společnost KVADOS spolupracuje s dalšími členy Asociace pro inovace v logistice, z.s. Jedná se o prostor, kde je instalována 5G privátní síť spolu s roboty různých výrobců a prvky Průmyslu 4.0. V těchto prostorách se prezentují reálné možnosti kooperace jednotlivých technologií, využití 5G sítě a měření dosahovaných reálných logistických výkonů. Showroom je přístupný pro návštěvy z oblasti studentů středních a vysokých škol, pedagogických pracovníků, novinářů a také v neposlední řadě potenciálním zákazníkům.

Realizace provozu skladu s využitím platformy pro řízení autonomních robotů a dalších pokročilých technologií s využitím privátní 5G sítě je díky inovačnímu úsilí společnosti KVADOS možná již v současnosti. Nárůst poptávky po řešení s využitím privátních 5G sítí lze očekávat ve chvíli, kdy budou v širším měřítku k dispozici AMR s pokročilým rozeznáváním obrazu a potenciální uživatelé tak budou mít silnou potřebu zajistit funkčnost celého řešení dostatečně kvalitní konektivitou s vysokou kapacitou, nízkou latencí a podporou mobilních scénářů využití.

Příloha 7 – Případová studie: Twinzo – digitální dvojče v logistice

Základní informace o poskytovateli řešení.

Twinzo začalo jako projekt pod křídly své mateřské společnosti INFOTECH s.r.o. v roce 2014. Původně bylo zaměřeno na technologii indoor positioningu. Prostřednictvím spolupráce s prvními zákazníky Twinzo vytvořilo stále více řešení pro každodenní problémy ve výrobě a zaměřili se více na aspekt 3D vizualizace. V roce 2019 toto úsilí vyústilo v twinzo – 3D živé digitální dvojče, které běží na jakémkoli zařízení. Během toho postupu vyhrálo Twinzo několik soutěží, zejména cenu Microsoft 2017 a 2019.

Zákazníci, uživatelé a jejich potřeby

Twinzo je v principu univerzální platforma pro vytvoření digitálního dvojčete a jeho využití pro zefektivnění procesů. Proto může být toto řešení využito v různých případech užití pro širokou škálu zákazníků. Aktuálně je využíváno například v těchto případech:

- Smart office – optimalizace využití kancelářských prostor
- Smart city – kompletní vizualizace města
- 3D indoor navigace, například v nákupních centrech
- Automatizace objednávkového systému
- Digital twin ve výrobě
- Digital twin v logistice

Use Case

V této případové studii se zaměříme na případ užití optimalizace interní logistiky u automotive dodavatele. Konkrétně je řešení twinzo využito pro optimalizace provozu forkliftů (vysokozdvíhových vozíků).

Produkt/řešení a jeho implementace

Původní stav:

Statické vymezení zodpovědné oblasti pro řidiče vysokozdvíhových vozíků, žádná skutečná kontrola dodržování pravidel. Vše závisí na zkušenosti řidiče. Nemožné aktivní sledování pohybu každého vysokozdvíhového vozíku – proběhly pokusy manuálního trackování, které byly velmi časově náročné. Žádná databáze s historií dopravy vysokozdvíhových vozíků a žádné sledování tras a dat => proto není možná optimalizace a dosahování úspor. Technik ručně vypočítá efektivitu na každý vysokozdvíhový vozík na základě údajů od pracovníka na částečný úvazek z měření stopkami. Pracovník stráví 4 dny měřením – není to možné provádět denně napříč všemi směny.

Push systém práce vysokozdvíhových vozíků – neefektivní

- Žádný systém pro nakládání/vykládání krabic/regálů v reálném čase

Obrázek 25: Koncept digitálního dvojčete v logistice. Zdroj: Twinzo.

Nakládka/vykládka probíhá na základě zkušeností

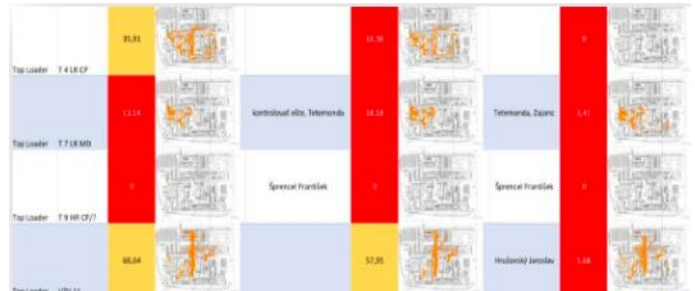
- Všichni řidiči vysokozdvíhových vozíků „hlídkují“ ve výrobě
- Záleží na zkušenostech každého řidiče
- Ztráty času jízdou naprázdno nebo plýtvání místem na výrobní lince, protože řidič používá systém PUSH a dodává více krabic, než je potřeba.
- Dlouhá doba na zaškolení nového řidiče



Obrázek 26: Ukázka řešení Twinzo. Zdroj: Twinzo.

Řešení s twinzo

- 24/7 online stav všech vysokozdvížných vozíků v areálu. Včetně dynamické heatmapy a zobrazení problematických míst.
- Jasně definované odpovědnosti v dané výrobní oblasti a expediční zóně.
- 3D živá digitální verze areálu s online pohybem vysokozdvížných vozíků. Skutečný stav dopravy.
- Aplikace dostupná pro PC, Android nebo Apple.
- Denní zprávy včetně spaghetti schémat pro všechny vysokozdvížné vozíky s prostoji a informacemi o sledování za posledních 24h.
- Kompletní přehled a databáze o účinnosti s možností exportovat data do excelu.



Zavedení pull systému (místo neefektivního push systému):

- Operátor online stisknutím tlačítka objedná vysokozdvížný vozík pro objednávku prázdné/plné krabice
- Potřeby výrobní linky jsou viditelné na tabletu ve vysokozdvížném vozíku v reálném čase
- Zvýšení produktivity vysokozdvížných vozíků (snížení o 90 % telefonních hovorů mezi projektem/řidičem).

Systematické nakládání/vykládání:

- Odstranění více než 95 % hlídkování vysokozdvížnými vozíky a dodávání správných dílů ve správný čas na správné místo.

Obrázek 27: Ukázka hardware pro řešení Twinzo. Zdroj: Twinzo



5G/P5G + MEC – důvody a forma možného využití

Twinzo řešení je obecně technologicky neutrální. Pro získání dat o poloze příslušných zařízení je možné využít různé RTLS technologie jako BLE (Bluetooth low energy) v aktivní nebo v pasivní variantě, která je vhodná například právě pro lokalizaci vysokozdvížných vozíků. Dále také UWB nebo RFID.

Pro přenos dat je možné využít stávající wifi sítě. Na druhou stranu je zřejmé, že pro přenos dat zejména v mobilních scénářích přináší privátní 5G sítě vyšší míru spolehlivosti než WiFi.

Dalším argumentem pro využití privátní 5G bude řešení, které bude zahrnovat nativní lokalizaci na 5G síti. Urgence využití privátní 5G sítě bude také vyšší v okamžiku, kdy bychom chtěli řešení dále rozvíjet, využít kamery umístěné na vozících a tato data přenášet do centrálního prvku.



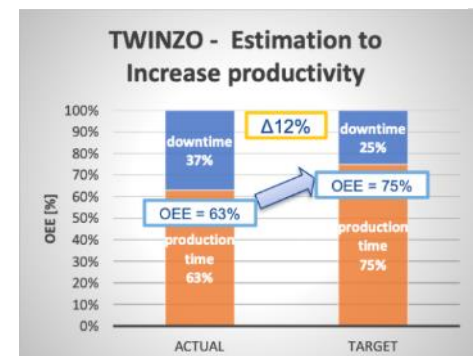
Obrázek 28: Hodnocení produktivity Twinzo. Zdroj: Twinzo.

Status a hodnocení přínosů projektu

Řešení twinzo umožní zvednout efektivitu využití forkliftů z původních 63 % na 75 %. V důsledku zvýšení efektivity je možné redukovat počet forkliftů o 2 a počet FTE o 4. Při nákladu na implementaci SW a HW ve výši 80k EUR je předpokládaná návratnost investice 4 měsíce od implementace.

Možnost využití a budoucí aplikace

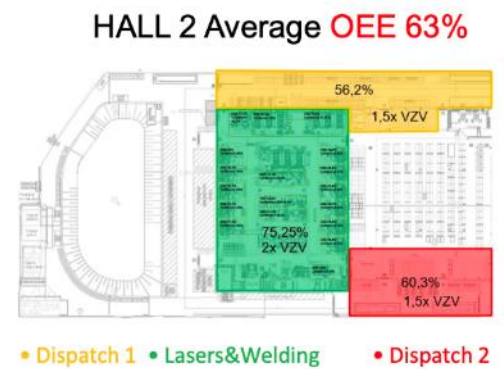
Digitální dvojče Twinzo je plně funkční řešení a zde uvedený případ užití je možné realizovat v logistických provozech, a to bez závislosti na technologii, kterou dnes potenciální zákazník používá. Pro získání dat o poloze příslušných zařízení je možné využít různé RTLS technologie. Pro přenos dat je pak možné využít stávající wifi sítě.



Obrázek 29: Ukázka systému Twinzo. Zdroj: Twinzo.

Nejedná se zřejmě o případ užití, který by sám o sobě byl spouštěčem realizace privátní 5G sítě, ale rozhodně se jedná o relevantní scénář, který výhod privátní 5G využije pro větší spolehlivost a bezpečnost řešení, ale také pro perspektivu jeho budoucího rozvoje.

V kombinaci s dalšími případy užití pro privátní 5G tak může pomoci ekonomicky zdůvodnit danou investici.





Grant Thornton

www.grantthornton.cz

© 2024 Grant Thornton Advisory k.s. All rights reserved.

Grant Thornton Advisory k.s. je členská firma Grant Thornton International Ltd. (Grant Thornton International). Odkazy na Grant Thornton se vztahují ke Grant Thornton International nebo ke členským firmám. Grant Thornton International a členské firmy nejsou mezinárodním partnerstvím. Služby jsou nezávisle poskytovány jednotlivými členskými firmami.