Využití systému plátkování 5G sítí pro veřejné a neveřejné sítě

Připraveno pro Ministerstvo průmyslu a obchodu

28.6.2024

© 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.

Obsah

Definice pojmů ***4***

Manažerské shrnutí ***7***

Management summary ***9***

1 Představení 5G Network Slicing ***10***

1.1 Cíle studie 10

1.2 Vysvětlení 5G network slicing 10

1.3 Stručná historie a vývoj sítí směrem k 5G network slicing 11

2 Jak 5G network slicing funguje ***14***

2.1 Softwarově definované sítě a architektura NS. 14

2.2 Orchestrace a provozní řízení NS 17

2.3 Typy NS: NS ve veřejné a privátní síti, local break-out. 21

3 K čemu je vhodné NS využít - případy užití ***23***

3.1 Vymezení oblastí, pro které je network slicing vhodnou volbou. 23

3.2 Případy užití pro firmy (B2B) 26

3.3 NS pro koncové uživatele (B2C) 31

3.4 Státní správa a chytrá města (B2G) 33

3.5 Velkoobchod a MVNOs 35

4 Jakou hodnotu NS přináší - business modely ***37***

4.1 Business modely pro NS 37

4.2 B2C Business model 39

4.3 B2B/B2G Business model 40

4.4 Velkoobchodní business model 43

5 Výzvy spojené s NS ***45***

5.1 Regulační podmínky 45

5.2 Kybernetická bezpečnost 49

5.3 Provozní zvládnutí NS 53

5.4 Nalezení vhodného business modelu 54

6 Stávající stav NS a další výhled ***56***

6.1 Globální stav a případové studie 56

6.2 Stav a výhled NS v ČR 62

Definice pojmů

Definice základních pojmů je důležitým odrazovým můstkem pro další části studie i pro praktické implikace.[1]

Network Slicing / Plátkování sítě (NS). Network Slicing je technologie, která umožňuje poskytovatelům služeb vytvářet virtuální sítě, které jsou optimalizovány pro konkrétní potřeby konkrétních uživatelů nebo aplikací. Tento koncept umožňuje doslova rozdělit fyzickou infrastrukturu sítě do virtuálních segmentů, které lze spravovat nezávisle a poskytovat specifické úrovně výkonu, propustnosti a zabezpečení. Původní anglický termín (zažitý v odborné praxi) je používán zaměnitelně s českým termínem plátkování sítě (nepříliš používaným v praxi), případně jen zkráceně NS.

Slice / Plátek / Segment sítě. Nezávislá logická síť na stejné fyzické síťové infrastruktuře. Každý plátek/segment sítě je izolovaná síť typu end-to-end přizpůsobená tak, aby splňovala různé požadavky pro konkrétní aplikaci.

SLA. Service Level Agreement je formální dohoda mezi poskytovatelem služby a zákazníkem, která specifikuje úroveň služby, kterou poskytovatel závazně poskytne. Je proto klíčové definovat právě úroveň služby (Service Level).

Service Level (úroveň služby) je měřítko kvality poskytovaných služeb, které specifikuje očekávané parametry výkonu a dostupnosti služby. Zahrnuje specifické charakteristiky služby, může se jednat o funkční i nefunkční požadavky na službu.

CSP. Communication Servies Provider. Poskytovatel komunikačních služeb (CSP) je široký termín, který označuje jakoukoli společnost poskytující komunikační služby. Tyto služby mohou zahrnovat přístup k internetu, telefonii, přenos dat, cloudové služby a další formy digitální komunikace.

MNO. Mobile Network Operator. Mobilní síťový operátor (MNO) je specifický typ CSP, který vlastní a provozuje vlastní mobilní síťovou infrastrukturu. MNO poskytují bezdrátové komunikační služby koncovým uživatelům prostřednictvím vlastního rádiového spektra, vysílačů a jiné mobilní síťové infrastruktury. Jsou zodpovědní za údržbu a správu mobilní sítě a poskytování služeb jako je hlas, SMS a mobilní data.

[1] Poznámka: české vs. anglické pojmy. Tak jako v mnoha odborných oblastech, také v oblasti 5G a navazujících řešení 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.

Další pojmy:

Use case / Případ užití	Use case/ případ užití, je výraz, který hraje v oblasti využití 5G pro digitalizaci podniků podstatnou roli. Proto je jeho definici vhodné věnovat pozornost. Obecná definice případu užití je následující: Výraz "případ užití" odkazuje na konkrétní situaci nebo scénář, ve kterém lze produkt nebo službu použít. V softwarovém a systémovém inženýrství je use case/případ užití seznam kroků, který obvykle definuje interakci mezi tzv. rolí a systémem. Za rolí 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. 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.“ Tato definice je vhodná už toho pohledu, že zvýrazňuje skutečnost, že případ užití slouží k dosažení konkrétního výsledku, respektive řadě různých požadovaných výsledků (například zvýšení efektivity práce, minimalizace nebezpeční 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.
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.“
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.
Digitalizace	• 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	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. Cílem digitalizace je: • zvýšení produktivity, • zlepšení kvality služeb a tím vytvoření konkurenční výhody pro podnik pomocí využití informačních a komunikačních technologie (ICT) k zefektivnění procesů.
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.
Edge Computing	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 využití šířky pásma.
MEC (Multi-access Edge Computing)	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.

	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 sítě. 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).
Vertikála	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.

Manažerské shrnutí

Network slicing (NS) má potenciál zcela změnit paradigma poskytování služeb v mobilních sítích. Od současného modelu založeného na „best effort“ (tedy bez záruky) a „one-size-fits-all“ (tedy prakticky stejná služba bez ohledu na aplikaci nebo uživatele) směrem k modelu, který umožní poskytovat služby s garantovanými parametry a přizpůsobené tak, aby odpovídaly požadavkům různých aplikací, zákaznických segmentů a vertikál. To s sebou přinese vyšší hodnotu pro uživatele služeb a zároveň se může stát zdrojem nových příjmů pro poskytovatele komunikačních služeb (CSP), v případě network slicingu půjde převážně o mobilní operátory.

Z tohoto důvodu je 5G network slicing jednou z nejdůležitějších inovací v rámci 5G technologie. Na podobné úrovni jako umožnění MEC/edge computingu a zpřístupnění privátních 5G sítí firemním zákazníkům. Zatímco u předešlých generací mobilních služeb bylo znamením pokroku především zvýšení přenosových rychlostí, v případě 5G jsou to zejména změny v architektuře a podpora virtualizace a softwarově definovaných sítí, které umožňují realizovat tyto inovativní služby. V úvodní části studie je objasněno fungování network slicingu z pohledu architektury, orchestrace i životního cyklu.

Z pohledu typů network slicingu a jeho následného využití je důležité rozlišit způsoby nasazení:

- NS jako virtuální privátní síť (virtual private network) na veřejné síti. V tomto případě může NS sloužit jako forma privátní sítě, která bude zřejmě dostupnější pro střední a menší firmy.
- NS pro nasazení v široké oblasti (wide area NS) na veřejné síti. Tento způsob NS umožní poskytovat garantované služby na celém území, pro firmy i koncové uživatele.
- NS na privátní 5G síti. To bude dávat smysl ve velkých realizacích typu dopravní uzel nebo u firem využívajících více odlišných případů užití.

NS v různých formách bude vhodné řešení pro širokou škálu případů užití v oblasti B2B, B2G, ale také B2C a wholesale. Pro případy užití, které jsou realizovány mimo omezený perimetr a vyžadují mobilní či flexibilní konektivitu, je NS prakticky jediným způsobem, jak přinést garantované parametry služby.

Mezi nejperspektivnější vertikály pro využití NS by mělo patřit zdravotnictví, energetika, doprava a logistika, zemědělství a zábavní průmysl. Podstatnou roli může hrát NS také v oblasti smart city a služeb pro záchranáře (PPDR). A najdou se zajímavé případy užití i pro rezidentní zákazníky, například v oblasti gaming či infotainmentu.

Klíčovým aspektem realizace služeb na bázi network slicingu bude nalezení vhodného business modelu. V této studii je představeno několik možných business modelů pro firemní zákazníky, rezidentní zákazníky i velkoobchodní partnery.

Identifikace a implementace funkčního business modelu bude patřit k hlavním výzvám pro úspěšné využití network slicing technologie. Další výzvy pak mohou být v oblasti provozního řízení, regulace a kybernetické bezpečnosti. Podobně důležitou výzvou jako samotná technologie a její zvládnutí je pak potřebná změna mindsetu poskytovatelů komunikačních služeb. Změna paradigmatu poskytování služeb bude vyžadovat mnohem hlubší pochopení potřeb jednotlivých zákaznických segmentů. Proto bude důležité vytvořit funkční ekosystém s partnery zaměřenými na příslušné vertikály.

Pro analýzu network slicingu a jeho další vývoj jsme vedli hloubkové rozhovory s klíčovými hráči v této oblasti, tedy výrobci a dodavateli technologií, mobilními operátory i zástupci regulačního úřadu.

V odvětví panuje všeobecná shoda ohledně potenciálu network slicingu. Pro jeho naplnění je ovšem ještě potřeba urazit poměrně dlouhou cestu. V příštím roce se můžeme dočkat prvních jednoduchých implementací statického slicingu, teprve poté přijdou na řadu pokročilé dynamické a otevřené modely. To vše za předpokladu nalezení vhodných business modelů, které odůvodní vysoké investice.

Tato studie na této cestě může pomoci představením přínosů network slicingu a možných způsobů jeho využití také potenciálním zákazníkům, zejména z řad firem a institucí.

Management summary

Network Slicing (NS) has the potential to completely change the service delivery paradigm in mobile networks. It transitions from the current "best effort" and "one-size-fits-all" models to one that provides guaranteed service parameters tailored to meet the requirements of different applications, customer segments, and verticals. This shift will bring higher value to service users and can become a new revenue source for communication service providers (CSPs), mainly mobile operators.

5G network slicing is one of the most important innovations within 5G technology, on par with enabling MEC/edge computing and providing private 5G networks to corporate customers. Unlike previous generations of mobile services, where progress was marked primarily by increased transmission speeds, 5G emphasizes architectural changes and support for virtualization and software-defined networks, which enable these innovative services.

From the point of view of the types of slicing networks and its subsequent use, it is important to distinguish between deployment types:

- NS as a Virtual Private Network (VPN): This form can serve as a private network, making it more accessible for medium and smaller businesses.
- NS for Wide Area Deployment: This type allows guaranteed services across entire regions, suitable for both companies and end-users.
- Private 5G Networks: Useful in large-scale implementations such as transport hubs or enterprises with multiple distinct use cases.

NS in various forms will be suitable for a wide range of use cases in B2B, B2G, B2C, and wholesale markets. For use cases requiring mobile or flexible connectivity beyond a limited perimeter, NS is virtually the only way to provide guaranteed service parameters. The most promising verticals for NS usage include healthcare, energy, transportation, logistics, agriculture, and the entertainment industry. NS will also play a significant role in smart cities and services for emergency responders (PPDR), with interesting applications for residential customers in areas like gaming and infotainment.

Finding the appropriate business model is crucial for the successful implementation of network slicing technology. Several possible business models are presented in this study for corporate, residential, and wholesale customers. Identifying and implementing a functional business model will be one of the main challenges for the successful utilization of network slicing technology. Additional challenges include operational management, regulation, and cybersecurity. Equally important is the necessary change in the mindset of communication service providers, requiring a deeper understanding of the needs of individual customer segments. Therefore, it will be important to create a functional ecosystem with partners focused on the respective verticals.

To analyze network slicing and its further development, we conducted in-depth interviews with key players in this area, i.e. technology manufacturers and suppliers, mobile operators and representatives of the regulatory authority.

The industry agrees on the potential of network slicing, but a considerable journey remains to fully realize it. Initial simple implementations of static slicing are expected next year, followed by advanced dynamic and open models, assuming suitable business models justify the high investments. This study aims to assist by presenting the benefits of network slicing and possible ways of its utilization to potential customers, particularly companies and institutions.

1 Představení 5G Network Slicing

1.1 Cíle studie

5G network slicing může být vhodným a v některých případech nejefektivnějším řešením pro realizaci řady úkolů, které řeší firmy, města či státní instituce v rámci své digitální transformace, při optimalizaci svých procesů, poskytování služeb svým zákazníků a uživatelům.

Využití tohoto přelomového nástroje proto může vést ke zvýšení konkurenceschopnosti firem a zlepšení kvality služeb poskytovaných orgány státní správy a samosprávy.

To je ovšem možné pouze za předpokladu, že

- potenciální uživatelé budou chápat možnosti tohoto nástroje
- poskytovatelé komunikačních služeb budou schopni najít funkční business model a zajistit provozně efektivní řešení
- nebudou existovat regulační či jiné překážky pro aplikaci network slicingu ve veřejných či privátních 5G sítích.

Cílem této studie je proto poskytnout potřebné informace všem zainteresovaným stranám, které pomohou podpořit budoucí využití network slicingu:

- Potenciální uživatele z řad firem, municipalit či státních institucí seznámit s možnými přínosy network slicingu z jejich pohledu, představit jim vhodné typy případů užití a případových studií, které je mohou inspirovat v realizaci jejich vlastních projektů.
- Poskytovatelům komunikačních služeb pomoci najít vhodné obchodní a provozní modely a přinést inspiraci ze zahraničních realizací.
- Pro orgány státní správy identifikovat případná problematické místa z pohledu regulace a navrhnout možnosti podpory případů užití spojených s 5G network slicingem.

1.2 Vysvětlení 5G network slicing

S příchodem páté generace mobilních sítí se otevírá nová éra přelomových možností ve světě telekomunikací. Jednou z klíčových inovací, která má potenciál změnit způsob, jakým chápeme a využíváme mobilní sítě, je koncept network slicing neboli „plátkování sítě“. Tato technologie přináší flexibilitu, škálovatelnost a efektivitu, která dříve nebyla možná a otevírá dveře pro širokou paletu nových aplikací a služeb.

Doposud, tedy v mobilních sítích předchozích generací, platilo „one-size-fits all“. Neboli všichni uživatelé a všechny aplikace dostávali stejnou službu, bez ohledu na jejich často velmi odlišné potřeby a požadavky.

Pozn: Výjimku v minulých generacích sítí tvořily pokusy zajistit odlišnou úroveň služby pomocí řízení QoS/QCI. Tento koncept ale nebyl příliš úspěšný, vzhledem níže uvedeným důvodům.

Naproti tomu network slicing je technologie, která umožňuje poskytovatelům komunikačních služeb služeb (CSP) vytvářet virtuální sítě, které jsou optimalizovány pro konkrétní potřeby konkrétních uživatelů nebo aplikací. Tento koncept umožňuje doslova rozdělit fyzickou infrastrukturu sítě do virtuálních segmentů, které lze spravovat nezávisle a poskytovat specifické úrovně výkonu, propustnosti a zabezpečení.

5G network slicing je jinak řečeno síťová architektura, která umožňuje multiplexování virtualizovaných a nezávislých logických sítí na stejné fyzické síťové infrastruktuře. Každý segment sítě je izolovaná síť typu end-to-end přizpůsobená tak, aby splňovala různé požadavky pro konkrétní aplikaci.

Network slicing tedy v praxi znamená, že operátor 5G sítě může vytvořit různé virtuální sítě, které budou garantovat i různé parametry potřebné pro různé zákazníky a aplikace. Logická část sítě tedy slouží pouze pro daný účel nebo daného zákazníka.

Technologie 5G a sítě na této technologii postavené jsou navrženy tak, aby mohly efektivně poskytovat různé služby s velmi odlišnými požadavky na úroveň služeb SLR (Service Level Requirements). A koncept network slicing hraje v zajištění této možnosti klíčovou roli.

1.3 Stručná historie a vývoj sítí směrem k 5G network slicing

5G network slicing je revoluční koncept, který může potenciálním uživatelům a zákazníkům poskytnout SLA a zaručenou QoS. Není to však první pokus o dodání QoS zákazníkům. Také předchozí generace mobilních sítí se snažily poskytovat garantovanou QoS, protože to je logický požadavek zejména určitých typů zákazníků a aplikací.

Toto je přehled, jak se mobilní sítě vyvíjely směrem k 5G network slicing:

2G (GSM): Sítě 2G, které byly zavedeny v 90. letech 20. století, se primárně zaměřovaly na hlasové služby a jednoduchou datovou komunikaci s využitím dat s přepojováním okruhů s omezenou podporou datových služeb při nízkých rychlostech.

3G: Přineslo vylepšení datových schopností s rychlostmi vhodnými pro procházení webu a e-maily. Sítě 3G zavedly koncept Quality of Service (QoS) explicitněji, ale stále byly omezené ve schopnosti rozlišovat mezi různými typy provozu nebo nabízet spolehlivé záruky výkonu.

4G a LTE: Zavedení tříd QoS.

Sítě 4G založené na standardu Long Term Evolution (LTE), zavedly sofistikovanější mechanismy QoS. Zejména tzv. QCI třídy.

QCI je mechanismus v sítích LTE, který klasifikuje datový provoz do různých kategorií (tříd). Pro tyto kategorie jsou určeny specifické výkonnostní charakteristiky, jako je zpoždění paketů, rychlost přenosu dat a priorita. Každá QCI třída odpovídá specifickému typu provozu (např. hlas, video, data v reálném čase, data na pozadí), což umožňuje definovat standardizované úrovně QoS pro tento typ provozu v síti LTE.

Granularita QCI je poměrně hrubá. I když umožňuje rozlišení mezi typy služeb, nevytváří síťová prostředí na míru. Operátoři nastaví předdefinované úrovně QCI, které platí jednotně napříč službami, které spadají do těchto kategorií.

Ačkoliv třídy QCI byly krokem vpřed ve směru poskytování kvality služeb (QoS) v sítích 4G LTE, nedosáhly zásadního průlomu v poskytování služeb z několika důvodů. Ty je dobré si připomenout už z toho pohledu, že podobným výzvám může čelit 5G network slicing.

Omezená flexibilita a granularita: Třídy QCI nabízejí předdefinované úrovně QoS, které jsou široce aplikovány na různé typy provozu. Tento přístup postrádá flexibilitu pro přizpůsobení chování sítě specifickým požadavkům stále rozmanitějších aplikací a služeb.

Statická povaha QCI: Statická povaha nastavení QCI znamená, že jakmile je datovému toku přiřazena konkrétní QCI, obecně si zachová tuto úroveň QoS bez ohledu na měnící se podmínky sítě nebo požadavky aplikace. Tato nepružnost může vést k neefektivnímu využití zdrojů, kdy některé služby mohou spotřebovávat více zdrojů, než je nutné, zatímco jiné mohou mít během špiček nedostatečnou úroveň služeb.

Problémy se složitostí a škálovatelností: Implementace QCI v různých síťových scénářích se může stát složitou, zvláště když roste počet uživatelů a služeb. Operátoři mobilních sítí často považovali za náročné efektivně spravovat a škálovat nastavení QoS bez dopadu na celkový výkon sítě a uživatelskou zkušenost.

Nedostatek end-to-end záruk QoS: Přestože jsou QCI navrženy tak, aby splňovaly určité standardy QoS, obvykle nepodporují explicitní garantované SLA. Výkon se může lišit v závislosti na celkových podmínkách sítě a není zaručen individuálně pro každou službu nebo uživatele.

Vyvíjející se očekávání uživatelů a technologický pokrok: Jak se digitální technologie a očekávání uživatelů vyvíjely, rostla poptávka po sofistikovanějších a spolehlivějších síťových službách. Uživatelé a podniky stále více očekávají síťové služby, které mohou podporovat širokou škálu aplikací, od základního procházení webu až po interaktivní hraní v reálném čase, nasazení internetu věcí a ultraspolehlivá komunikace s nízkou latencí (URLLC). Základní rámec QCI nebyl navržen tak, aby efektivně zvládal tak různorodé a dynamické požadavky.

Ekonomická a provozní omezení: Z ekonomického hlediska přínosy implementace pokročilé správy QoS založené na QCI ne vždy ospravedlnily provozní složitost a související náklady.

LTE také představilo koncepty nosných (bearers), což jsou přenosové cesty se specifickými atributy QoS, které jsou s nimi spojeny. Vyhrazené nosné mohly být zřízeny pro služby vyžadující zaručenou QoS, zatímco výchozí nosné by obsluhovaly nekritický provoz.

Pokrok směrem k flexibilitě a škálovatelnosti v 5G.

Další pokrok v oblasti zajištění QoS pro uživatele je umožněn zejména díky virtualizaci síťových funkcí (NFV) a Software Defined Networkingu (SDN). Tyto technologie, typické pro 5G, začaly přetvářet způsob poskytování a správy síťových služeb. NFV umožňuje spravovat síťové funkce jako virtuální instance běžící na komoditním hardwaru. SDN poskytuje dynamickou správu síťových zdrojů prostřednictvím programovatelnosti. Tyto technologie položily základy pro flexibilnější a škálovatelnější dělení sítě.

Počáteční koncepty týkající se segmentování sítě vzešly právě z možností nabízených NFV a SDN.

5G network slicing posouvá možnosti předchozích generací sítí dále tím, že umožňuje operátorům vytvářet více virtuálních sítí (slice) přes společnou fyzickou infrastrukturu. Každý segment lze upravit tak, aby vyhovoval specifickým potřebám výkonu, zabezpečení a latence různých aplikací – od internetu věcí a komunikace s nízkou latencí až po vysokorychlostní širokopásmové připojení a další.

Zaručené SLA: Zásadní rozdíl od QoS v předchozích generacích je ten, že 5G network slicing podporuje explicitní dohody o úrovni služeb (SLA), které přesně přizpůsobují výkon sítě potřebám zákazníků.

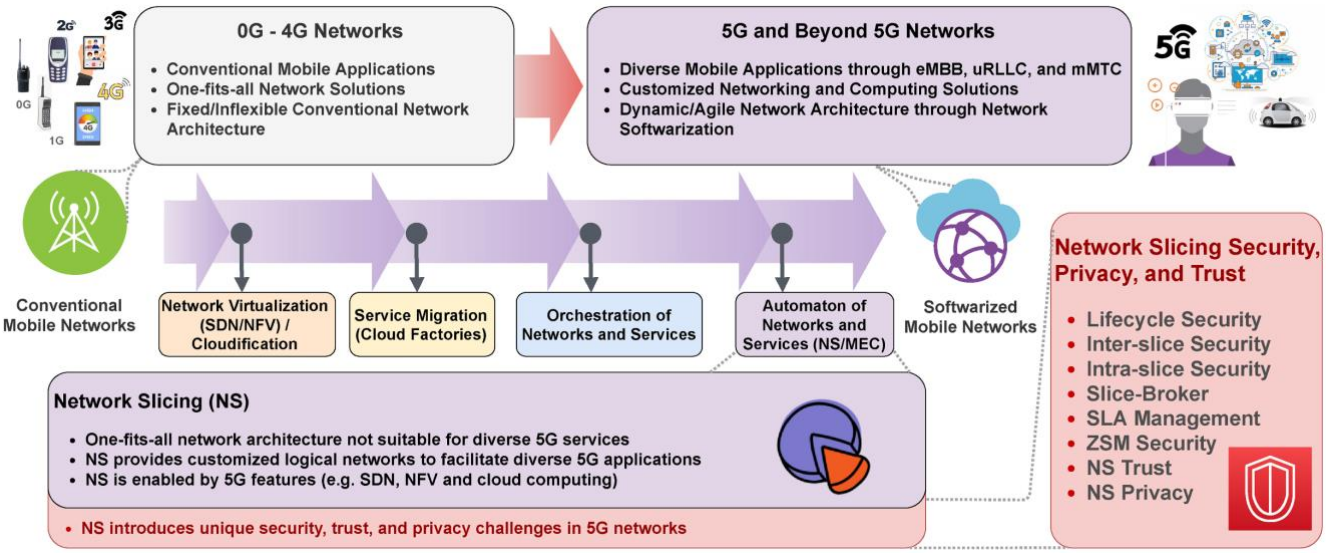
Architektura 5G a její možnosti dělení jsou standardizovány v rámci projektu 3. generace partnerství (3GPP). Tyto specifikace podrobně popisují, jak jsou segmenty sítě vytvářeny, spravovány a vyřazovány z provozu, čímž je zajištěna interoperabilita a konzistence napříč různými dodavateli a operátory.

Pokrok k 5G Network Slicing odráží přirozený vývoj technologií, podobný jako pozorujeme například v oblasti IT infrastruktury a cloudových služeb. Tedy posun směrem k flexibilitě, efektivitě a škálovatelnosti, která umožňuje uspokojit stále náročnější a rozmanitější požadavky uživatelů a jejich aplikací.

2 Jak 5G network slicing funguje

2.1 Softwarově definované sítě a architektura NS.

Přechod od tradičních síťových architektur k modernějším, tzv. softwarově definovaným, má za cíl vytvořit systémy, které jsou efektivní, flexibilní, škálovatelné a vysoce výkonné. Tento pokrok je znázorněn na obrázku 1, který ukazuje klíčové vývojové kroky v transformaci mobilních sítí od „one-size-fits-all“ směrem k softwarově definované síti, která dokáže reagovat na rozmanité potřeby aplikací a uživatelů.



Obrázek 1: Evoluce směrem softwarově založené síti umožňující network slicing. Zdroj: [2]

2.1.1 Kroky k zavedení NS

Klíčové kroky v této evoluci mobilních sítí zahrnují[3]:

- **Virtualizace a cloudifikace sítě**: Zde jsou síťové funkce transformovány tak, aby mohly být spravovány jako software místo hardwaru. Mezi hlavní technologie v této oblasti patří:
  - Software Defined Networking (SDN): Tato technologie odděluje řídící část sítě – Control Plane (která rozhoduje, kam by měla data směřovat) od části, která data skutečně přenáší – Data Plane. Umožňuje programově řízené ovládání a správu sítě.

[2] R. Khan, P. Kumar, D. N. K. Jayakody, and M. Liyanage, “A sur- vey on security and privacy of 5G technologies: Potential solutions, recent advancements, and future directions,” *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 22, no. 1, pp. 196–248, 1st Quart., 2020.

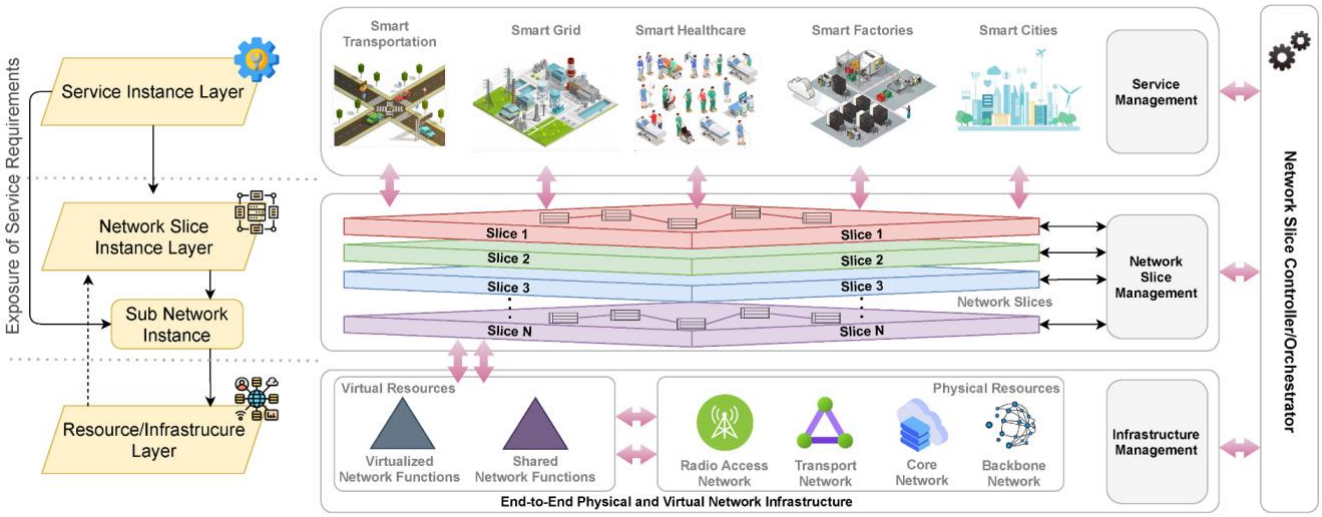
[3] P.Rostetal.,“Mobile network architecture evolution toward 5G,”*IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 5, pp. 84–91, May 2016.

- Network Function Virtualization (NFV): Tato technologie přesouvá různé síťové funkce ze specializovaného hardwaru a provozuje je jako software na standardních (komoditních) serverech. To činí síť flexibilnější a nákladově efektivnější.
- Cloud Computing: Síťové funkce jsou přesunuty do cloudu, což znamená, že je možné je přistupovat a spravovat online, namísto na fyzických zařízeních na konkrétních místech.

- **Migrace služeb:** Po přesunutí síťových funkcí do cloudu jsou také síťové služby hostovány v cloudu místo na lokálních serverech.
- **Orchestrace sítí a služeb:** Toto zahrnuje koordinaci a správu všech různých částí sítě, aby bylo zajištěno, že spolupracují hladce a efektivně E2E (v celém rozsahu).
- **Automatizace síťových služeb:** Technologie automatizace, jako jsou Multi-access Edge Computing (MEC) a Network Slicing, jsou využívány ke zlepšení efektivity sítě. MEC přesouvá výpočetní zdroje blíže ke kraji sítě, například blízko mobilních vysílačů (RAN), aby se snížila prodleva a urychlilo zpracování dat. Network Slicing dělí síť na několik virtuálních sítí, což umožňuje každou část optimalizovat pro určitý typ služby, čímž se zvyšuje celkový výkon

2.1.2 Architektura 5G Network Slicing[4]

Obecná architektura network slicing (NS) v 5G sítích je složena ze tří funkčních vrstev: vrstva instance služby, vrstva instance plátku a vrstva zdrojů/infrastruktury. Síťový řadič/orchestrátor koordinuje provoz každé vrstvy, aby zajistil efektivní a účinnou správu. Tyto vrstvy jsou zobrazeny na obrázku 2.



Obrázek 2: Network slicing architektura. Zdroj: [5]

1. **Vrstva instance služby**

Vrstva instance služby je nejvyšší vrstva a poskytuje služby pro koncové uživatele. Tyto služby mohou být nabízeny třetí stranou nebo poskytovatelem sítě. Vrstva podporuje instanci služby, jejíž design je odvozený z konfigurace, respektive z šablon. Každá požadovaná služba je reprezentována jako instance služby, která spojuje síťové charakteristiky podle požadavků SLA, které jsou splněny vytvořením vhodného plátku. Tato vrstva zajišťuje, že služby splňují požadované výkonnostní a provozní standardy.

[4] C. De Alwis, P. Porambage, K. Dev, T. R. Gadekallu and M. Liyanage, "A Survey on Network Slicing Security: Attacks, Challenges, Solutions and Research Directions," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 26, no. 1, pp. 534-570, Firstquarter 2024, doi: 10.1109/COMST.2023.3312349.

[5] *Description of Network Slicing Concept*, NGMN Alliance, Frankfurt, Germany, 2016, pp. 1–7.

2. **Vrstva instance plátku**

Je to vrstva umístěná mezi vrstvou instance služby a vrstvou zdrojů/infrastruktury. Tato vrstva je zodpovědná za vytváření a správu plátků na základě požadavků aplikační vrstvy. Síťový operátor používá blueprint plátku k vytvoření instance plátku. Tyto instance poskytují požadované síťové charakteristiky pro instance služby a mohou být sdíleny mezi různými instancemi služby. Navíc instance plátku mohou sdílet sub-síťové instance s jinými plátky, čímž se tvoří logické nebo fyzické síťové funkce na základě blueprintů sub-sítě.

3. **Vrstva zdrojů/infrastruktury**

Tato vrstva se stará o poskytování a správu jak fyzických, tak virtuálních síťových zdrojů, jako je konektivita, výpočetní výkon a úložiště. Síťové funkce přítomné ve virtuální síťové infrastruktuře vytvářejí end-to-end plátek na základě požadavků služby. Síťové operace konfigurují tyto funkce, aby řídily celý životní cyklus plátku, od jeho vytvoření až po deallokaci, když již není potřeba. Tyto síťové funkce mohou být sdíleny více plátky současně pro efektivní využití zdrojů, což zvyšuje složitost správy provozu. Tyto funkce mohou běžet na fyzických nebo virtuálních zdrojích dostupných v síti.

4. **Orchestrátor (síťový řadič)**

Síťový řadič/orchestrátor se propojuje s každou vrstvou v architektuře NS, tak aby efektivně spravoval a koordinoval jejich různé funkce. To zajišťuje flexibilní a efektivní vytváření plátků, které mohou být rekonfigurovány během různých fází životního cyklu NS. Klíčové funkce síťového řadiče zahrnují:

- Řízení služeb end-to-end: Mapování několika instancí služby podle požadavků SLA s odpovídajícími síťovými funkcemi, které splňují požadavky služby.
- Virtuální zdroje: Virtualizace fyzických síťových zdrojů pro usnadnění provozu při správě zdrojů, které přidělují síťové funkce.
- Správa životního cyklu plátku: Monitorování výkonu plátků ve všech vrstvách architektury za účelem rekonfigurace každého plátku pro přizpůsobení změnám požadavků SLA.

2.1.3 Životní cyklus síťového plátku

Životní cyklus síťového plátku se skládá ze čtyř fází: přípravné fáze, fáze uvedení do provozu, provozní fáze a fáze vyřazení z provozu.

1. **Přípravná fáze.**

Přípravná fáze zahrnuje:

- Vytváření a ověřování síťových plátků na základě požadavků zákazníka.
- Příprava potřebného síťového prostředí na podporu životního cyklu síťového plátku.
- Plánování kapacity síťových plátků.
- Zavádění síťových plátků.
- Hodnocení specifických požadavků každého síťového plátku.
- Identifikace a příprava dalších požadavků na síť.

2. **Fáze uvedení do provozu.**

Po dokončení přípravy následuje fáze uvedení do provozu, která připravuje síťový plátek pro provoz:

- Alokace síťových zdrojů.
- Konfigurace plátku ke splnění jeho provozních požadavků.

3. Provozní fáze.

Během provozní fáze je síťový plátek aktivní a řízený prostřednictvím:

- Aktivace: Zahrnuje procesy jako je provisioning databází a přesměrování provozu na plátek.
- Dohled: Nepřetržité monitorování síťového plátku.
- Monitorování klíčových ukazatelů výkonnosti: Neustálé sledování síťového plátku na základě klíčových výkonnostních ukazatelů.
- Modifikace: Zahrnuje úkoly jako je rekonfigurace, upgrady, aktualizace topologie, škálování, asociace a disociace síťových plátků.

4. Fáze vyřazení z provozu.

Tato konečná fáze zahrnuje ukončení síťového plátku prostřednictvím:

- Navrácení alokovaných zdrojů.
- Navrácení konfigurací ze sdílených nebo závislých zdrojů.
- Zajištění, že všechny zranitelnosti v oblasti bezpečnosti a soukromí jsou řešeny během životního cyklu, s důrazem na bezpečnost mezi plátky, bezpečnost uvnitř plátků a správu SLA, tak aby byla zajištěna bezpečnost sítě a uživatelů.

2.2 Orchestrace a provozní řízení NS

Orchestrace a provozní řízení NS může mít různou podobu s odlišnou komplexitou.[6] Zde jsou **3 typy network slicingu z pohledu řízení životního cyklu**, které se značně liší svou složitostí a nároky na orchestraci:

1**. Statický / předkonfigurovaný slicing**

To zahrnuje předdefinované síťové segmenty, které jsou konfigurovány na základě potřeb konkrétních případů použití. Důraz je kladen na statické konfigurace, které lze znovu použít v podobných případech použití.

2. Dynamický slicing

V tomto kroku mohou být síťové segmenty (plátky) dynamicky konfigurovány a optimalizovány v reakci na měnící se požadavky. To vyžaduje pokročilejší možnosti automatizace a orchestrace.

3. Otevřený slicing

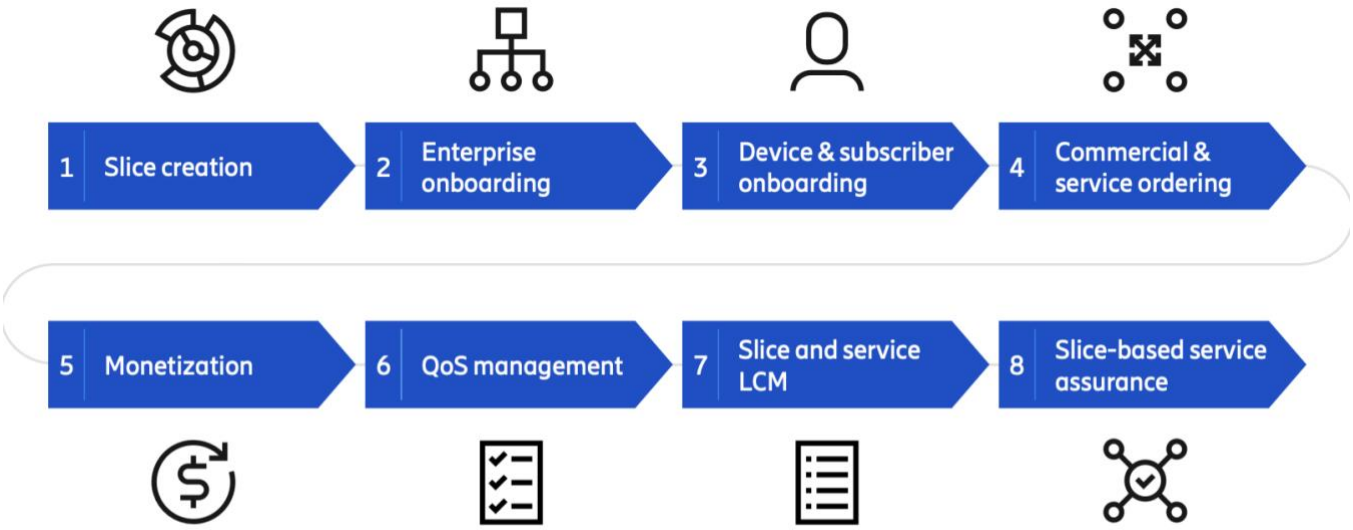
Posledním krokem je vystavení segmentů sítě vývojářům třetích stran, což jim umožní vytvářet vlastní aplikace a služby v síti. To vyžaduje otevřená API a plně vyspělý ekosystém.

Firemní zákazníci mohou získat kontrolu nad klíčovými parametry, jako je počet připojených zařízení, požadovaná úroveň šířky pásma, zabezpečení a latence v rámci hranic upravených ve smlouvě. Nová flexibilita a možnosti založené na segmentování sítě umožňují obchodní model „síť jako služba“ (NaaS), který poskytuje zákazníkovi větší přehled, kontrolu a přizpůsobivost, aby vyhovoval jeho měnícím se potřebám, jako by měl vlastní síť. Například pro provozovatele vysílání by mohla být kapacita operátora

[6] Ericsson study: „Essential building blocks of E2E network slicing“ (2023)

poskytujícího živé vysílání video služby rozšířena tak, aby vyhovovala očekávaným požadavkům na šířku pásma UL/DL vytvořeným velkou sportovní událostí a počtu kamer, které budou potřeba k pokrytí události. Na základě předchozí obchodní dohody mezi zákazníkem a provozovatelem sítě může zákazník provádět požadované změny služby za běhu prostřednictvím samoobsluhy, případně zapínáním nebo vypínáním kvality HD videa v cílených kamerách se spolehlivým a stabilním výkonem. Zavedením virtualizace a orchestrace mohou zákazníci získat kontrolu v rámci svých služeb.[7]

Orchestrace a provozní řízení slicingu není jen technický proces (viz 4 fáze životního cyklu z technického pohledu popsané výše), ale také businessový proces. A to proces poměrně komplexní. Je znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek: Network slicing E2E management životního cyklu. Zdroj: [8]

Jednotlivé fáze procesu řízení životního cyklu, respektive jejich náplň, se pochopitelně liší v závislosti na typu řízení životního cyklu (statický, dynamický, otevřený). To je shrnuto v následující tabulce.

[7] studie Ericsson study: „Essential building blocks of E2E network slicing“ (2023)

[8] Ericsson study: „Essential building blocks of E2E network slicing“ (2023)

Fáze procesu	Statický (předkonfigurovaný) slicing	Dynamický slicing	Otevřený slicing
Vytváření plátků	Vytvoření několik plátků a poskytování služeb na nich, šablony služeb jsou volitelné	Definování síťové služby a povolení šablony služeb pro vytváření a dynamickou orchestraci síťových plátků na vyžádání	Vytváření plátků a služeb pomocí API
Zavádění firem	Zavedení jedné nebo dvou firem manuální konfigurací firemních parametrů	Automatické zavádění firemních uživatelů a dalších firemních parametrů	Správa partnerů (přidání partnera, aktualizace služeb partnera) prostřednictvím API
Zavádění zařízení a účastníků	Přidání řady zařízení a účastníků do nových plátků pomocí atributu (např. APN) v manuálním režimu	Povolení katalogu služeb a vytváření síťových plátků na vyžádání na základě dat z katalogu služeb	Zavádění účastníků pomocí vystaveného API
Objednávání služeb a obchodní řízení	Použití katalogu zdrojů pro základní správu objednávek.	Konfigurace, cenotvorba a nabídka síťových služeb z jednoho společného komerčního katalogu	Vystavení komerčního katalogu aplikační funkci
Monetizace	Podpora real-time nabíjení pomocí SBI rozhraní	Poskytuje společné místo pro generování CDR a usnadňuje provádění rozhodnutí o politice	Podpora modelů pro více stran (služby poskytované jak CSP, tak firmou) a různé obchodní modely na jedné faktuře
Správa QoS	Povoluje předkonfigurované parametry QoS a jejich manuální změnu pomocí typu služby plátku	On-demand změna QoS parametrů pomocí katalogu služeb	On-demand vyvolání změn parametrů QoSp přes API
Životní cyklus plátku a služby	Povoluje základní operace (vytvoření, čtení, aktualizace, mazání) pomocí předkonfigurovaného profilu plátku	On-demand vytváření, aktualizace a mazání síťových plátků a souvisejících služeb pomocí katalogu služeb	On-demand životní cyklus plátku pomocí externí aplikace používající API
Zajištění služeb na bázi plátku	Získání základních dat pro správu chyb a správu výkonu pro předkonfigurovaný plátek	Možnost specifikovat KPI, které mohou být monitorovány pro plátek a jak jsou KPI vypočítávány	Povoluje standardizované API pro spotřebu služeb.

V rámci komerční nabídky NS hraje důležitou roli schopnost poskytovat služby s definovanými parametry (SLA), tyto parametry monitorovat a v případě potřeby také zákazníka kompenzovat za jejich nedodržení. To je umožněno díky pokročilé a automatizované orchestraci NS:

Design služeb umožňuje vytváření šablon služeb a dynamicky orchestruje plátky sítě na vyžádání v katalogu služeb. Onboarding plátku začíná v katalogu služeb, kde se stává stavebním blokem pro síťovou službu. Komerční produkt je poté vytvořen v komerčním katalogu a produkty jsou zpřístupněny k prohlížení prostřednictvím definovaných kanálů. Když zákazník vybere službu založenou na plátku sítě a zadá objednávku, objednávání služeb rozkládá objednávku na všechny související technické příkazy a akce pro vrstvu zajišťování a správy aktivace sítě. Prostřednictvím automatizace orchestruje nasazení plátku sítě ve všech síťových doménách a dodává síťové služby a zdroje, které realizují komerční nabídku produktu. Nakonec monitorování služeb sleduje výkonnost služby a stav systému pro zajištění SLA. Toho je dosaženo primárně prostřednictvím procesů uzavřené smyčky a sekundárně prostřednictvím oznámení zasílaných, když jsou porušeny klíčové obchodní KPI a je nutná kompenzace zákazníka. Definice SLA a specifikace úrovně služeb jsou integrovány s orchestrací služeb a monitorováním služeb a propojeny s dohodnutým obchodním SLA se zákazníky.

Z pohledu 3GPP jsou funkce od návrhu služeb až po jejich zajištění implementovány v NSMF a v NSSMF pro RAN, transport a jádro sítě.[9]

Jako začátek správy NS je určitě vhodné začít s globálně předdefinovanými typy síťových plátků. Ty jsou popsány v následující tabulce:

Plátek/ Typ služby	**SST (service slice type)** hodnota	**Popis**	3GPP release
eMBB	1	Plátek vhodný pro zajištění eMMB, tedy služby s vysokými nároky na datový tok, navíc v mobilních scénářích. Příklad mohou být kamery na AMR.	15
uRLLC	2	Plátek vhodný pro mimořádně spolehlivou komunikaci s nízkou latencí. Může jít například o teleoperaci robotů a dalších zařízení.	15
MIoT	3	Plátek vhodný pro masivní IoT, tedy připojení velkého množství senzorů na dané ploše, obvykle je přenášeno menší množství dat.	15
V2X	4	Plátek pro „Vehicle to X“, tedy pro komunikaci autonomních vozidel s různými dalšími prvky infrastruktury.	16
HMTC	5	Plátek vhodný pro komunikaci „High-Performance Machine-Type“, tedy komunikace strojů s vysokými požadavky na výkon.	17

[9] Ericsson study: „Essential building blocks of E2E network slicing“ (2023)

2.3 Typy NS: NS ve veřejné a privátní síti, local break-out.

2.3.1 NS ve veřejných vs. privátních 5G sítích.

NS může být aplikován jak ve veřejných, tak v privátních 5G sítích.

Většina případů užití spojovaných s NS, stejně tak i většina materiálů zabývajících se orchestrací, řízením životního cyklu a provozním řízením NS implicitně předpokládá využití technologie NS v rámci veřejných sítí. Ostatně drtivá většina výnosů CSP je realizována ve veřejných sítích a pro veřejné sítě může také NS zcela změnit paradigma poskytování služeb. Význam NS je tedy nepochybně mnohem větší pro veřejné sítě, než pro sítě privátní.

Privátní 5G síť je už sama o sobě dedikována konkrétnímu zákazníkovi a je designována podle jeho potřeb. Typicky také disponuje dostatečnými zdroji pro definované případy užití, o které se nemusí dělit s dalšími zákazníky.

To neznamená, že by neměl NS pro privátní 5G sítě smysl. Technicky je realizace NS v privátních nejen možná, ale v praxi bude její realizace jednodušší než u veřejných sítí. Díky menší celkové komplexitě daného řešení. Z technického pohledu se realizace ve veřejné a privátní síti prakticky neliší.

2.3.2 Typy NS dle způsobu nasazení.

Je možné rozlišit 2 hlavní způsoby nasazení NS ve veřejných sítích:

1. NS jako **virtuální privátní síť** (virtual private network)
2. NS pro nasazení v široké oblasti (**Wide area NS**).

Virtuální privátní síť se vyznačuje tím, že je realizována na omezeném perimetru. Zákazníkovi přitom poskytuje vyhrazené zdroje, podobně jako „fyzická“ privátní síť, zde v podobě vyhrazeného plátku sítě.

V takové podobě může virtuální privátní fungovat a uspokojit některé případy užití. Jsou zde ovšem dvě úskalí:

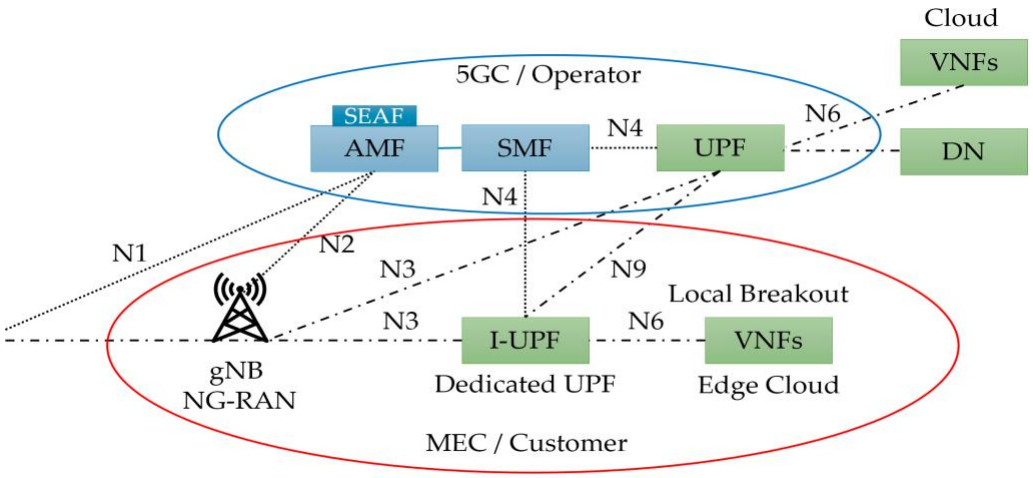
- Vnitřní pokrytí
- Latence

V případě privátní sítě, a to i virtuální, jsou často případy užití realizovány ve vnitřních prostorách zákazníka, jako je výrobní hala, logistické centrum či nemocnice. Často zde vzhledem ke stínění pláště budovy není dokonalý a dostatečný signál ve všech vnitřních prostorách. Řešení virtuální privátní sítě je proto potřeba doplnit ještě o vnitřní pokrytí. Pokud je toto vnitřní pokrytí dedikováno čistě pro daného zákazníka, typicky velkou společnost, pak jde v principu o síť hybridní, protože kombinuje prvky veřejné sítě a privátní sítě.

Základní řešení NS využívá infrastrukturu veřejné sítě, včetně jádra sítě. To vede logicky k vyšší latenci, která pro některé případy užití nemusí být dostatečná. A také uživatelská data nejsou zcela pod kontrolou zákazníka, nezůstávají v jeho prostorách.

Z těchto důvodů může být virtuální privátní síť doplněná o tzv. „local breakout“.

„Local breakout“ znamená, že funkce UPF (user plane function) a díky tomu uživatelská data nejsou směrovány do centrální vzdálené sítě, ale jsou zpracována lokálně u zákazníka (neboli na edge bodě). S tím je spojena nižší latence a vyšší bezpečnost dat.



Obrázek: Schéma „local breakout“. Zdroj: Ing. Michal Poupa.

Tento edge bod ovšem nemusí být nutně jen pro jednoho zákazníka a v prostorách jeho firmy. Jako určitý kompromis může sloužit pro více firem v dané lokalitě a být umístěn v prostorách CSP řádově jednotky kilometrů od prostor firem. Takovýto koncept nazývá společnost NOKIA „edge slicing“ a je znárzorněn na obrázku níže.

Obrázek: edge slicing. Zdroj: Nokia.

V případě virtuálních privátních sítí je síťový plátek obvykle trvalý. Zejména pokud má sloužit pro firemní využití. I zde se mohou najít výjimky a plátek může být dočasný, například pro služby ve sportovní aréně.

Wide area NS naopak pochopitelně nemůže mít local breakout. Může jít o celonárodní slice, například pro gaming nebo PPDR. Zdroje takového slice jsou využité dynamicky, tedy jen když je to potřeba.

3 K čemu je vhodné NS využít - případy užití

3.1 Vymezení oblastí, pro které je network slicing vhodnou volbou.

Vhodnost využití NS pro různé případy užití je úzce spojená s tím, že je možné definovat a realizovat několik typů NS, jak je popsáno v kapitole Typy NS.

Pro využití NS při realizaci různých případů užití je možné rozlišit 3 hlavní typy NS z pohledu nasazení. Z toho 2 jsou ve veřejných sítích:

1. NS jako virtuální privátní síť (virtual private network) / edge slicing.
2. NS pro nasazení v široké oblasti (wide area NS).
3. NS v privátních sítích.

Virtuální privátní síť, tedy NS doplněný o local breakout a řešení vnitřního pokrytí, je přímou substitucí privátní 5G sítě. V principu je tedy virtuální privátní síť možné využít pro všechny případy užití, pro které je vhodná privátní 5G síť. To znamená případy užití omezené definovaným perimetrem, které vyžadují vysokou a garantovanou úroveň služby, ať už jde o výkonnostní parametry, dostupnost nebo bezpečnost.

V jakých případech ovšem využít skutečně privátní 5G síť a v jakých virtuální privátní síť?

Na to zřejmě neexistuje binární odpověď. V praxi bude zákazník (společnost či jiná entita) v ideálním případě vybírat z obou variant a zvažovat je podle konkrétní cenové nabídky a garantovaných parametrů na straně jedné a exaktní definice svých potřeb na straně druhé.

V obecné rovině bude patřit mezi přednosti privátní sítě:

- Kompletní dedikovanost zdrojů, tedy i možnost jejich škálování podle potřeby zákazníka (v případě NS jsou minimálně některé zdroje jako jádro sítě sdílené).
- Design přímo podle potřeb daného zákazníka a jeho případů užití (NS nebude typicky individuální řešení).
- Bezpečnost podle požadavků zákazníka a vlastnictví infrastruktury (některé společnosti výrazně preferují přímo vlastnit veškerou infrastrukturu, což v případě NS není možné).

Mezi přednosti virtuálních privátních sítí/ edge slicingu bude patřit:

- Rychlost nasazení (NS by mělo být standardizované řešení).
- Interoperabilita s veřejnou sítí (je možná i v případě privátní sítě, ale u NS jde o nativní funkci).
- Náklady na realizaci (alespoň v teoretické rovině, protože v případě NS není třeba pořizovat podstatnou část infrastruktury, zejména jádro sítě).

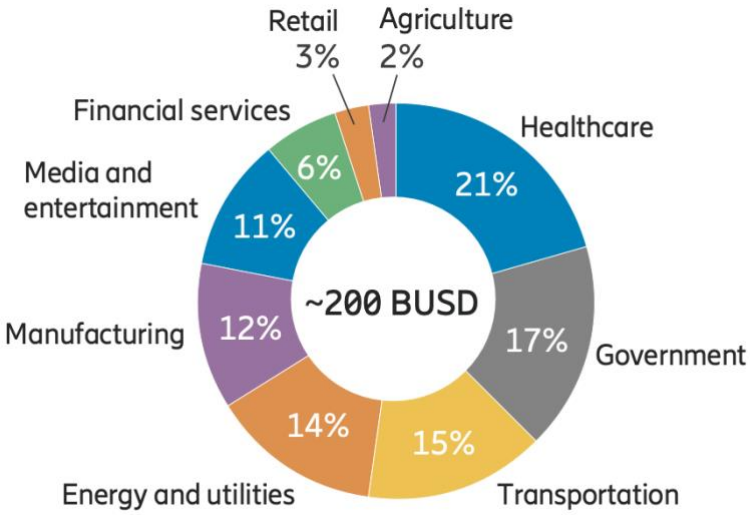
V případě privátních 5G sítí sice v ČR již existuje několik implementací, jejich variabilita z pohledu využité technologie je ovšem zatím velmi omezená. Network slicing v 5G sítích ještě realizovaný není. Proto teprve reálná praxe ukáže, zda se tyto teoretické předpoklady naplní.

Network slicing pro nasazení v široké oblasti (wide area NS) je prakticky jedinou variantou pro poskytování mobilní konektivity s SLA mimo omezený perimetr, tedy například na území celé České republiky. Navíc půjde o možnost fakticky zcela novou. Dosavadní pokusy o poskytování QoS s využitím QCI classes nebyly příliš úspěšné a v principu také neumožňovali zásadní funkci, tedy přihlášení do přetížené sítě. V případě přetížení došlo k zahlcení signalizace, a tak se ani prioritizovaní uživatelé do sítě typicky ani nedostali. Naopak NS by měl umožnit definovaným uživatelům dedikovat zdroje i v případě přetížené sítě. Z toho pak mohou vzejít případy užití, pro které je wide area NS výbornou volbou. V první řadě pro záchranné složky, ale stejně tak i podnikatele potřebující poskytovat služby při akcích hromadného typu, které vedou k přetížení sítě.

Nasazení NS v privátních sítích.

NS bude mít u privátních 5G sítí význam zejména v případě velkých projektů. Typickým příkladem může být privátní 5G síť pokrývající logistický terminál, například přístav. V něm jsou velmi odlišné případy užití. Některé svým charakterem vyžadují spíše plátek typu eMBB, například kamerové systémy. Jiné zase plátek typu URLLC, například teleoperace jeřábů či autonomních vozítek. A další zase plátek typu mMTC, zejména senzorová síť monitorující stavové veličiny v lokalitě.

Podle studie realizované ve spolupráci Ericsson a Arthur D. Little[10] je NS vhodný pro cca 25–30 % 5G use cases. Vhodný může být například pro střední firmy jako alternativa k privátní 5G síti, kterou budou volit spíše velké korporace. Podle této studie by cca 90 % výnosů NS mělo připadat na 6 hlavních odvětví: zdravotnictví, státní správa, doprava, energetika a utility, výroba a média.



Obrázek: Odvětví s nejvyšším příjmovým potenciálem pro network slicing pro CSP. Zdroj: [11]

Společnost NOKIA má za sebou některé komerční realizace network slicingu, jako například prémiovou službu širokopásmového připojení (fixed wireless access) ve spolupráci se společností Telia. Hlavní oblasti využití NS vidí společnost NOKIA tyto:

- Virtuální privátní podnikové sítě.

[10] Ericsson and Arthur D. Little: Network slicing: A go-to-market guide to capture the high revenue potential (2021)

[11] Ericsson and Arthur D. Little: Network slicing: A go-to-market guide to capture the high revenue potential (2021)

- Slicing pro průmyslové vertikály, například v podobě kritické komunikace.
- Pevné bezdrátové širokopásmové připojení pro domácnosti a malé firmy.
- Slicing pro specifické aplikace (např. AR, gaming) dostupný přes prémiové tarify koncových i firemních zákazníků.
- Slicing na vyžádání pro koncové i firemní zákazníky, s možností online aktivace.

Obrázek: Oblasti využití NS. Zdroj: Nokia

Vhodnost volby NS pro konkrétní případ užití bude ovšem podobně jako u jiných možností a typů konektivity záviset zejména na tom, zda NS dokáže splnit parametry, které zákazník požaduje. Klíčové tedy bude, zda NS dokáže skutečně přinést garantovanou úroveň služby. V případě B2B zákazníků může být úroveň služby formalizována v podobě SLA.

Mezi požadované parametry (SLI – Service Level Indicators) bude patřit zejména:
- Úroveň downlink a uplink na uživatele.
- Maximální latence (zpoždění).
- Stabilita (jitter).
- Počet současných připojení (v určité lokalitě).
- Celková kapacita systému.
- Úroveň dostupnosti služby (např. 99,99 %).
- Požadovaná úroveň mobility atd.

V dalších kapitolách jsou uvedeny vybrané případy užití, pro které může být smysluplné využít NS (v závislosti na schopnosti nabídnout garantované parametry na straně jedné a akceptovatelné komerční podmínky na straně druhé). Tyto případy užití jsou členěny na B2B, B2C, B2G a velkoobchod.

3.2 Případy užití pro firmy (B2B)

3.2.1 Vertikála: Zdravotnictví

Podle studie společnosti Ericsson patří zdravotnictví k šesti nejzajímavějším vertikálám z pohledu network slicing. S tím, že může tvořit až 21 % adresovatelných výnosů network slicing.[12]

Kategorie: Telemedicína

Telemedicína je definována jako dálkový přenos lékařských informací od pacienta k doktorovi, prostřednictvím telekomunikačních a informačních technologií. Vysoká kvalita připojení a zároveň flexibilita pohybu je v daném případě kritický požadavek. Existuje zde přitom řada případů užití, které nejsou omezeny na definovaný perimetr. To znamená, že je není možné řešit privátní sítí a NS tak předsta vuje logickou volbu díky možnosti zajistit i v tomto případě SLA.

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

[12] Ericsson study – Network slicing: Top 10 use cases to target. An overview of industries and use cases that will drive the majority of the revenue potential (2021).

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

Další případy užití ve zdravotnictví jsou spojené s daným zdravotnickým zařízením a omezené na jeho perimetr. V takových případech tedy může být využita privátní 5G síť, nebo NS v podobě virtuální privátní sítě. Které z těchto řešení zvolit není možné určit obecně, vždy bude záležet na konkrétních požadavcích a prioritách zákazníka na jedné straně a nabídkou poskytovatele na straně druhé.

Mezi tyto případy užití patří:

- Přenos a zpracování diagnostických a dalších dat v rámci zařízení.
- Monitorování životních funkcí pacientů na lůžku.
- Monitoring chování pacientů v zařízení pomocí video analýzy.
- Skupinová komunikace zdravotního personálu.

3.2.2 Vertikála: Logistika a doprava

Doprava patří k dalším potenciálně významným vertikálám z pohledu NS. Podle výše uvedené studie Ericsson by mohlo na tuto vertikálu připadat 15 % adresovatelných výnosů v oblasti NS.

V této vertikále je řada případů užití, které není možné realizovat na omezeném perimetru a NS je tak jednou z mála možností využít pro tyto případy užití konektivitu s garantovanými parametry na potřebné výši.

V tabulce jsou vedeny 3 případy užití tohoto typu.

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

Další případy užití v této vertikále jsou obvykle spojené s definovaným perimetrem, například:

- Chytrý sklad
- Asistovaná práce v logistice
- Chytrý logistický areál (přístav, překladiště).

Je proto pro ně možné volit mezi privátní sítí a virtuální privátní sítí.

3.2.3 Vertikála: Zemědělství a potravinářství

Zemědělství není uvedeno mezi předními vertikálami ve výše uvedené studii Ericsson, ale za jednu z nejzajímavějších vertikál a příležitostí ji považuje například společnost T-Mobile.

I v případě země existují případy užití, které jsou zcela mimo ohraničený perimetr. A pak celá řada případů užití, které jsou sice na definovaném perimetru, ale ten může být opravdu velký, například farma o rozloze mnoha hektarů. Kromě rozlohy by byla složitá také kabeláž. V takovém případě by privátní síť mohla být velmi nákladná a network slicing se jeví jako mnohem logičtější řešení.

Mimo definovaný perimetr existuje skupina případů užití spojená se sledováním 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. Senzory 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

V definovaném perimetru existuje celá řada případů spojených s chytrou farmou a precizním zemědělstvím, například:

- Monitorování hospodářských zvířat.
- Autonomní zemědělské stroje.
- Monitorování stavu půdy či škůdců
- Automatizované sklízecí systémy.

3.2.4 Vertikála: Energetika a utility

Podle výše uvedené studie Ericsson by mohlo na vertikálu připadat 14 % adresovatelných výnosů v oblasti network slicingu. To znamená, že patří k nejzajímavějším cílovým vertikálám. Řada případů užití se nachází na velkém prostoru, některé vyžadují současně podporu mobility, NS je tak prakticky jediným řešením, které pro ně může přinést garantovanou úroveň služby. Vybrané 4 případy užití jsou uvedeny v následující tabulce.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Inspekce energetických a utilitních rozvodů pomocí dronů	Inspekce rozvodnů je důležitá a přitom náročná činnost, při které mohou drony výrazně pomoci. Důležitá je přitom jejich splehlivá konektivita umožňující i přenos videa.	Ne	eMBB,URLLC
PTx (Push to talk/ Push to video) pro pracovní týmy	Pracovní týmy realizují inspekce a opravy v energetice. Řízená skupinová komunikace umožňující přenos rozsáhlých datových souborů (dokumentace) a videa jim zefektivní práci a umožní vzdálenou asistenci.	Ne	eMBB
Připojení vzdálených energetických zdrojů	Větrné elektrárny a další distribuované zdroje energie se mohou nacházet v lokalitách, kde není efektivní budovat optické připojení a přesto potřebují spolehlivou konektivitu.	Ne	eMBB
Virtuální elektrárny (VPP), jejich propojení a řízení.	VPP obvykle shromažďují velké množství distribuovaných energetických zdrojů (DER). Zdroje mohou zahrnovat pístové motory na zemní plyn, malé větrné elektrárny (WPP), fotovoltaiku (PV), průtočné vodní elektrárny, malé vodní elektrárny, biomasu, záložní generátory a systémy pro skladování energie, jako jsou domácí nebo autobaterie (ESS) atd.	Ne	URLLC

Také v energetice existují případy užití omezené daným perimetrem. Typickým případem bude zajištění bezpečnosti a komunikace v elektrárně. V takovém případě bude ovšem pravděpodobnější využití ostrovní privátní sítě, nikoli virtuální.

3.2.5 Vertikála: Broadcasting (vysílací služby)

Broadcasting je další perspektivní oblastí pro NS. A také dle pohledu společnosti T-Mobile, která v této oblasti již realizuje první testovací projekty ve spolupráci s Českou televizí.

Vysílací a streamovací služby čelí významným výzvám, pokud jde o přenos živého vysílání. Současné nastavení pro vedení živého vysílání je drahé a vyžaduje satelitní připojení pro podporu produkce na úrovni HD/UHD vysílání. Živé vysílání je také někdy obtížné produkovat kvůli nedostatečné konektivitě, zejména u akcí, které se konají mimo městská centra. A přesto poptávka po produkci živého vysílání stále roste.

V této oblasti existuje řada případů použití, které může network slicing umožnit v blízké budoucnosti:

1. Vzdálené vysílání a produkce:

   V tomto případě použití může většina pracovníků zapojených do živého vysílání události ovládat kamery, mixovat a upravovat obsah a měnit pohledy za běhu, i když pracují z místa stovky nebo tisíce kilometrů daleko od akce.

2. Vysílání VR / UHD druhé scény:

   Je to podobné jako u živého vysílání události na obří obrazovce na sekundárním místě, ale zde by to vysílatelé dělali pomocí virtuální reality (VR), UHD a 4K.

3. Zážitek z živé události na místě: Tento případ použití je podobný vysílání druhé scény, ale v tomto případě by se video UHD vysílalo na místě živé události například pro okamžité přehrávání.
4. Ad-hoc / dočasné hromadné akce:

Tyto druhy vysílání vyžadují rychlé a flexibilní přidělení dodatečné šířky pásma místu události.

3.2.6 Vertikála: Průmysl a výroba

V této vertikále existuje množství případů užití pro 5G technologie, které je možné seskupit zejména do kategorií:

- Chytrá továrna.
- Připojený pracovník.

V principu jsou tyto případy užití realizovány na omezené perimetru a bude tak pro ně vždy otázkou volba mezi privátní sítí a virtuální privátní sítí s využitím network slicingu.

3.3 NS pro koncové uživatele (B2C)

Business-to-Consumer (B2C) označuje proces (či oblast), kdy firmy prodávají produkty nebo poskytují služby přímo jednotlivým spotřebitelům. Tento model obvykle zahrnuje transakce, kdy se zboží a služby prodávají koncovým uživatelům pro osobní použití.

V případě NS to nemusí to znamenat, že CSP (mobilní operátor) prodává služby přímo koncovému zákazníkovi. V některých případech může existovat (typicky velkoobchodní) zprostředkovatel. Například herní platforma, poskytovatel pokročilých služeb na stadionech apod, který pro poskytování svých služeb koncovým zákazníkům využije NS poskytnutý mobilním operátorem. Koncovým uživatelem je ale v B2C scénáři vždy individuální zákazník, nikoli firma.

Příklady B2C případů užití:

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Premium konektivita pro gaming	Tato oblast je spojována s velkými očekávání z pohledu NS a objevují se už první reálné projekty. V současnosti hráči spoléhají primárně na pevné sítě, což je ovšem nutí být připoutaní k domovu. Vysoce kvalitní přenos videa navíc vyžaduje podporu velké šířky pásma, jinak komprese videa zhoršuje uživatelskou zkušenost hráčů. Zejména VR a další vysoce interaktivní hry vyžadují velmi vysokou propustnost a nízkou latenci pro příjemný herní zážitek. Network slilcing přitom může pomoci hernímu průmyslu překonat většinu překážek, které brání hraní pokročilých mobilních a AR her.	Ne	eMBB,URLLC
Pevné bezdrátové připojení pro domácnosti.	Využití mobilních sítí pro pevný bezdrátový přístup k internetu pro domácnosti není nic nového. V některých případech, například vzdálených lokalitách, je to prakticky jediné ekonomické řešení. Proto je poměrně oblíbené například ve Skandinávii. Tam jsou také realizovány první komerční projekty využití NS pro pevné bezdrátové připojené. NS totiž umožňuje povýšit tuto službu na vyšší úroveň. V domácnosti je využívána řada služeb, pro které je důležitá vysoká stabilita a garance parametrů. Například streaming, nebo služby spojené s automatizací domácnosti (smart home). Z těchto důvodů je NS nejen vhodný, ale některé domácnosti budou ochotné si za garantovanou služby zaplatit prémiové tarify.	Ne	eMBB
Infotainment a připojení vozidel	Cestující ve vozidlech často vyžadují kvalitní a stabilní mobilní připojení pro navigaci, poslech hudby, ale také přehrávání videa pro děti během dlouhých cest. Z toho důvodu jsou služby pro připojení vozidel s garantovanými parametry dobrým cílovým trhem.	Ne	eMBB
Připojení na stadionech, festivalech a podobných jednorázových akcích.	Návštěvníci sportovních, kulturních a společenských akcí často využívají streamování videa či odesílání fotografií, kterými se chtějí podělit o své zážitky. Připojení přitom může být za daných okolností na hromadných akcích problém. Někteří zákazníci si tedy budou chtít zaplatit speciální službu s garantovanými parametry.	Ne	eMBB

3.4 Státní správa a chytrá města (B2G)

Privátní sítě nejsou určené k využití na veřejných a rozsáhlých prostorách. Z tohoto pohledu se NS nabízí jako řešení, které potenciálně dokáže zajistit potřebnou konektivitu pro chytrá města nebo státní záchranné složky (IZS), které se musí pohybovat na celém území státu, což jsou dvě hlavní kategorie případů užití ve státní správě a samosprávě.

3.4.1 Kategorie PPDR („Public protection and disaster relief“)

Tato kategorie řadu případů užití, které realizují záchranné složky („first responders“) jako policie, jednotky požární ochrany a zdravotnická záchranná služba.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
PTx (Push to X) pro first responders	Dispečersky řízená skupinová komunikace je stále nejefektivnějším způsobem koordinace činnosti záchranných složek. Tyto složky stále využívají úzkopásmové technologie, jejichž původ je v 80.letech 20.století. V případě IZS je to proprietární technologie Tetrapol, obdoba technologie TETRA využívané například Armádou ČR. Moderní širokopásmové technologie jako 5G ve spojení s komplexním aplikačním řešením přináší zcela nové možnosti v podobě přenosu rozsáhlých datových souborů a streamování videa, ať už z uživatelských terminálů (handsetů), nebo z kamer nošených na přilbách a tělech záchranářů. Zároveň je ovšem potřeba zajistit vysokou dostupnost a spolehlivost těchto služeb, které tradičně fungují na dedikovaných sítích. Network slicing je jednou možností, jak garantované parametry zajistit, včetně dostupnosti zdrojů i při lokálně přetížené síti, při současném zajištění celonárodního pokrytí.	Ne	URLLC,eMBB
Připojená hlídková vozidla	Hlídková vozidla potřebují konektivitu s vysokými nároky na přenosovou kapacitu, nízkou latenci a vysokou dostupnost, protože tato konektivita podporuje celou řadu důležitých úkonů. Od přenosu videa z palubní kamery, přes připojení do interních systému až po data přenášená vozidlovou komunikační jednotkou. To vše na celém území státu a za vysoké mobility. Network slicing je tedy ideálním řešením.	Ne	eMBB,URLLC
Dohledové systémy	Přenos videa je díky kamerám s vysokým rozlišením a stále dokonalejší analytikou s podporou AI podstatnou složkou zajišťování bezpečnosti v různých lokalitách a při různých scénářích. Samostatným tématem je nutnost využití těchto prostředků v souladu s právem na soukromí a další etické standardy, tak aby se ve vyspělých demokratických státech nepoužívaly podobné metody jako v komunistické Číně. S tím network slicing nepomůže. Rozhodně ale může pomoci s technickým zajištěním těchto služeb na potřebné úrovni a s dostatečnou flexibilitou.	Ne	eMBB

3.4.2 Kategorie Smart cities

Smart city, neboli chytrá města, je opravdu širokou kategorií. Aby bylo město chytré, potřebuje realizovat celou řadu případů užití v oblasti dopravy, bezpečnosti, ekologie a služeb občanům.

Dále jsou uvedené vybrané příklady těchto případů užití.

Název UC	Popis	Perimetr	5G vlastnosti
Řízení dopravy	Monitorování a řízení dopravy v reálném čase může snížit dopravní zácpy a zlepšit městskou mobilitu. Další aplikací je monitoring parkovacích míst a dynamické navádění vozidel v závislosti na obsazenosti. NS poskytne vhodnou konektivitu pro tento případ užití všude tam, kde není možné či efektivní využít pevnou konektivitu.	Ne	URLLC
Připojení vozidel hromadné dopravy	Připojení vozidel hromadné dopravy je potřebné již nyní, a to z řady důvodů. Komunikace s dispečinkem a řídícími systémy, přenos dat z kamer, poskytování informačních služeb cestujícím, případně i konektivita pro cestující atd. NS může pomoci zvýšit kvalitu všech těchto úloh a služeb.	Ne	eMBB,URLLC
Environmentální monitorování	Existuje široká škála parametrů prostředí, které je přínosné sledovat – monitorování kvality ovzduší, kvality vody, koncentrace CO2, vlhkost, odpady atd. Typicky se jedná IoT scénář a nabízí se tedy využití mMTC plátku sítě.	Ne	mMTC
Bezpečnost města	O bezpečnost města se starají dohledové systémy a také aplikace využívané městskou policií. V těchto případech je opět důležitá garantovaná dostupnost služby s definovanými parametry.	Ne	URLLC,eMBB
Energetika a utility pro chytré město	Výdaje za energie tvoří často podstatnou nákladovou položku v rozpočtu města. Moderní přístupy k řízení energetických zdrojů a spotřeby mohou náklady výrazně snížit. Patří sem například pokročilý facility management městských budov včetně smart meteringu a řízení veřejného osvětlení. Pro všechna tato moderní řešení je spolehlivá konektivita nutným předpokladem.	Ne	mMTC

3.5 Velkoobchod a MVNOs

V kontextu network slicingu se kategorie velkoobchodu týká poskytování schopností síťového plátkování poskytovatelem komunikačních služeb (CSP/ mobilní operátoři) jiným podnikům nebo poskytovatelům služeb, spíše než přímo koncovým uživatelům. To umožňuje menším poskytovatelům, poskytovatelům managed services (MSP) nebo jiným podnikům využívat pokročilé možnosti sítě 5G k poskytování služeb šitých na míru svým zákazníkům. Velkoobchodní model často zahrnuje prodej segmentů sítě se specifickými vlastnostmi těmto zprostředkovatelům, kteří je pak používají nebo dále prodávají jako součást svých vlastních nabídek služeb.

V případě velkoobchodního modelu přibývá potřeba řešení velkoobchodního vztahu mezi CSP/MNO a velkoobchodním poskytovatelem koncových služeb. Funkční model bude proto vyžadovat zřejmě otevřený model slicingu, tedy možnost jeho ovládání přes API, stejně jako robustní billingovou a provozní platformu.

Řada případů užití pro B2B a B2C může být poskytována také prostřednictvím velkoobchodního modelu. V takovém případě se nemění nic na požadavcích koncových uživatelů, ať jsou jimi firmy nebo jednotlivci a domácnosti, na úroveň poskytování služby.

Například může jít o:

- Herní platformy, které poskytují služby koncovým uživatelům/hráčům.
- Specializované společnosti pro poskytování služeb na stadionech.
- Společnosti zajišťující služby kritické komunikace pro městskou policii či jiné skupiny uživatelů.

Podstatný dopad může mít network slicing na oblast **virtuálních operátorů, neboli MVNO (Mobile Virtual Network Operator).** Už stávající označení naznačuje, že operátor funguje na virtuální síti. Skutečnost ale taková není. Stávající virtuální mobilní operátoři poskytují služby na síti mobilního operátora. Existují pro to různé režimy:

Režim branded reseller znamená, že poskytovatelem služeb je stále mobilní operátor. Branded reseller jeho služby pouze přeprodává a získává za to provizi. Využívá svou značku, jde proto často o firmy se silným brandem a distribuční sítí. V České republice je příkladem takového MVNO v režimu branded reseller BLESK mobil.

Velkoobchodní režim znamená, že virtuální operátor nakupuje služby mobilního operátora a prodává je pod svým jménem a na svou odpovědnost, je poskytovatelem služeb koncovým zákazníkům. Příkladem tohoto modelu byl v minulosti Sazka mobil.

Joint venture je pak společnou firmou mobilního operátora a další firmy, společně využívají svých předností při nabídce služeb. Příkladem v České republice je Tesco mobile.

Jakkoli jsou tyto režimy MVNO odlišné jednu věc mají společnou. A sice to, že ve skutečnosti virtuální operátor nedisponuje žádnou virtuální sítí. Stávající model MVNO je poplatný režimu „one-size-fits-all“. MVNO nemá žádné speciální vyhrazené zdroje pro sebe a své zákazníky. Není tedy v pozici poskytovat reálně diferencované a případně garantované služby. Typicky jedinou zárukou, kterou MVNO od MNO získá, je nediskriminace jeho zákazníků. MNO se obvykle zavazuje, že se k zákazníkům MVNO bude chovat jako ke svým vlastním.

Toto vše by mohl a měl změnit network slicing. Je to první technologie, která by měla umožnit jednotlivým MVNO poskytovat skutečně diferencované služby. Mohli by vzniknout MVNO specializovaní na určité segmenty, například:

- MVNO pro enterprise zákazníky.
- MVNO pro zdravotnictví a pacienty.
- MVNO zaměřený na IoT.
- MVNO zaměřený na poskytování virtuálních privátních sítí.

K naplnění této vize ovšem bude potřeba splnit zejména tyto dva předpoklady:

- Technické zajištění velkoobchodního modelu, který umožnilo otevřený a dynamický slicing. V tomto případě by to mohlo být dokonce tvoření plátků v rámci určitého MVNO plátku (tj. hierarchická struktura NS).
- Ochota MNO takovýto model realizovat. Ze strany MNO jsou MVNO často bráni spíše jako konkurence. Je tedy zapotřebí najít business model, který bude vnímaný pozitivně oběma stranami, nebo vytvořit takové regulační prostředí, které umožní MVNO poskytovat služby v rámci network slicingu, tak aby byla podpořeno konkurenční prostředí na trhu.

V každém případě v době, kdy se network slicing stane novým standardem poskytování služeb v mobilních sítích, tj. bude opuštěn model „one-size-fits-all“ a budou poskytovány služby designované na míru požadavkům zákazníků, bude nutné, aby MVNO měli k NS také přístup, protože v opačném případě jejich služby nebudou konkurenceschopné.

4 Jakou hodnotu NS přináší - business modely

4.1 Business modely pro NS

V případě NS rozhodně nebude existovat jeden business model. Naopak. Business modelů bude celá řada a budou se lišit podel různých kritérií.

Otázka ovšem je, zda a jaké business modely budou úspěšné. To je zatím v rovině teorie.

Jedním z klíčových rozdělení business modelů bude podle typu zákazníka:

- B2C
- B2B
- B2B2C/ Wholesale

Podívejme se nejdříve na to, co vlastně model je a z čeho se skládá. Obecná definice business modelu je následující:

Business model definuje, jak firma tvoří hodnotu, doručuje ji zákazníkům a získává od nich zpět protihodnotu.

Business model má tedy 3 hlavní oblasti:

1. **Vytváření hodnoty** – zde hraje hlavní roli produkt nebo služba, kterou poskytujete svému zákazníkovi a jejíž prostřednictvím zákazník získává hodnotu. Tato hodnota je definovaná jako Value Proposition. A pokud možno je odlišná od hodnoty poskytované konkurencí, je unikátní, tedy Unique Value Proposition.
2. **Doručování hodnoty** – jak prodáváte a distribuujete produkt nebo službu. Zde hraje hlavní roli marketing a prodej.
3. **Zachycení hodnoty** – způsob, jakým firma získává hodnotu zpět pro sebe. To je dané jejím výnosovým modelem.

Aby business model fungoval, musí v něm platit následující pravidla:[13]

- Hodnota vnímaná zákazníkem musí být vyšší než hodnota, kterou nám vrací zpět. To je podstata správné Value Proposition.
- A současně musí být hodnota, kterou firma získá zpět, vyšší než náklad na doručení této hodnoty.

Tato obecná pravidla budou pochopitelně platit také pro network slicing a veškeré propozice a služby na něm založené.

[13] Maurya, A. (2012, February 28). *Running Lean*. "O'Reilly Media, Inc."

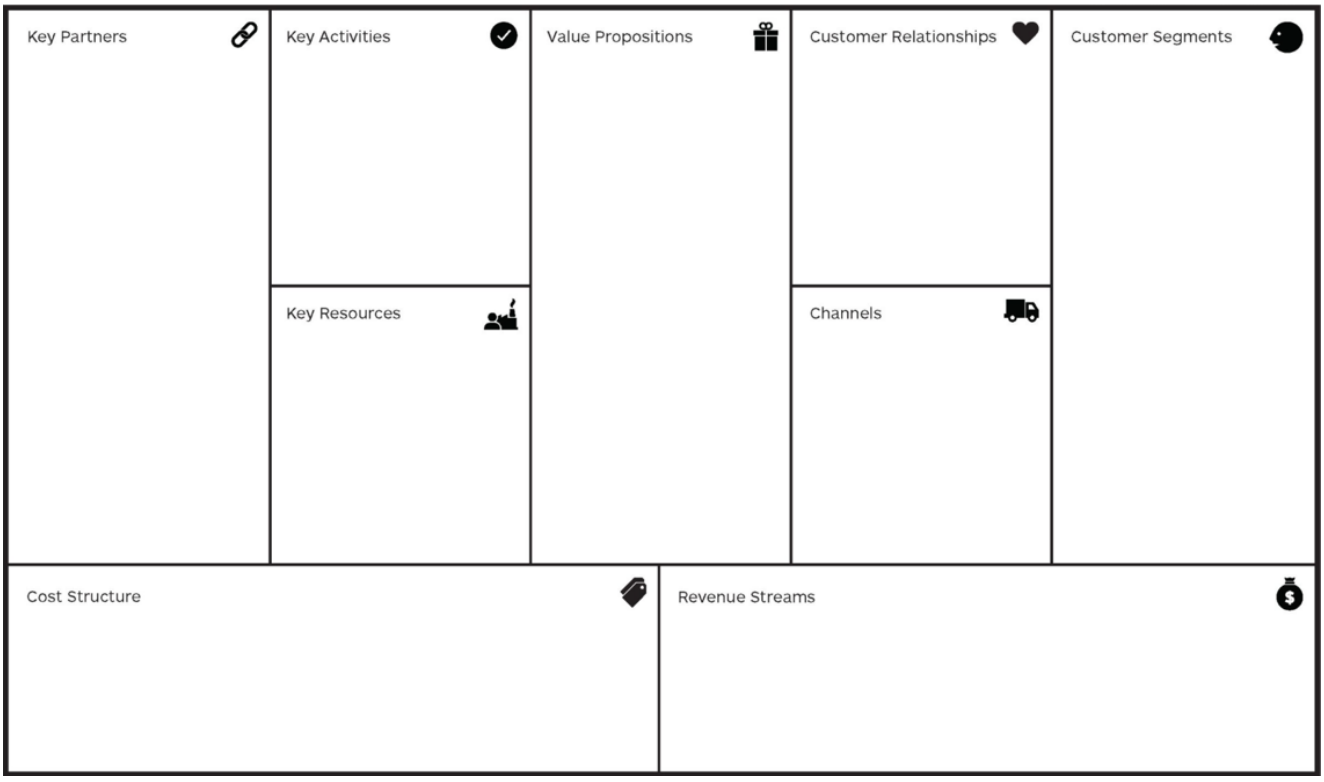
Konkrétně to znamená, že pokud bude chtít CSP (nebo jiný poskytovatel služeb) účtovat zákazníkovi inkrementální poplatky za služby spojené s network slicing, bude muset zákazník jasně vnímat přidanou hodnotu tohoto řešení, a to hodnotu větší, než jsou účtované poplatky.

Zároveň přitom inkrementální výnosy generované službami spojeným s NS budou muset převýšit náklady spojené s implementací a provozem network slicing.

A to nebude jednoduchá úloha, zejména s přihlédnutím k tomu, jak komplexní technologií je network slicing, zejména pak ve spojení s OSS a BSS systémy, které budou muset podporovat pokročilé formy dynamického a otevřeného slicingu.

Při hledání a definici business modelu je možné využít i pro služby spojené s network slicing Business Model Canvas.

Autorem tohoto modelu je Alexander Osterwlader.[14] Business Model Canvas obsahuje 9 oblastí, které jsou dle této metodiky klíčové pro definování business modelu: zákaznické segmenty, value proposition (hodnotová nabídka), prodejní kanály, vztahy se zákazníky, toky příjmů, klíčové zdroje, klíčové aktivity, klíčová partnerství a nákladová struktura.



Obrázek: Business Model Canvas. Zdroj: Osterwalder (2013).

[14] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2013, February 1). *Business Model Generation*. John Wiley & Sons.

4.2 B2C Business model

Pro nefiremní koncové zákazníky v podobě jednotlivců a rodin existuje celá řada případů užití, které může network slicing posunout na vyšší úroveň. Příklady těchto případů užití jsou uvedeny výše: gaming, infotainment ve vozidlech, služby na stadionech a hromadných akcích, pevné bezdrátové připojení domácností atd.

Z pohledu business modelu je klíčovou otázkou, zda koncoví zákazníci vnímají v současné době bez network slicingu určitý problém a network slicing jim tento problém pomůže vyřešit. Pokud ano, je reálná šance, že budou ochotni zaplatit inkrementální cenu za toto řešení.

V některých výše uvedených případech problémy aktuálně jistě existují, například:

- Běžné mobilní připojení neposkytuje dostatečně nízkou latenci pro bezproblémové hraní zejména AR her.
- Při hromadných akcích je obtížné si zavolat, natož spolehlivě streamovat video přátelům.
- Infotainment funguje bez problémů, tedy až do té doby, než se dostanete do dopravní zácpy a dojde k přetížení sítě.

Network slicing má technické možnosti tyto problémy vyřešit.

Jakým způsobem ovšem za vyřešení problému účtovat?

Musí se jednat o model jednoduchý, transparentní a generický, pokud má mít šanci na úspěch.

Z minulosti existuje negativní zkušenosti s „content based charging“, kdy byla snaha CSP nastavit specifické podmínky pro nějaké typy obsahu a aplikací. Například Facebook (a kvůli nediskriminaci i další sociální sítě, ale v praxi šlo primárně o Facebook) nebyl počítán do datového limitu, na rozdíl od jiného obsahu. Ovšem pak stačilo kliknout na nějaký odkaz a uživatel se dostal mimo původní aplikace a data mu byla účtována, aniž by o tom věděl. Tedy velmi netransparentní a uživatelsky nepřívětivý přístup.

Také neuspělo účtování specificky za 4G či za 5G. Ostatně kdo z koncových zákazníků ví, co to přesně znamená. A prakticky nikdo není schopen rozlišit, zda právě čerpá data přes 4G či 5G atd.

Na druhou stranu i v současnosti existuje členění tarifů na „vyšší“ a „nižší“. Tedy více či méně prémiové. Rozlišujícím faktorem je ovšem typicky:

- Objem dat (která je možné přenést).
- Rychlost přenosu (používá se zejména u pevných bezdrátových služeb).

Tyto parametry přitom pomalu ztrácí na významu. Zákazníci chtějí být online vždy. Datový objem se tedy neustále zvětšuje, případně existují tzv. neomezené tarify. Rychlost zase od určitého bodu přestává být omezujícím faktorem. Pro většinu aplikací stačí rychlosti 20-50 Mbps. V praxi tak není rozdíl v uživatelské zkušenosti mezi tarify s rychlostí 100 Mbps nebo 200 Mbps.

Při dosažení určité potřebné rychlosti je pro uživatelskou zkušenost důležitá sada dalších parametrů. A právě ty by měl network slicing přinést:

- Minimální rychlost downlink / uplink (Mbps)
- Stabilita připojení (jitter).
- Nízká latence (RTT).
- Schopnost připojit se s vysokou spolehlivostí i v místně přetížené síti.

Pro zákazníky tedy může dávat smysl platit vyšší ceny za premium tarify, které budou výše uvedené parametry zajišťovat. Nedá se ovšem očekávat, že by koncoví zákazníci tyto parametry znali a věděli, jaké hodnoty požadovat. Před CSP/mobilní operátory tak stojí výzva, jak hodnotu zprostředkovanou danými parametry zákazníkům komunikovat a vysvětlit, aby ji správně chápali a byli ochotni za ni platit.

Nejjednodušší variantou by bylo vytvoření premium tarifů s jasně definovanými parametry a garancemi.

Komplikací je ovšem (kromě toho, jak komunikovat parametry) skutečnost, že prémiovost se projeví jen v okamžiku určitého problému. Proto může být ochota alespoň části zákazníků připlatit si za prémiovou službu omezena na tyto okamžiky. Řešením tak může být možnost okamžitého jednorázového „boosteru“, který by si v dané situaci zákazník koupil. Jeho cena by pak byla relativně vyšší, než v případě dlouhodobého zvýhodněného tarifu. Pro takové řešení bude nutné, aby CSP podporoval opravdu flexibilní provisioning.

Další variantou pak může být vytvoření specifických tarifních produktů pro určité typy aplikací. Což může být pro zákazníky snáze pochopitelné. Například prémiové tarify pro gaming, pro streaming apod. Zde je ovšem výzva spojená s tím vyhnout se aspektům, které vedly k nepříliš úspěšnému „content based“ účtování v minulosti.

Současně je na místě konstatovat, že nabídka prémiových tarifů znamená vytvoření „rychlého pruhu“ pro zákazníky s prémiovou službou. Rychlý pruh přitom znamená o to méně zdrojů pro zbývající zákazníky. Takový přístup může mít problém v případě velmi rigidního výkladů síťové neutrality (více viz kapitola Regulační podmínky). Převažující výklad síťové neutrality by ovšem měl takovýto model umožnit, protože:

- Každý zákazník má možnost si rychlý pruh připlatit, jde o službu pro všechny.
- Nedochází k omezení konkurence, když nejsou upřednostňování vybraní poskytovatelé či aplikace.

Shrnutí:

Pro B2C oblast mohou existovat například tyto business modely:

- Prémiové tarify s garantovanými parametry.
- Produkt „booster“ pro řešení ad-hod potřeby zákazníků.
- Speciální tarifní produkty pro aplikační oblasti jako gaming či streaming.

Mezi hlavní výzvy bude patřit:

- Nalezení problému, který zákazníci vnímají a je dostatečně silný, tak aby byli ochotni platit za jeho řešení.
- Komunikace a objasnění přínosu garantovaných parametrů.

4.3 B2B/B2G Business model

Na základě analýzy typů nasazení network slicing a kategorií případů užití v B2B oblasti popsané v kapitole 3 jsme identifikovali následující 4 business modely:

1. Model typu SLA.
2. Model typu privátní síť/NaaS.
3. Dynamický model.
4. Aplikační/ vestavěný model.

4.3.1 Model SLA

Tento model možné uplatnit prakticky univerzálně na různé případy užití, včetně nasazení NS v široké oblasti.

Výhodou modelu SLA je skutečnost, že firmy jsou často zvyklé SLA využívat a také za to platit.

Podívejme se tedy, co to SLA (Service Level Agreement) přesně je, protože o tom existují často poměrně zkreslené představy. Ty vedou k nevhodným definicím typu SLA 24/7 apod.

Service Level Agreement je je formální dohoda mezi poskytovatelem služby a zákazníkem, která specifikuje úroveň služby, kterou poskytovatel závazně poskytne. Je proto klíčové definovat právě úroveň služby (Service Level).

Service Level (úroveň služby) je měřítko kvality poskytovaných služeb, které specifikuje očekávané parametry výkonu a dostupnosti služby. Zahrnuje specifické charakteristiky služby, může se jednat o funkcí i nefunkční požadavky na službu. Zde je příklad kategorií:

- **Dostupnost**: Jak často je služba k dispozici pro použití.
- **Výkon**: Jak rychle služba funguje nebo jak dobře plní své funkce.
- **Kapacita**: Maximální objem práce, který služba může zpracovat.
- **Spolehlivost**: Jak často služba selhává nebo vykazuje chyby.
- **Bezpečnost**: Jak dobře služba chrání data před neoprávněným přístupem.
- **Funkčnost**: Kompletnost a správnost obsažených funkcí služby.

V praxi je ideální definovat zcela konkrétní parametry, které ovlivňují a definují úroveň služby a jejich požadované hodnoty či rozmezí hodnot. V případě network slicing pro B2B by se mohlo jednat o následující parametry:

- Celková dostupnost služby (např. 99,99 %)
- Minimální rychlost downlink/uplink na uživatele (Mbps)
- Celková propustnost systému (Gbps)
- Stabilita připojení – maximální hodnota jitter (ms).
- Maximální latence RTT (ms).

SLA ovšem neobsahuje jen parametry služby, ale definuje také další aspekty důležité pro správné zajištění služby, zejména:

- Popis služby: Detailní popis poskytované služby.
- Úroveň služeb: viz výše.
- Role a odpovědnosti: Povinnosti poskytovatele služby a zákazníka v rámci dohody.
- Měření a reportování: Metody a nástroje používané k měření úrovně služby a způsob, jakým budou výsledky reportovány.
- Řešení problémů: Postupy pro eskalaci a řešení problémů, které mohou vzniknout.
- Sankce a kompenzace: Důsledky pro poskytovatele služby v případě nedodržení specifikovaných úrovní služeb, včetně případných sankcí nebo kompenzací pro zákazníka.
- Doba platnosti a revize: Doba trvání SLA a podmínky pro její revizi a aktualizaci.
- V případě služby založené na network slicing a bude chtít zákazník dostávat reporty o dosažené úrovni služby a případných rozdílech oproti garantovaným parametrům. Tak aby bylo zřejmé, za co skutečně platí a že se nejedná jen o marketingový produkt a SLA neslouží jen jako pojistka pro případ problémů.

To přináší další poměrně vysoké nároky na provozní zvládnutí NS.

Firemní zákazníci za NS SLA mohou platit jako za samostatnou položku nad rámec svých tarifních služeb. Navíc může mít SLA různé úrovně podle hodnoty garantovaných parametrů, ze kterých si zákazník vybere podle svých požadavků.

4.3.2 Model typu privátní síť/NaaS

Vzhledem k tomu, že network slicing umožňuje způsob nasazení v podobě virtuální privátní sítě, je možné také vytvořit business model, který bude analogií business modelu privátní sítě.

V případě nasazení NS přímo v privátní síti se jedná o funkcionalitu, která má potenciál značně zvýšit hodnotu pro zákazníka – tedy v případě nasazení ve vhodném typu privátní sítě, například v přístavu či na letišti, tedy v privátní síti značného rozsahu s řadou různých typů uživatelských scénářů. V takovém případě bude CSP v pozici reflektovat NS funkcionalitu privátní sítě v její ceně.

Privátní sítě jsou dnes poskytovány typicky ve dvou obchodních modelech:

CAPEX model. Zákazník platí úvodní investici, vybavení sítě (HW a SW) je v jeho majetku. Průběžně musí i tak platit za podporu a údržbu zahrnující SW aktualizace, debugging a L3 podporu dodavatele. V některých případech také licenční poplatky.

OPEX/NaaS (Network as a service) model. Zákazník neplatí úvodní investici a privátní síť má v nějaké formě pronájmu. Obvykle za pevně danou měsíční cenu. Součástí ceny je pak nejen HW a SW, ale také podpora a údržba sítě.

V případě virtuální privátní sítě nedává CAPEX model příliš smysl. I virtuální privátní síť může obsahovat elementy dedikované pro daného zákazníka – UPF a prvky interního pokrytí. Ty ovšem tvoří jen malou část celkového řešení, které je realizováno na infrastruktuře CSP.

Z tohoto pohledu se tedy nabízí jako mnohem logičtější model „Network as a service“. Pro zákazníka bude obvykle nejlepší model pevné měsíční ceny za službu sítě. Díky tomu se vyhne nejen úvodní vysoké investici, ale bude také moci s jistotou rozpočtovat náklady. Z tohoto důvodu by nebyla vhodná cenová schémata založená například na přenesených datech, počtech zařízení, počtech připojení a podobných metrikách, která by vedla k nejistotě na straně zákazníka.

4.3.3 Dynamický model

Firemní zákazníci, podobně jako koncoví rezidentní zákazníci, mohou mít potřebu využít network slicing jen ve specifické situaci a za specifických okolností.

Představme si firmu, která prodává své produkty a služby na veletrhu, festivalu nebo jiné masové akci. Nutně potřebuje konektivitu pro platební terminál, pro nabídku či demonstraci svých služeb. Po skončení akce tato potřeba mizí, během ní bude ovšem firma ochotná zaplatit relativně vysokou částku za zajištění své potřeby.

Nebo může firma být tím, kdo má dočasné aktivity, například roadshow.

Ve všech těchto případech dává smysl propozice dynamického slicingu. Tedy možnost pro zákazníka zaplatit si definovanou garanci k datové konektivitě na definované časové období a případně definovanou geografickou oblast.

Tento model může být provozně náročný pro CSP a bude jistě vyžadovat kompletně automatizované online rozhraní, ideálně zabudované do zákaznické samoobsluhy. Jeho zvládnutí ovšem může přinést zajímavou konkurenční výhody a zdroj inkrementálních výnosů.

4.3.4 Aplikační / vestavěný model

Firemní chtějí primárně poskytovat své služby zákazníkům, realizovat své procesy a využívat služby svých dodavatelů. Nikoli přemýšlet o tom, jaké parametry by měla mít jejich konektivita.

Z tohoto pohledu dává smysl obchodní model, který schopnosti network slicing technologie plně začlení (vestaví) do poskytované aplikace/ služby.

Například pro IoT služby je logicky vhodné využít mMTC plátek. CSP nabídne kompletní IoT řešení, které bude zahrnovat koncová zařízení v podobě čidel, datový přenos z těchto čidel včetně využití schopností network slicing, platformu pro uložení dat, aplikaci pro analýzu a zobrazení dat. NS je v takovém případě zcela vestavěný do celkového řešení a s tím je jeho cena.

Podobné řešení může fungovat pro další oblasti, například poskytování kompletních služeb kamerového dohledu s využitím eMBB plátku apod.

4.4 Velkoobchodní business model

Velkoobchodní zákazník služby network slicing je subjekt, který je zaměřený na poskytování služeb dalším uživatelům – je to tedy velkoobchodní poskytovatel služeb. Často jim poskytuje širokou škálu služeb. Těmito zákazníky pak mohou být firmy, nebo koncoví rezidentní zákazníci. Model se v takovém případě označuje také jako B2B2C.

Velkoobchodní poskytovatel služeb je tím, kdo má přímý vztah s uživateli, nikoli MNO/CSP. A kdo definuje parametry služby, a tedy i SLA. A z pohledu NS velkoobchodní poskytovatel již je či může být v pozici vnímat hodnotu slicingu, tj. nikoli jen dílčí parametry služby a jejich SLA.

Jak bylo uvedeno v kapitole 3, může se jednat například o následující velkoobchodní poskytovatele:

- MVNO, tedy mobilní virtuální operátor.
- Společnosti zajišťující služby kritické komunikace pro městskou policii či jiné skupiny uživatelů.
- Herní platformy, které poskytují služby koncovým uživatelům/hráčům.
- Specializované společnosti pro poskytování služeb na stadionech.
- Městské ICT poskytovatele, kteří zajišťují služby v rámci smart city.
- A mnoho dalších.

Pro oblast NS velkoobchodu jsme identifikovali následující business modely mezi CSP a velkoobchodním poskytovatelem služeb (WSP):

1. **Reseller.**

V tomto případě přeprodává poskytovatel služby CSP a realizuje na přeprodeji dohodnutou marži. Je to model, ve kterém má poskytovatel koncových služeb nejmenší flexibilitu pro vlastní politiku tvorby cen a služeb, neboť ty jsou dané strany CSP či vzájemnou dohodou.

2. **Wholesale.**

WSP nakupuje služby od CSP v definované struktuře za velkoobchodní ceny. K těmto cenám volí přirážku dle svého uvážení. Maloobchodní cenová politika je tedy v jeho kompetenci. Nicméně struktura služeb, v tomto případě konektivity s definovanými parametry, například včetně různých kategorií, je jasně daná ze strany CSP.

3. **Platforma jako služba (PaaS)**

V tomto modelu CSP (mobilní operátoři) nabízejí platformu, která velkoobchodním poskytovatelům umožňuje budovat a spravovat své vlastní služby s využitím síťových možností poskytovatele služeb.

Platforma může poskytuje nástroje pro fakturaci, správu zákazníků a poskytování služeb.

Velkoobchodní poskytovatelé mohou vyvíjet přizpůsobené služby podle vlastního uvážení, tak aby nejlépe odpovídali koncovým službám a typu poskytovaných aplikací.

PaaS může být zpoplatněna různými způsoby. Například kombinací využitých služeb a paušálním poplatkem za přístup k platformě.

Jedná se o model, který je nejkomplexnější. Vyžaduje implementaci specializované platformy pro velkoobchodní partnery. Zároveň je to ovšem model s největším potenciálem. A to díky tomu, že specializované firmy z daného odvětví, například gamingu nebo kritické komunikace, budou vždy rozumět svým segmentům a vertikálám lépe než CSP, který obsluhuje celý trh.

5 Výzvy spojené s NS

5.1 Regulační podmínky

Network slicing má potenciál změnit celé paradigma poskytování služeb v mobilních sítích od přístupu „one-size-fits-all“ k více či méně individualizovaným parametrům poskytované služby podle různých kritérií. Například dle typu aplikace nebo dle úrovně tarifu, který si koncový či firemní zákazník zaplatil, je daný typ aplikace či zákazníka upřednostňována (prioritizována).

S touto potenciální změnou jsou ovšem logicky spojené otázky, do jaké míry upřednostňování určitých zákazníků či aplikací může být v rozporu s regulačními pravidly. Zejména v situaci, kdy zdroje v podobě spektra a související přenosové kapacity jsou vždy omezené a prioritizace jednoho typu provozu či zákazníků tak vždy znamená omezení zdrojů pro jiné typy zákazníků.

Tato změna paradigmatu poskytování služeb se promítá zejména do dvou oblastí regulace:

- Poskytování služeb elektronických komunikací v souladu s podmínkami provozování veřejné sítě elektronických komunikací a s podmínkami využití spektra a dalšími regulačními předpisy.
- Síťová neutralita.

5.1.1 Poskytování služeb na veřejných sítích elektronických komunikací

V případě NS poskytovaného na privátních sítích, tedy neveřejných sítích, není třeba řešit v tomto smyslu žádné regulační otázky. NS bude ovšem převážně poskytován na veřejných sítích elektronických komunikací provozovaných mobilními operátory.

Definice veřejné sítě elektronických komunikací říká[15]:

„Veřejnou sítí elektronických komunikací je síť elektronických komunikací využívaná zcela nebo převážně k poskytování veřejně dostupných služeb elektronických komunikací, které podporují přenos informací mezi koncovými body sítě.“

Kromě samotné definice veřejné sítě elektronických komunikací je vhodné vzít v úvahu také podmínky spojené s udělením práva k využívání rádiových kmitočtů. V tomto případě je relevantní zejména spektrum zamýšlené pro 5G sítě, tedy v kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz.

Dle „Vyhlášení“[16] jsou podmínky nastavené takto:

Pro pásmo 700 MHz:

Základní podmínkou Výběrového řízení bude využití rádiových kmitočtů pro veřejně dostupné služby elektronických komunikací způsobem, který bude reflektovat principy uvedené v tomto Vyhlášení.

[15] European Electronic Communications Code, DIRECTIVE (EU) 2018/1972 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018

[16] Vyhlášení výběrového řízení za účelem udělení práv k využívání rádiových kmitočtů pro zajištění sítí elektronických komunikacív kmitočtových pásmech 700 MHz a 3400–3600 MHz“ ze 7.srpna 2020

S ohledem na evropskou harmonizaci jsou rádiové kmitočty určeny výhradně pro celoplošné poskytování elektronických komunikačních služeb, a to s předpokladem flexibilního nakládání s udělenými právy k zajištění efektivního využívání rádiového spektra a přístupu k němu i pro další potenciální zájemce na komerčním základě v souladu s podmínkami dle Vyhlášení.

S přídělem jsou spojená také rozvojová kritéria. Například pro pásmo 700 MHz:

Do 10 let od data právní moci rozhodnutí o udělení přídělu rádiových kmitočtů zajistit Stávající operátor pokrytí 99 % obyvatel každého okresu České republiky a 90 % území každého okresu České republiky.

Pro pásmo 3400–3600 MHz:

Základní podmínkou Výběrového řízení je využití rádiových kmitočtů pro veřejně dostupné služby elektronických komunikací způsobem, který bude reflektovat principy uvedené v tomto Vyhlášení. V souladu s PVRS 7 jsou rádiové kmitočty určeny k využívání na celém území České republiky sítěmi určenými k poskytování vysokorychlostních služeb elektronických komunikací, a to s předpokladem flexibilního nakládání s udělenými právy k zajištění efektivního využívání rádiového spektra a přístupu k němu i pro další potenciální zájemce na komerčním základu.

5.1.2 Otázky, které v souvislosti s veřejnými sítěmi a NS vyvstávají:

- Je network slicing veřejně dostupnou službou elektronických komunikací?
- A pokud není, je možné network slicing na veřejné síti EK poskytovat?

Pokud jde o první otázku: Veřejně dostupnou službou elektronických komunikací je služba elektronických komunikací, z jejíhož využívání není nikdo předem vyloučen.[17]

Naopak neveřejná služba je taková, která je pouze pro (obvykle jednoho) konkrétního uživatele.

Podívejme se v tomto kontextu na různé typy NS.

- NS v podobě plátku určeného pro gaming, který je přístupný všem uživatelům, kteří si zaplatí speciální premium tarif, je jistě veřejnou službou elektronických komunikací.
- NS v podobě plátku určeného pro Ministerstvo vnitra pro PPDR služby, je zřejmě neveřejnou službou. Přístup do daného plátku se specifickými vlastnostmi by byl cíleně omezen na jediného zákazníka.
- NS ve variantě virtuální privátní sítě, v podobě konkrétní instance, typicky doplněné o UPF local breakout a určité indoor radiové prvky pro pokrytí v lokalitě dané firmy, je řešení pro jednoho konkrétního uživatele a jde o neveřejnou službu.

V závislosti na způsobu aplikace NS se tedy může jednat o veřejnou službu EK i neveřejnou službu.

Z definice veřejné sítě EK, ze Zákona o elektronických komunikacích (ZoEK) a také z konzultace s ČTÚ lze ovšem dovodit, že na veřejné síti lze poskytovat i neveřejné služby. A proto je možné na veřejné síti provozovat všechny typy network slicingu, včetně těch, které jsou neveřejnou službou.

Výše uvedená definice veřejné sítě uvádí, že má být využita převážně k poskytování veřejně dostupných služeb. Výraz „převážně“ jasně implikuje, že to nemusí být 100 % poskytovaných služeb.

[17] Zákon č. 127/2005 Sb.Zákon o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích)

Dle definice ZoEK lze jako provozovatel veřejné sítě EK poskytovat i neveřejné služby EK (nad rámec veřejně dostupných služeb EK).

Přístup ČTÚ je založený na principu vzájemné důvěry, samoregulace a osvědčených praktik. Vychází z regulace postavené na principu neutrality, a to z pohledu technologií i služeb.

ČTÚ předpokládá, že poskytovatelé komunikačních služeb (mobilní operátoři) budou motivování vyvažovat spokojenost všech zákazníků, a to i s ohledem na možné reputační riziko.

Pro oblast NS to znamená, že by mělo být mobilním operátorům umožněno nabízet různé typy slicingu, bez toho, aby byla tato oblast specificky regulována. Tedy přinejmenším dokud budou výše uvedené principy skutečně fungovat a nedojde ke sporům či stížnostem uživatelů.

Síťová neutralita.

Síťová neutralita je princip, který definuje, že s veškerým internetovým provozem by mělo být zacházeno stejně, bez diskriminace podle uživatele, obsahu, webu, platformy nebo aplikace. Zajišťuje rovné podmínky, kdy žádná služba nebo obsah nemá přednostní zacházení.[18]

5.1.3 Regulace v EU:

Evropská unie má regulační rámec pro síťovou neutralitu daný Nařízením EU 2015/2120.[19]

Toto nařízení prosazuje přísná pravidla síťové neutrality, která zakazují ISP blokovat nebo omezovat provoz a zároveň umožňují rozumné řízení provozu pro bezpečnost a integritu sítě a zachování obecné kvality služeb. Dodržování a implementaci zajišťují vnitrostátní regulační orgány ve spolupráci s BEREC.

Z pohledu NS je podstatný zejména článek 3, bod 3:

“Poskytovatelé služeb přístupu k internetu nakládají při poskytování služeb přístupu k internetu s veškerým provozem stejně, bez diskriminace, omezení nebo narušování a bez ohledu na odesílatele a příjemce, na obsah, ke kterému se přistupuje nebo který se šíří, na používané či poskytované aplikace nebo služby nebo na použité koncové zařízení.

První pododstavec nebrání poskytovatelům služeb přístupu k internetu v zavádění opatření přiměřeného řízení provozu. Aby mohla být tato opatření považována za přiměřená, musí být transparentní, nediskriminační a přiměřená, a nesmí být založena na obchodních cílech, nýbrž na objektivně odlišných požadavcích určitých kategorií provozu na technickou kvalitu služeb. Tato opatření nesmí sledovat konkrétní obsah a nesmí být uplatňována po dobu delší, než je nezbytné.”

Nařízení tedy předpokládá, že v případě služeb přístupu k internetu se bude používat řízení provozu pouze na úrovni kategorií provozu pro zajištění jejich kvality. To znamená například možnost prioritizovat kategorii online streamingu pro zajištění jeho plynulého fungování, oproti FTP provozu, který není tak citlivý na stabilitu přenosu. Navíc by toto řízení provozu nemělo být motivováno obchodními cíli. Což NS prokazatelně je, CSP si od NS slibují nárůst výnosů. Toto ustatnovení by tedy nedávalo prostor na využití všech typů network slicingu v souladu s požadavky na síťovou neutralitu.

[18] Easley, Robert F.; Guo, Hong; Kraemer, Jan (8 March 2017). "Easley, R., Guo, H., Krämer, J. - From Net Neutrality to Data Neutrality, Information Systems Research 29(2):253–272".

[19] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2015/2120 ze dne 25. listopadu 2015, kterým se stanoví opatření týkající se přístupu k otevřenému internetu a mění směrnice 2002/22/ES o univerzální službě a právech uživatelů týkajících se sítí a služeb elektronických komunikací a nařízení (EU) č. 531/2012 o roamingu ve veřejných mobilních komunikačních sítích v Unii

Nicméně je zde ještě bod 5 tohoto Nařízení, který stanoví:

“Poskytovatelé služeb elektronických komunikací pro veřejnost, včetně poskytovatelů služeb přístupu k internetu, a poskytovatelé obsahu, aplikací a služeb mají svobodu nabízet jiné služby než služby přístupu k internetu, které jsou optimalizovány pro konkrétní obsah, aplikace nebo služby, případně jejich kombinaci, pokud je optimalizace nezbytná ke splnění požadavků na obsah, aplikace nebo služby pro určitou úroveň kvality.

Poskytovatelé služeb elektronických komunikací pro veřejnost, včetně poskytovatelů služeb přístupu k internetu, mohou nabízet nebo umožňovat takovéto služby pouze tehdy, pokud je kapacita sítě dostatečná k jejich poskytování jako doplnění k poskytovaným službám přístupu k internetu. Tyto služby nesmějí být používány ani nabízeny jako náhrada za služby přístupu k internetu a nesmějí být na úkor dostupnosti nebo obecné kvality služeb přístupu k internetu pro koncové uživatele.”

Toto ustanovení dává dobrou možnost nabízet NS v souladu s regulačními požadavky za předpokladu, že NS nebude považováno za službu přístupu k internetu, ale za specifickou službu. U některý služeb jako virtuální privátní síť je to zjevné, u jiných to může být diskutabilní. V každém případě by měli mobilní operátoři dbát na to, aby alokace zdrojů pro NS nevedla k narušení služeb přístupu k internetu pro ostatní uživatele.

5.1.4 Regulace v USA[20]

Spojené státy jsou nejen vyspělým trhem z pohledu telekomunikací a 5G, ale jsou rozhodně leaderem z pohledu technologických firem a inovací v oblasti digitálních služeb. Je proto vhodné podívat se na vývoj vztahu síťové neutrality a network slicingu na trhu v USA, protože vývoj na tamním trhu má díky technologickým firmám globální přesah.

Zatímco regulace v EU je díky výše uvedenému Nařízení stabilní, v USA je síťová neutralita kontroverzním tématem. Původně byla zavedena FCC za Obamovy administrativy, která zabránila ISP v blokování nebo omezení legálního internetového provozu a placené prioritizaci. Tyto regulace byly v roce 2017 zrušeny předsedou FCC Ajitem Paiem za Trumpovy administrativy. S Bidenovou administrativou se objevily snahy o obnovení pravidel síťové neutrality, což zdůrazňuje pokračující debaty a právní spory ohledně tohoto tématu.

O tom, že síťová neutralita a network slicing mohou být v přímém rozporu a že pravidla síťové neutrality mohou přímo ohrozit rozvoj NS svědčí skutečnost, že poskytovatelé komunikačních služeb jako T-Mobile, AT&T, Comcast a Verizon, stejně tak i technologické firmy jako Nokia a Ericsson, se přímo zapojily do diskuse ohledně síťové neutrality a snaží se dosáhnout úpravy regulačních opatření. V prosincovém podání T-Mobile vydal 66stránkovou odpověď na nejnovější návrh FCC týkající se síťové neutrality, která se z velké části zaměřil na téma network slicing. V principu jde o to, zda bude v regulaci umožněno takové řízení sítě, pod které bude možné zahrnout všechny formy NS, nebo nikoli.

T-Mobile argumentuje tím, že: „Cílená aktualizace definice ‚rozumné správy sítě‘, která zohledňuje nové techniky správy sítě, usnadní poskytovatelům nabízet hodnotnější služby koncovým uživatelům, zefektivní poskytování služeb a vývoj a nasazení prospěšných specializovaných služeb."[21]

[20] *Net Neutrality*. (n.d.). Federal Communications Commission. https://www.fcc.gov/net-neutrality

[21] Jackson, D. (2024, January 19). *T-Mobile warns of friction between net neutrality and network slicing - Urgent Comms*. Urgent Comms. https://urgentcomm.com/2024/01/19/t-mobile-warns-of-friction-between-net-neutrality-and-network-slicing/

5.1.5 Shrnutí problematiky regulace

Průnik požadavků na provozovatele veřejné sítě, veřejně dostupných služeb EK, síťové neutrality a network slicingu představuje složitou regulační výzvu. Vyvážení principů otevřeného internetu s výhodami pokročilých technologií 5G bude vyžadovat nuancovaná politická rozhodnutí, která podporují inovace při ochraně práv spotřebitelů a zajištění spravedlivé konkurence.

Jako win-win scénář se jeví situace, kdy bude umožněn rozvoj nových služeb založených na pokročilé technologii network slicingu, které mají nepochybně potenciál přinést vysokou hodnotu jejich uživatelům i poskytovatelům. A současně to bude realizováno takovým způsobem, který nebude mít negativní dopad na všechny uživatele a jejich přístup k otevřenému internetu a nebude nijak zvýhodňovat a narušovat konkurenci mezi poskytovateli služeb a aplikací na internetu.

Důležitou roli proto bude hrát přístup poskytovatelů komunikačních služeb, kteří by měli vyvažovat zájmy uživatelů a plánovat kapacitu sítě takovým způsobem, aby poskytování NS nevedlo ke zhoršení služeb pro další uživatele. Prioritizace, kterou NS nepochybně představuje, musí být založena na nediskriminačním základě. Musí tedy umožňovat všem uživatelům za rovných podmínek získat služby spojené s NS. A v případě prioritizace určitých typů a kategorií provozu musí být založena na obecných kategoriích, tak abych nezvýhodňovala konkrétní aplikace a poskytovatele služeb.

5.2 Kybernetická bezpečnost

5G technologie je v principu velmi bezpečná. Žádné zabezpečení není dokonalé, nicméně v případě 5G jde o také o značný posun oproti předchozím generacím, jak ukazuje následující tabulka:

Bezpečnostní prvky / mobilní technologie	**2G**	**3G**	**4G**	**5G**
Ověřování účastníka/zařízení v síti	Ano	Ano	Ano	Ano
Síťové ověřování zařízení/účastníka	Ne	Ano	Ano	Ano
Ověřování propojená mezi operátory	Ne	Ne	Ne	Ano
Šifrování IPSec	Ne	Volitelně	Volitelně	Ano
Integrita dat konec – konec	Ne	Ne	Ne	Ano
Šifrování dat konec – konec	Ne	Ne	Ne	Ano
Funkce skrytí identity účastníka (SUCI/SUPI)	Ne	Ne	Ne	Ano

Tabulka 1: Porovnání bezpečnostních prvků generací mobilních sítí. Zdroj: Ing. Michal Poupa.

V 5G sítích jsou na rozdíl od 2G, a 3G a 4G sítí již výhradně používaný webové technologie a plně se upustilo se od použití non-IP signalizačních protokolů jako je signalizace č. 7 a byly také opuštěny protokoly na bázi IP jako je RADIUS a DIAMTER.

Jednotlivé prvky v jádře 5G sítě mají rozhraní RESTful API (Application Programming Interfaces) - tato architektura je u 5G označována jako 5G Service Based Architecture (SBA) a jsou propojeny navzájem pomocí tzv. Message Bus. Pro zabezpečení této komunikace jsou použity technologie TLS, OAuth2 a IPsec.

Network slicing (NS) se může stát jednou z klíčových technologií v 5G sítích. Nicméně její komplexita přináší řadu výzev, které je nutné řešit pro jeho efektivní implementaci. Jednou z těchto výzev jsou nové zranitelnosti v oblasti bezpečnosti a soukromí. Tyto zranitelnosti mohou vést k významným problémům, jako jsou úniky dat a narušení sítě a dalších služeb.

Podívejme se proto blíže na tato rizika a možnosti jejich řešení.

5.2.1 Zajištění bezpečnosti a soukromí v network slicing

Bezpečnostní problémy související s NS lze rozdělit do tří hlavních oblastí: bezpečnost životního cyklu (LC), bezpečnost mezi plátky a bezpečnost uvnitř plátku[22].

1. Bezpečnost životního cyklu (LC):

Životní cyklus instance síťového plátku (NSI) může zahrnovat více sítí, různé virtuální infrastruktury a datová centra. Tento rozsáhlý životní cyklus s sebou nese různé bezpečnostní hrozby, včetně krádeže identity, útoků na soukromí, útoků na dostupnost služby (DoS) a distribuovaných útoků na dostupnost služby (DDoS), modifikace provozu a neoprávněného přístupu.

Efektivní bezpečnost životního cyklu vyžaduje komplexní opatření k řešení těchto hrozeb během celého životního cyklu NS.

2. Bezpečnost mezi plátky:

Bezpečnost mezi plátky řeší bezpečnostní problémy mezi různými plátky. To zahrnuje zajištění, aby interakce mezi plátky nevedly k porušením bezpečnosti nebo zranitelnostem.

Opatření zahrnují silnou izolaci mezi plátky, tak aby nedocházelo k žádnému vzájemnému ovlivňování, udržování robustních autentizačních a autorizačních protokolů a zavádění přísných přístupových kontrol.

3. Bezpečnost uvnitř plátku:

Bezpečnost uvnitř plátku se zaměřuje na bezpečnost uvnitř jednoho plátku. Zahrnuje ochranu integrity a důvěrnosti dat a operací uvnitř plátku.

Strategie ochrany zahrnují využití silných šifrovacích metod, zajištění bezpečných komunikačních kanálů a pravidelné monitorování a auditování činností plátku.

5.2.2 Klíčové požadavky na bezpečnost network slicing

Kritickým požadavkem na bezpečnost NS je silná izolace mezi instancemi síťových plátků. Tato izolace zajišťuje, že mezi plátky nebo jakýmikoli souvisejícími entitami uvnitř plátku, včetně síťových funkcí (NF) a uživatelů, nedochází k žádnému ovlivňování. Klíčové aspekty pro zajištění izolace zahrnují:

- Síťová architektura: Izolace by měla být zajištěna v celé síti, včetně hypervisorů, operačních systémů, síťového hardwaru, operátorů sítě a aplikačních programových rozhraní (API).
- Bezpečnostní techniky: Implementace silného šifrování, robustních autentizačních metod, přísných přístupových kontrolních politik a komplexních fyzických ochranných opatření jsou nezbytné pro udržení bezpečnosti NS.

5.2.3 Řešení hrozeb v oblasti bezpečnosti a soukromí NS

NS dědí několik bezpečnostních hrozeb kvůli své závislosti na softwarově definovaném síťování (SDN), virtualizaci síťových funkcí (NFV) a cloud computingu. K zmírnění těchto hrozeb lze použít řadu pokročilých bezpečnostních řešení:

[22] R. F. Olimid and G. Nencioni, "5G network slicing: A security overview," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 99999–100009, 2020.

1. **Řešení založená na AI/ML**: Využití umělé inteligence (AI) a strojového učení (ML) pro dynamickou detekci a reakci na hrozby.

2**. Orchestrace bezpečnosti**: Implementace koordinovaných bezpečnostních opatření napříč různými síťovými komponenty k zajištění komplexní ochrany.

3. **Řešení založená na blockchainu**[23]: Využití technologie blockchain ke zvýšení bezpečnosti a důvěry prostřednictvím decentralizovaných a nezměnitelných záznamů.

4. **Řízení úrovně služeb bezpečnosti** (Securtiy SLA): Stanovení jasných metrik výkonnosti bezpečnosti a požadavků na dodržování předpisů prostřednictvím SSLA.

5. **Bezpečnost podle návrhu** (SbD – Security by Design)[24]: Integrace bezpečnostních aspektů do fází návrhu a vývoje NS, aby se předem řešily potenciální zranitelnosti.

5.2.4 Soukromí v network slicing

Soukromí je klíčovým aspektem NS, zejména proto, že využívá sdílené zdroje mezi více tenanty. Únik informací v takovém prostředí může vést k významným narušením soukromí. Klíčové strategie pro řešení otázek soukromí zahrnují:

- **Izolace pro potřeby soukromí**: Implementace silných mechanismů izolace soukromí pomocí zavedených pravidel soukromí a dodržování principů, jako je soukromí dle desingu (PbD).
- **Řízení důvěry**: Řešení problémů spojených s důvěrou prostřednictvím řešení založených na blockchainu/distribuované technologii (DLT) a využití zprostředkovatelů důvěry podporovaných AI pro usnadnění bezpečných interakcí.

5.2.5 Scénáře kybernetických útoků specifických pro sítě s NS

V rámci výzkumu bylo identifikováno několik scénářů útoků specifických pro sítě s povoleným NS[25]:

Následující tabulka poskytuje přehled identifikovaných scénářů útoků, včetně potenciálních hrozeb a odpovídajících fází životního cyklu NS, kde jsou tyto hrozby nejpravděpodobnější.

[23] M. A. Togou et al., “A distributed blockchain-based broker for efficient resource provisioning in 5G networks,” in *Proc. Int. Wireless Commun. Mobile Comput. (IWCMC)*, 2020, pp. 1485–1490.

[24] R. F. Olimid and G. Nencioni, “5G network slicing: A security overview,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 99999–100009, 2020.

[25] C. De Alwis, P. Porambage, K. Dev, T. R. Gadekallu and M. Liyanage, "A Survey on Network Slicing Security: Attacks, Challenges, Solutions and Research Directions," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 26, no. 1, pp. 534-570, Firstquarter 2024, doi: 10.1109/COMST.2023.3312349.

Scénář útoku NS	Unikátnost k NS	Dopad útoku	Strategie mitigace (zmírnění)
Útoky na sledování polohy	NS činí sítě zranitelnějšími	Zveřejnění informací o poloze uživatelů	Korelace mezi NF (network functions), pevné mapování mezi aplikační vrstvou a transportní vrstvou identit v hybridních NF, bezpečnost/soukromí podle návrhu
Podvod nebo únik dat	NS činí sítě zranitelnějšími	Únik dat k nežádoucím stranám	Lepší izolace plátků, modely důvěry a reputace, výpočetní důvěra, blockchain, bezpečnost s nulovou důvěrou
Výzvy bezpečnosti vzájemného fungování starších verzí	NS činí sítě zranitelnějšími	Různé bezpečnostní hrozby kvůli nedostatku specifických bezpečnostních funkcí plátků v pre-5G sítích	Přechod na struktury sítí 5G a B5G podporující specifické bezpečnostní funkce plátků
Utěsnění mezi plátky, když je UE připojeno k několika plátkům	Útok jedinečný pro NS	Přístup k NF ostatních plátků, kompromitované plátky mohou ovládat UE	Implementace správného utěsnění mezi plátky
Bezpečnostní výzvy způsobené chybami konfigurace a chybějící vrstvy	Útok jedinečný pro NS	Útočníci zneužívající zranitelnosti v NS k útokům na sítě 5G	Pečlivá konfigurace NS s ohledem na bezpečnost, využití zdrojů a náklady
Bezpečnostní výzvy způsobené zvýšenou složitostí	Útok jedinečný pro NS	Výzvy poskytují příležitosti pro útočníky k využití sítí 5G	Správné nastavení a nasazení sítí 5G
Útoky zneužívající důvěru	Útok jedinečný pro NS	Zveřejnění důvěrných dat považovaných za důvěryhodné strany	Autentizace funkcí v rámci instancí plátků, vzájemná autentizace mezi manažery plátků
Bezpečnostní výzvy způsobené chybějící granularitou bezpečnosti	NS činí sítě zranitelnějšími	Únik kritických informací na úrovni granulí	Přísná ověření identity plátků
Bezpečnostní výzvy způsobené chybějícími bezpečnostními zónami]	NS činí sítě zranitelnějšími	Sítě mohou být napadeny, pokud je celá jádrová síť provozována jako jediná důvěryhodná zóna	Filtrování, autentizace a autorizace komunikace mezi plátky, implementace různých bezpečnostních zón
Vyčerpání bezpečnostních zdrojů v jiných plátcích	Útok jedinečný pro NS	Ohrožení bezpečnosti plátků útokem na plátky s nižší bezpečností a vyčerpáním společných zdrojů	Hluboké neuronové sítě pro detekci DDoS útoků, izolace plátků, oddělení zdrojů pro minimalizaci dopadu.
Odmítnutí služby jiným plátkům	Útok jedinečný pro NS	Odmítnutí služby jednoho plátku odčerpáním zdrojů společných pro více plátků	Techniky detekce útoků založené na strojovém učení, blockchain pro kontrolu přístupu uživatelů
Postranní útoky mezi plátky	Útok jedinečný pro NS	Útočníci získávají informace	Silná izolace plátků, vyhnutí se hostování aplikací na plátcích s podobným hardwarem

Tabulka: Přehled scénářů útoků a způsoby jejich mitigace. Zdroj: [26]

Úspěšné nasazení NS v 5G a budoucích generacích mobilních sítí závisí mimo jiné na úspěšném řešení výzev v oblasti bezpečnosti a soukromí, které NS přináší.

Toho lze dosáhnout využitím pokročilých bezpečnostních řešení a dodržováním přísných standardů ochrany soukromí v rámci NC. Jen tak se uvolní plný potenciál této technologie pro 5G i příští generace sítí.

5.3 Provozní zvládnutí NS

Nasazení NS, zejména dynamický slicing a slicing otevřený třetím stranám, bude vyžadovat vysoké nároky na OSS/BSS systémy operátorů (CSP). To může vést k potřebě upgrade či úplného nahrazení významných částí těchto systémů. To ovšem v případě mobilních operátorů představuje projekty, které často trvají několik let, prakticky vždy podstatně déle, než je původní plán. Náklady s tím spojené se mohou pohybovat řádově ve stovkách milionů Kč. A i přesto není vždy výsledek projektu takový, jaký je na začátku projektu definován. Je to dáno obrovskou komplexitou OSS/BSS systémů, které v průběhu let přibírají stále nové požadavky a je v nich obsaženo obrovské množství dat. Přitom tvoří páteř businessu mobilních operátorů a jsou pro ně zcela kritické. Jakýkoli zásah tak vyžaduje zapojení obrovských zdrojů. A operátoři musí mít pro něj opravdu dobrý důvod.

Přinese network slicing dostačně silný business model, který změnu OSS/BSS systémů zdůvodní?

I v případě jejího kladného zodpovězení ovšem může projekt zahrnující upgrade OSS/BSS oddálit skutečné efektivní nasazení NS o řadu let.

Možným řešením této výzvy je realizovat NS v postupných krocích, získávat zkušenosti, rozvíjet obchodní modely a teprve postupně přecházet ke složitým dynamickým scénářům.

V praxi to tedy znamená začít statickým slicingem, postupovat k dynamickému a následně slicingu otevřenému pro třetí strany (viz kapitola Orchestrace).

Ve větším detailu tento postupný proces nasazování network slicingu rozdělený do 3 fází znázorňuje následující tabulka.

Konkrétní postup může být přizpůsoben situaci daného CSP, stavu jeho OSS/BSS systémů, ale v principu je takovéto rozfázování jistě dobrým výchozím bodem.

[26] C. De Alwis, P. Porambage, K. Dev, T. R. Gadekallu and M. Liyanage, "A Survey on Network Slicing Security: Attacks, Challenges, Solutions and Research Directions," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 26, no. 1, pp. 534-570, Firstquarter 2024, doi: 10.1109/COMST.2023.3312349.

Fáze	Název	Popis
Fáze 1	Základní funkce síťového slicing	- Umožnění základní funkcionality slicing v sítích CSP - Zaměření na správce síťového slicing, správu šablon, orchestraci domén a repozitáře - Nasazení několika statických slices (méně než 20) se základní úrovní automatizace nebo manuální pro jednoduché případy užití zaměřené na konektivitu
Fáze 2	End-to-end automatizace slicing a škálování	- Vývoj automatizace slicing napříč síťovými doménami - Nasazení end-to-end orchestrace, správy zdrojů, produktového managementu - Škálování pro nasazení stovek slices v rámci sítě
Fáze 3	Pokročilé obchodní modely slicing	- Zlepšení schopností CSP pomocí obchodních a zákaznických funkčních možností - Zaměření na správu kanálů a partnerů, prodej, marketing a tržiště - CSP nasazují stovky dynamických slices s funkcionalitami back-end systémů pro umožnění pokročilých případů užití slicing

Tabulka: Proces nasazování network slicingu, Zdroj: [27]

5.4 Nalezení vhodného business modelu

V kapitole 4 byl vysvětlen business model a pravidla, která musí platit, aby byl daný business model úspěšný. Byly tam také popsány různé možné business modely pro oblasti B2C, B2B/B2G a wholesale.

Jde o různé varianty business modelů, které dávají za určitých okolností smysl, mohou inspirovat a ukázat, že možností je celá řada.

Otázkou ovšem je, které z těchto business modelů budou úspěšné.

Na takovou otázku neexistuje okamžitá a definitivní odpověď. Celá oblast network slicing je v začátcích, takže není ani možné vymezit business modely úspěšné na různých trzích. Odpověď se může lišit podle zaměření CSP, typu trhu, ale i fáze network slicing služeb.

A zejména pak podle schopnosti CSP daný model realizovat, což může vyžadovat opravdu vysoké porozumění danému trhu, segmentům a vertikálám. Na mnohem vyšší úrovni, než bylo dosud pro CSP nutné.

V každém případě se jedná o velkou výzvu pro CSP.

Pro zvládnutí této výzvy bude vhodné:

- Realizovat více business modelů paralelně. Průběžně vyhodnocovat úspěšnost modelů a flexibilně se přizpůsobit. Jde o určitou analogii prototypování při produktovém vývoji.

[27] Ericsson. *Network slicing: A go-to-market guide to capture the high revenue potential*. 2021.

- Volit business model a přizpůsobit ho dle fáze, ve které se NS nachází. Viz předchozí kapitola 5.3. To znamená začít jednoduchými business modely.
- Porozumět dobře segmentům a vertikálám. Může jít o řešení specifická pro danou oblast. Dokud CSP poskytují ve skutečnosti „one-size-fits-all“, jejich porozumění nemuselo být na takové úrovni.
- Vybudovat ekosystém a nabídku specifických služeb řešit s partnery.

Se změnou paradigmatu a možností poskytovat díky network slicingu služby na míru pro různé segmenty zákazníků a různé aplikace se celá oblast poskytování služeb stane řádově komplexnější. Reálně nebude v možnostech CSP dokonale rozumět všem segmentům na té úrovni, na které jim rozumí firmy specializované na daný segment. A je jedno, zda je to gaming nebo kritická komunikace. Proto velkoobchodní spolupráce a ponechání dostatečné flexibility pro specializované firmy může být tou nejvýhodnější politikou pro celý ekosystém, od CSP přes poskytovatele služeb až zejména pro koncového zákazníka.

To bude ovšem vyžadovat změnu mindsetu CSP oproti současnému stavu, což může být nakonec větší překážka než složitost technického řešení.

6 Stávající stav NS a další výhled

6.1 Globální stav a případové studie

Na základě informací společnosti NOKIA, která patří mezi 3 nejvýznamnější dodavatele telekomunikační techniky na světě, je možné konstatovat, že prakticky všichni tier-1 mobilní operátoři mají plán na realizaci network slicingu. To signalizuje budoucí obrovský potenciál pro další rozvoj této technologie. Zároveň je ovšem realizovaný network slicing zatím záležitostí jen omezené skupiny early adopters mezi operátory.

O reálném stavu a dalším potenciálu network slicing nejlépe svědčí již realizované a běžící projekty. Dále je proto představeno 5 případových studií z realizovaných projektů v oblasti network slicing.

První dvě případové studie jsou z Číny. Faktem je, že čínské technologické firmy patří k leaderům v oblasti 5G technologií. Navíc je v Číně realizována řada ambiciózních projektů. Oblast network slicing není v tomto směru výjimkou. Jakkoli může být využití čínských technologií problematické v některých typech projektů s ohledem na geopolitickou situaci, jsou určitě případové studie z Číny inspirativní. První z nich se týká využití NS pro smart grids, druhá pak využití NS v kampusové síti ocelářské firmy.

Další dvě případové studie zahrnují evropské technologické firmy Ericsson a Nokia. V případě Nokie se navíc jedná o projekt realizovaný v Evropě. To je dobrá ukázka toho, že i v Evropě je možné realizovat ambiciózní projekty a patřit mezi early adopters.

Poslední studie je pak z USA a ukazuje zase zcela jiný typ projektu, který je zaměřený vývojáře aplikací.

Celkově pak tyto rozmanité případové studie ukazují opravdu nepřeberné možnosti network slicingu, od zaměření na jednotlivé mega-korporace přes možný přínos pro tak zásadní oblast jako je energetika až po zvýšení kvality služeb pro jednotlivce a domácnosti.

6.1.1 Případová studie: využití network slicing pro smart grids (China Telecom, SGCC a Huawei)[28]

Spolupráce mezi China Telecom, SGCC (State Grid Corporation of China) a Huawei, zahájená v září 2017, zkoumá využití 5G network slicingu pro zefektivnění služeb smart grid. Projekt prokázal významnou technologickou a komerční proveditelnost, zdůrazňující výhody plátkování oproti tradičním optickým sítím pro podporu diferencovaných služeb a snížení celkových nákladů na vlastnictví (TCO).

Výzvy v energetických sítích.

Smart grids se spoléhají na informační a komunikační technologie pro zvýšení efektivity a spolehlivosti distribuce elektrické energie. Tradiční energetické sítě, zejména ve fázích distribuce a spotřeby, čelí problémům s pokrytím komunikačními sítěmi kvůli velkému počtu rozptýlených uzlů. Problém „posledních

[28] GSMA, *Powered by SA: Smart Grid 5G Network Slicing SGCC, China Telecom and Huawei*, 2019.

5 km“ je hlavní překážkou, protože 95 % výpadků se vyskytuje v tomto segmentu. Efektivní koncové přístupové sítě jsou zásadní pro nasazení smart grids, ale optická vláknová řešení jsou nákladná a náročná na nasazení.

5G slicing pro Smart Grid

5G plátkování nabízí nákladově efektivní a flexibilní řešení tím, že rozděluje 5G síť na logicky izolované plátky. Každý plátek může být přizpůsoben specifickým požadavkům služeb, což zajišťuje různé úrovně smluv o úrovni služeb (SLA). Projekt identifikuje čtyři typické scénáře smart grid, které těží z 5G plátkování:

- Inteligentní distribuovaná automatizace: vyžaduje ultra nízkou latenci, vysokou míru izolace a vysokou spolehlivost.
- Přesné řízení zátěže na úrovni milisekund: má podobné požadavky na konektivitu jako automatizace distribuovaných systémů.
- Získávání informací z nízkého napětí: potřebuje masivní konektivitu (mMTC), vysokou frekvenci a data v reálném čase.
- Distribuované dodávky energie: vyžadují masivní konektivitu (mMTC), nízkou latenci a vysokou spolehlivost.

Technická perspektiva.

Z technického hlediska 5G plátkování splňuje požadavky na připojení základních průmyslových kontrolních služeb, poskytuje ultra nízkou latenci, masivní přístup a vysokou spolehlivost za nižší náklady ve srovnání s dedikovanými optickými sítěmi. Z pohledu služeb rozděluje scénáře smart grids na průmyslové kontrolní služby a služby sběru informací, přičemž každá těží z různých typů plátků jako je URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) a mMTC (Massive Machine Type Communication).

5G plátkování umožňuje jednotné nasazení a správu více plátků, integraci starších služeb s novými průmyslovými kontrolními službami. Řízení životního cyklu zahrnuje návrh, nasazení, provoz, optimalizaci a expozici schopností, což zajišťuje automatizované a efektivní řízení sítě.

Praktická implementace.

China Telecom a partneři úspěšně provedli testy v Nanjingu a Qingdao, prokazující proveditelnost 5G plátkování v reálném prostředí energetické sítě. Testy prokázaly latenci na úrovni milisekund, izolaci plátků a zajištění SLA, což je klíčové pro kritické operace energetické sítě.

Projekt také zveřejnil komerční a technické analýzy proveditelnosti, které ukazují významné snížení TCO a pozitivní návratnost investic (ROI) pro energetické podniky využívající 5G plátkování. Ekosystém zahrnuje různé průmyslové partnery, zdůrazňující význam technologií plátkování a MEC (Multi-access Edge Computing) pro úspěch 5G smart grid.

Z této případové studie je tedy možné shrnout, že 5G slicing řeší různé požadavky smart grids sítí, nabízí flexibilitu, vysokou spolehlivost a ultra nízkou latenci. Inovativní projekt slouží jako cenná reference ukazující potenciál plátkování ve vertikálních odvětvích.

6.1.2 Případová studie: využití 5G network slicing v ocelárně (Hunan Valin Xiangtan Iron and Steel (XISC), Huawei, China Mobile)[29]

Nasazení privátní 5G sítě společnostmi China Mobile a Huawei pro Hunan Valin Xiangtan Iron and Steel (XISC), jednoho z největších výrobců oceli na světě, ukazuje transformační dopad 5G, edge computingu a network slicing na tradiční těžký průmysl, jako je výroba oceli. Tato iniciativa výrazně zlepšila produktivitu, efektivitu a provozní inteligenci v XISC. Přináší významné ekonomické přínosy a nastavuje měřítko pro podobné průmyslové aplikace.

Cíle digitální transformace: XISC se zaměřila na odstranění informačních sil, zlepšení interoperability mezi stroji a automatizaci výrobních procesů pro zvýšení efektivity, výtěžnosti, kvality produktů a ziskovosti.

Nasazení 5G: Síť pokrývá kampus o rozloze 5 čtverečních kilometrů se 200 buňkami pracujícími v pásmech 2,6 GHz a 4,9 GHz, podporujíc Super Uplink s rychlostí až 700 Mbit/s. Uzly edge computingu byly implementovány pro zajištění odezvy v téměř reálném čase a snížení latence z 26 ms na 9,9 ms.

Případy použití a přínosy:

- Monitorování procesů: Drony generují UHD video streamy podporované rozšířenou realitou, vyžadující masivní nahrávání dat.
- Dálkové ovládání: Jeřáby a roboti jsou dálkově ovládáni, což vyžaduje velmi nízkou latenci.
- AI a strojové vidění: Automatizované procesy jako rotace ocelových desek a inspekce povrchu oceli využívají AI analýzy, což zvyšuje efektivitu a přesnost.

Dopad a výsledky:

- Produktivita a úspory nákladů: Implementace network slicing a 5G vedla ke zvýšení efektivity výroby o 30 %, což přineslo roční úspory nákladů ve výši 15 milionů USD. Produkce na zaměstnance vzrostla z 920 na 1380 tun oceli ročně a výrobní náklady se snížily o 10 %.

- Kvalita a bezpečnost: Dálkově ovládaní roboti zlepšují rovnoměrnost přidávání strusky, čímž zvyšují kvalitu oceli a snižují potřebu manuální práce v nebezpečných podmínkách. Detekce vad povrchu oceli se zlepšila z 90 % na 95 %, což zvyšuje výtěžnost a spokojenost zákazníků.

- Budoucí rozvoj: Flexibilní platforma umožňuje pokračující digitální transformaci, podporující nové případy použití, jako je snižování spotřeby energie, kolaborativní návrh a rozšířenou automatizaci ve skladovém hospodářství.

Nasazení 5G v náročném průmyslovém prostředí představovalo značné výzvy, včetně integrace starších systémů a různorodých požadavků na konektivitu. Flexibilní platforma umožnila přizpůsobená řešení, což demonstruje nezbytnost přizpůsobitelného přístupu k naplnění specifických průmyslových potřeb.

Tato případová studie ukazuje značný potenciál 5G network slicing pro revoluci tradičních výrobních procesů. Nabízející inspiraci pro budoucí digitální transformaci v různých průmyslových sektorech.

[29] Gabriel, Caroline. *The combination of campus 5G, edge and slicing has transformed the business of steelmaker XISC in China*. Analysys Mason. May 2021.

6.1.3 Případová studie: 5G network slicing na Android zařízeních (Far EasTone a Ericsson)[30]

V listopadu 2021 Far EasTone Telecommunications (FET Taiwan) a Ericsson dosáhli významného průlomu v technologii 5G provedením prvního zkušebního provozu (trialu) end-to-end (E2E) multiple network slicing na několika komerčních zařízeních Android. Tato zkouška ukázala schopnosti řešení Dynamic Network Slice Selection od Ericssonu, využívající funkce User Equipment Route Selection Policy (URSP). Tento vývoj představuje velký krok vpřed v oblasti 5G network slicing, nabízející nové úrovně flexibility, rychlosti a příležitostí pro monetizaci.

V rámci trialu byla demonstrována funkcionalita URSP (User Equipment Route Selection Policy):

- Umožňuje mobilnímu zařízení přístup k více uživatelským profilům.
- Umožňuje různé profily pro podnikové a spotřebitelské aplikace na jednom zařízení.
- Zvyšuje flexibilitu poskytovatelů služeb při vytváření přizpůsobených nabídek služeb a nových obchodních modelů.

Technologická implementace:

- Využití hardwaru a softwaru 5G standalone (SA) sítě Ericssonu, včetně řešení z jejich portfolií RAN a Core.
- Demonstrace na několika komerčně dostupných zařízeních Android 12-powered Pixel 6.
- Monetizace a obchodní příležitosti:
- Otevírá nové příležitosti pro monetizaci prostřednictvím network slicing bez potřeby dedikovaného síťového vybavení.
- Umožňuje poskytovatelům služeb nabízet přizpůsobená, nákladově optimalizovaná řešení založená na veřejných sítích.
- Podporuje spolupráci s hyperskalery, OTT hráči a vývojáři aplikací pro nové obchodní modely.
- Odpovídá očekáváním vlády a soukromého sektoru v oblasti digitální transformace, zejména v oblastech jako chytrá výroba, telemedicína a chytrá města.

Dopad a budoucí perspektiva:

- Výsledky zkoušky ukázaly významný potenciál pro E2E network slicing k revoluci obchodních modelů a strategií monetizace.
- FET plánuje zavést řešení pro efektivní tvorbu a škálování network slices, přičemž klíčovou roli budou hrát automatizace a orchestrace.
- Technologie slibuje podporu různorodých aplikací, včetně oddělených osobních a profesionálních profilů na smartphonech, což zlepší uživatelský zážitek a provozní efektivitu.

Úspěšná zkouška od FET a Ericsson nejenže zdůrazňuje transformační potenciál 5G network slicing, ale také nastavuje precedens pro budoucí inovace a obchodní modely v telekomunikačním sektoru. Schopnost dynamicky spravovat více network slices na komerčních zařízeních představuje významný milník, který připravuje cestu pro širší rozvoj ekosystému a nové možnosti monetizace.

[30] Ericsson, *The recipe for 5G slicing success: Far EasTone and Ericsson's world-first 5G end-to-end multiple network slicing trial, 2022.*

6.1.4 Případová studie: Pevný bezdrátový internet (FWA) s využitím 5G network slicing (Telia a Nokia)[31]

V září 2022 společnost Nokia a Telia Finland spustily první komerční 5G standalone (SA) síť na světě s network slicing specificky pro Fixed Wireless Access (FWA). Tento průkopnický projekt má za cíl zlepšit domácí širokopásmové služby Telia 5G tím, že nabízí zákazníkům ve Finsku různé balíčky širokopásmového připojení s garantovanými úrovněmi služeb.

Využití network slicing:

- Zavedení network slicing umožňuje Telii dynamicky přidělovat části své sítě pro služby 5G FWA. To umožňuje flexibilní vyvažování provozu mezi FWA a mobilními uživateli.
- Mohou být specifikovány různé úrovně služeb, což zajišťuje různorodé rychlosti, latence a kapacity dat přizpůsobené potřebám zákazníků.

Způsob realizace:

- Nokia, jako jediný dodavatel 5G pro Telii ve Finsku, modernizovala celou infrastrukturu Radio Access Network (RAN) společnosti Telia. To zahrnuje vybavení z portfolia AirScale společnosti Nokia, zahrnující 5G radio a baseband produkty.
- Síť využívá technologii Carrier Aggregation k optimalizaci spektrálních aktiv a zlepšení pokrytí a kapacity.

Výhody pro poskytovatele a zákazníky:

- Nasazení umožňuje Telii nabízet různé balíčky širokopásmového připojení, každý se specifikovanými výkonnostními charakteristikami, poskytující zákazníkům spolehlivé a kvalitní internetové služby.
- CTO společnosti Telia, Jari Collin, uvedl, že využití této technologie postaví Finsko do čela vývoje 5G.

Dopad a budoucí perspektiva:

- Toto nasazení představuje významný krok v komercializaci network slicingu v 5G také v Evropě.
- Jak technologie dozrává, Telia plánuje dále inovovat a rozšiřovat své nabídky služeb. Bude při tom využívat schopností 5G k uspokojení rostoucí poptávky po vysoce kvalitním připojení k internetu.

6.1.5 Případová studie: Beta Program 5G network slicing pro vývojáře aplikací (T-Mobile USA)[32]

V srpnu 2023 T-Mobile zahájil revoluční beta program pro vývojáře zaměřený na 5G network slicing, s cílem vylepšit aplikace pro videohovory. Tento program představuje významný krok v komercializaci

[31] Corporation, Nokia. “Nokia and Telia Finland launch world’s first commercial 5G SA network with network slicing for Fixed Wireless Access.” Nokia, March 29, 2023. https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2022/09/09/nokia-and-telia-finland-launch-worlds-first-commercial-5g-sa-network-with-network-slicing-for-fixed-wireless-access/.

[32] Paulsen, Justin. “T-Mobile Launches First-Ever 5G Network Slicing Beta for Developers.” T-Mobile Newsroom, November 8, 2023. https://www.t-mobile.com/news/network/t-mobile-launches-first-ever-5g-network-slicing-beta-for-developers.

technologie 5G network slicing, která umožňuje vytvoření virtuálních sítí na sdílené fyzické infrastruktuře, každé s přizpůsobenými parametry pro specifické použití.

Network slicing je užitečný pro aplikace vyžadující různé úrovně kvality služeb (QoS), jako jsou ultra-reliable low latency communication (URLLC), massive machine-type communication (MMTC) a enhanced mobile broadband (eMBB). Dvojnásob to platí pro aplikace pro videohovory.

T-Mobile, jediný operátor v USA s národní 5G SA sítí, zahájil beta program zaměřený na videohovory. Vývojáři mohou testovat a optimalizovat své aplikace pomocí přizpůsobených plátků sítě, které poskytují stabilní uplink a downlink rychlosti, nízkou latenci a vysokou spolehlivost. Přizpůsobené plátky zajišťují vysokou kvalitu a výkon aplikací, což je kritické pro real-time komunikaci.

Beta program je dostupný pro iOS vývojáře v Seattlu a San Franciscu, s plánovaným rozšířením na Android zařízení později v tomto roce. Program zahrnuje významné partnery, jako jsou Dialpad, Google, Webex by Cisco a Zoom, kteří již využívají tuto technologii pro vylepšení svých aplikací.

T-Mobile plánuje rozšířit beta program na další typy aplikací a případy užití, což poskytne širší škálu možností pro vývojáře a podniky. Tato iniciativa nejen posiluje vedoucí postavení T-Mobile v oblasti 5G technologií, ale také otevírá nové příležitosti pro inovace v mobilních a AI aplikacích.

Iniciativa T-Mobile představuje významný krok vpřed v komercializaci a rozvoji technologie 5G network slicing v USA.

6.2 Stav a výhled NS v ČR

Pro zhodnocení situace v ČR a další výhled je pochopitelně klíčová situace mobilních operátorů, protože v případě NS ve veřejných sítích, který je dominantní částí NS, je další progres závislý na nich, na jejich schopnosti najít obchodní modely a vypořádat se s výzvami, které zavedení NS přináší.

Všichni mobilní operátoři v ČR jsou (v roce 2024) ve fázi, kdy vybrali své dodavatele jádra veřejné 5G sítě, v podobě společností Nokia, Ericsson a Mavenir.

To je nutným (nikoli postačujícím) předpokladem pro možnost NS nabízet. Po výběru, který sám o sobě není nijak krátkým procesem, bude tedy probíhat fáze vlastní implementace.

Podle vyjádření společnosti T-Mobile bychom se mohli dočkat prvních nabídek založených na statickém NS v první polovině roku 2025. A to díky tomu, že NS je pro společnost T-Mobile jednou z klíčových technologií v rámci 5G a měla by být tedy nasazována mezi prvními funkcionalitami 5G SA jádra sítě.

Už v současné době realizuje T-Mobile pilotní projekty, které z technických důvodů využívají LTE technologii, jejichž účelem je ověřit přínosy služby typu slicing pro uživatele. Tyto projekty jsou zaměřené na Broadcasting a konektivitu pro platební terminály.

Jaké tedy vidí T-Mobile v NS příležitosti a jaké případy užití očekává v první vlně?

Rozhodně by se mělo jednat o případ užití typu B2B. Kromě už zmíněného broadcastingu se nabízí užití statického slicingu jako záložní konektivity s definovaným a garantovaným SLA. To ocení jistě všichni podnikatelé, kteří jsou na datové konektivitě závislí a jejich služby jsou přitom poskytovány v různých lokalitách. Platební terminály jsou jistě jen jedním z mnoha příkladů.

Další případ užití je obecně považován za jednoho ze žhavých kandidátů na využití NS a v tomto směru se pohled T-Mobile shoduje: PPDR, tedy služby pro složky záchranného systému.

Zajímavou, a ne tak často zmiňovanou oblastí je využití NS pro zemědělství. Zemědělské stroje jsou v dnešní době nákladné a sofistikované zařízení s mnoha prvky autonomie. Ovšem tím spíše potřebují kvalitní a garantovanou konektivitu, často na poměrně velké ploše. Proto vidí T-Mobile v oblasti chytrého zemědělství potenciál pro early adopters mezi uživateli NS.

K dalším uživatelům mohou patřit utilitní společnosti, které se starají o liniová vedení energií, jejich údržbu a inspekce. Při této mnohdy náročné a nákladné činnosti jim mohou pomáhat drony. Data z nich bude ovšem ideální přenášet s využitím konektivity s garantovanými parametry díky NS.

V určitých případech může být NS dynamickým řešením, které umožní zajistit (primárně podnikatelům) konektivitu v problematických situacích a místech, jako jsou festivaly a podobná shromáždění lidí, která vedou k přetížení sítě. Podnikatelé si budou v dané situaci ochotni připlatit relativně vysoké částky za to, že budou moci realizovat své služby, platby atd. Pozn: výhoda slicingu oproti starším řešením typu QoS/QCI classes by měla spočít v tom, že prioritizovaný zákazník se dokáže přihlásit i do přetížené sítě.

V případě B2C je T-Mobile v odhadu business přínosů opatrnější. Předpokládá, že koncový zákazník bude ochoten platit specificky nad rámec běžného tarifu pouze v případě, že mu NS zajistí fungování služby, které by jinak bylo problematické, například služby spojené s AR.

Pokud jde o překážky a výzvy spojené s NS, T-Mobile nevidí příliš regulačních problémů, pokud budou služby vhodně definované. NS by měl být spojený s prémiovými službami – zajištění prioritního přístupu, zajištění zdrojů sítě vyjádřených určitými parametry – ovšem tyto prémiové služby si bude moci objednat a zaplatit každý zákazník, který o to bude mít zájem.

Hlavní výzvou tak zřejmě bude OSS/BSS systém a jeho schopnost podporovat pokročilé formy dynamického a otevřeného slicingu.

Pokud se podíváme na případové studie, je zřejmé, že už v této chvíli ztrácí Česká republika jednotky let na nejvyspělejší trhy. V této souvislosti je potřeba uvést, že řada služeb, které network slicing může pomoci realizovat na mnohem vyšší úrovni kvality, má význam pro celou českou ekonomiku. Ať už se jedná o využití distribuovaných zdrojů energie, podpora průmyslu 4.0 pomocí virtuálních privátních sítí, nebo kvalitativně nové služby pro záchranáře.

Proto je dobrou zprávou, že situace by se měla začít měnit v příštím roce. Tak jako v každé komerční oblasti, i zde bude rychlost postupu záležet nejen na technologickém vývoji, ale také na poptávce po pokročilých službách. Je proto podstatné šířit osvětu ohledně možností a přínosů network slicingu také mezi jeho potenciálními uživateli z řad firem a institucí.

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.