

Využití „bezlicenčních“ částí rádiového spektra systémy pro mobilní komunikaci IMT

Radiokomunikace 2017

Pardubice 17. – 19. 10. 2017

Ing. Jan Kramosil, BC Service

- Potřeba evropských zemí nastartovat další etapy udržitelného hospodářského rozvoje vede mimo jiné ke snaze zajistit efektivně, za využití dostupných nástrojů, rozvoj moderních sítí elektronických komunikací, a to zvláště sítí zajišťujících vysokorychlostní připojení k síti internetu.

Sdělení Komise COM(2016)587 z 14. 9. 2016, Připojení pro konkurenceschopný jednotný digitální trh

Sdělení Komise COM(2016)588 z 14.9.2016, Akční plán 5G pro Evropu


- Stále více se potvrzuje, že velmi zásadní postavení mají při zajišťování plošné dostupnosti vysokorychlostního připojení k internetu systémy IMT 2020(5G).
- Podmínkou pro intenzivní rozvoj systémů 5G je důsledné zajištění **racionálního, efektivního a hospodárného využívání rádiového spektra**, které je mimo jiné umožněno co nejrychlejším využíváním technického pokroku v oblasti rádiových technologií.

Poptávka po sítích a službách na bázi rychlého internetu -
stále roste

Pokrok v oblastech standardizace a technického rozvoje 5G -
poněkud zaostává za poptávkou



Hledání cest, jak rozpor odstranit.

- Postupná migrace 4G  5G (5G New Radio)
- Využití bezlicenčních částí rádiového spektra
- Využívání offloadingu s dalšími systémy (WiFi)

Názvosloví - dohoda

- Bezlicenční část rádiového spektra
(bezlicenční kmitočety)

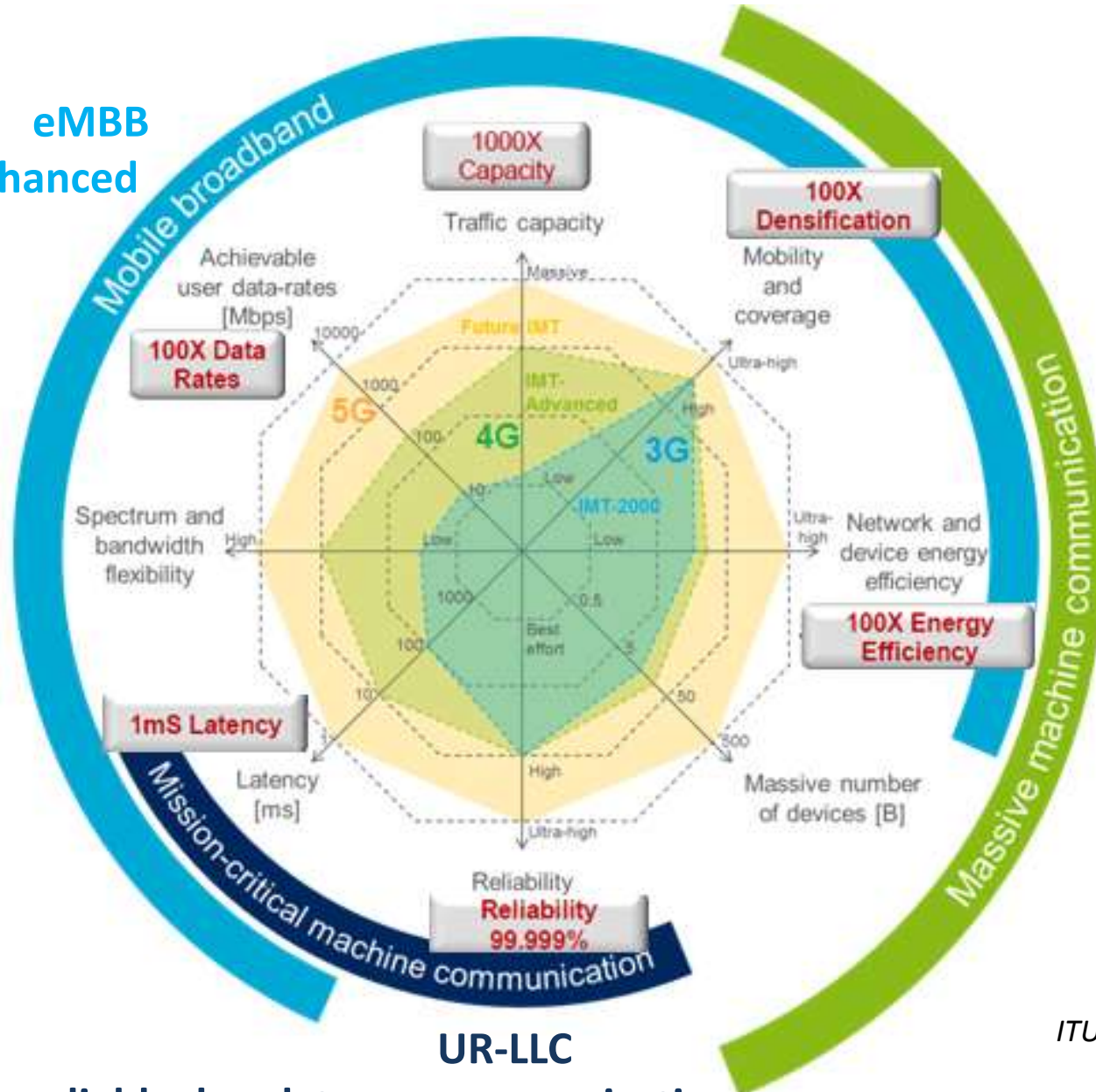
Bezlicenční části rádiového spektra je možno využívat podle pravidel stanovených Všeobecným oprávněním.

- Licenční režim využívání rádiového spektra
(licencovaný kmitočety, licencovaná část rádiového spektra)

Licenčním režimem využívání rádiového spektra se rozumí režim, kdy rádiové kmitočety jsou využívány na základě Individuálního oprávnění.

Vyžadované a očekávané vlastnosti systémů IMT-2020(5G) v porovnání s 3G a 4G.

eMBB
enhanced



mMTC
massive
machine-type
communication

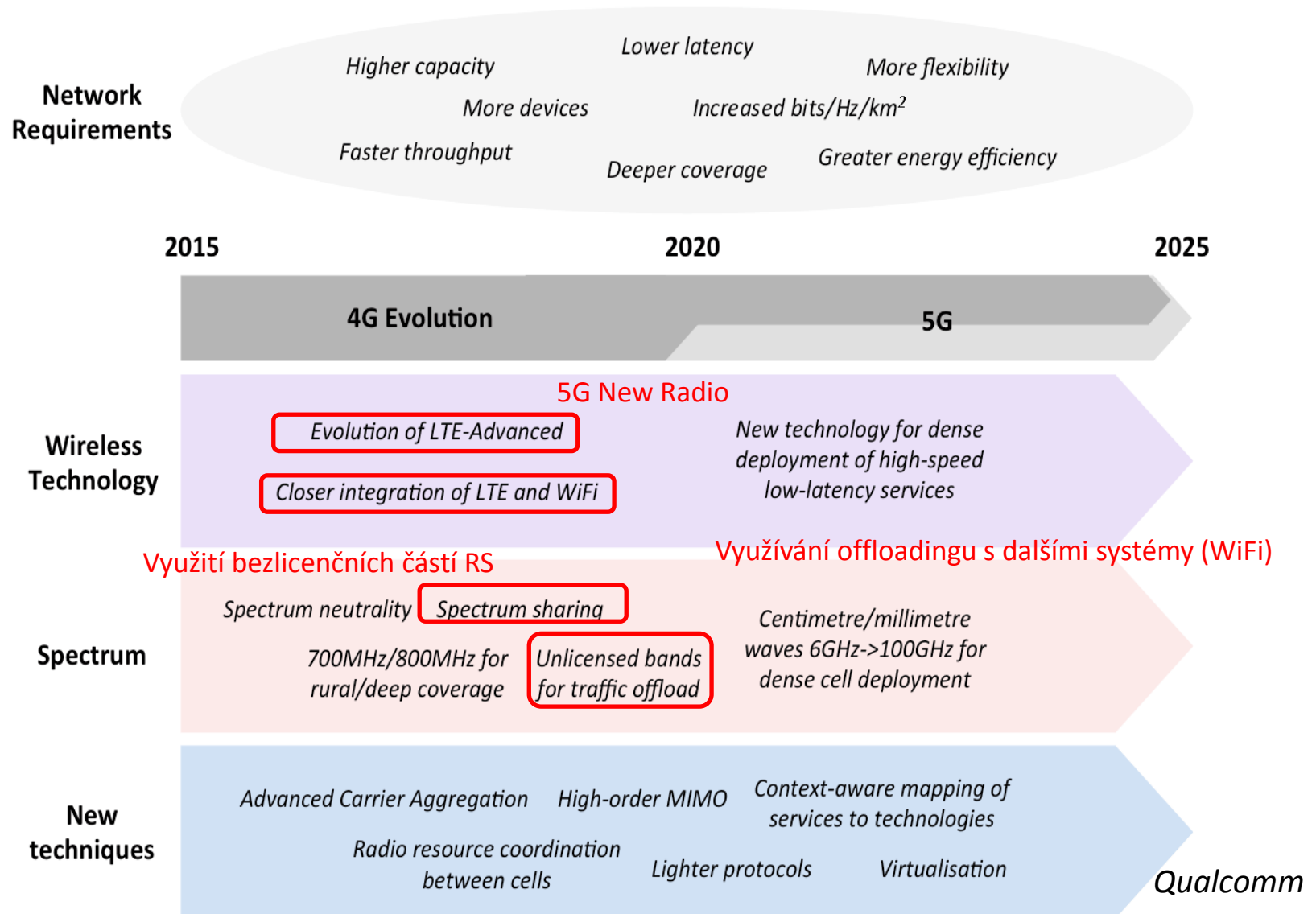
UR-LLC

ITU 5D/TEMP/39C

ultra-reliable, low-latency communication

Proces vývoje IMT ku 5G

Evolution to 5G



5G – New Radio, 5G NR (*Postupná migrace 4G → 5G*)

Nové rádiové rozhraní vyvinuté za účelem rychlejšího dosažení parametrů sítí definovaných standardem IMT 2020 (5G) .

[rozhodnutí 3GPP 2016, vývoj a testování technologií]

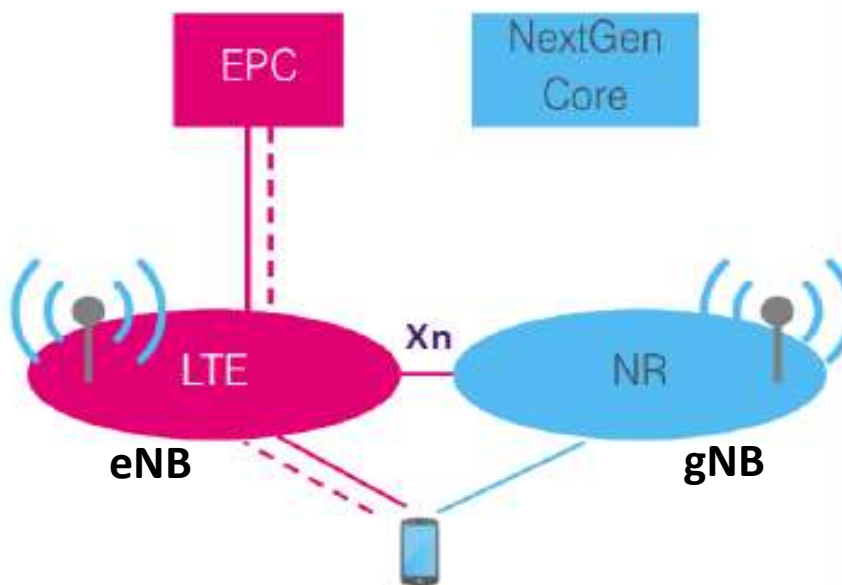
System s 5G NR rozhraním bude plně kompatibilní s novými typy služeb, jak byly definovány ITU standardem IMT 2020 (5G): eMBB, mMTC, UR-LLC.

Jsou předpokládány dvě navazující vývojové etapy 5G NR

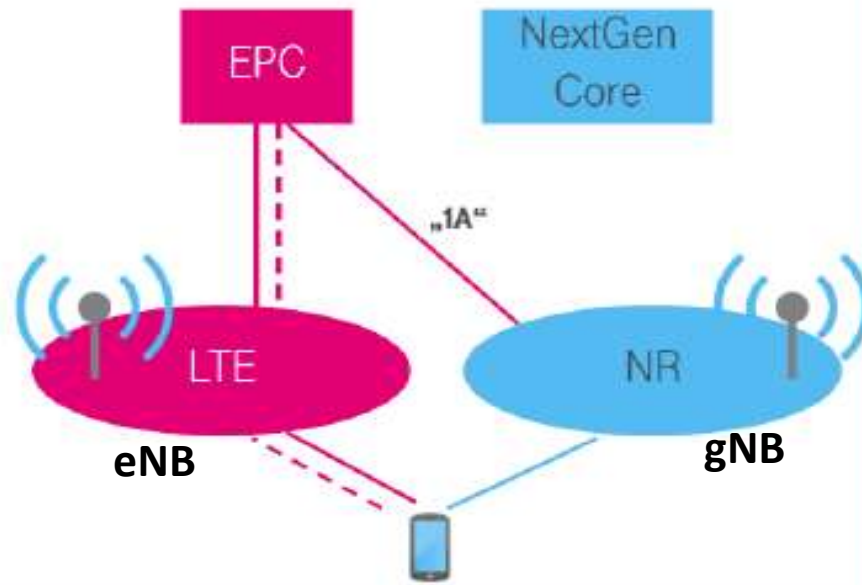
- Etapa s využitím systémů 5G NR označovaných jako **Non-Standalone-NSA** („nesoběstačné“). NSA budou využívat současnou LTE rádiovou přístupovou síť (RAN) a základní část sítě (CN - core network) jako jistý základ pro zajištění pokrytí a řízení mobilní sítě s tím, že bude přidána další 5G RAN. (konec r. 2017 – R15)
- Etapa s využitím systémů 5G NR označovaných jako **Standalone-SA** („soběstačné“). SA přinesou novou uživatelskou i řídicí rovinu zcela v rámci systému 5G NR, který bude již využívat svojí vlastní 5G architekturu hlavní sítě (core network). (konec r. 2018 – R16, 2020 implementace)

Non-Standalone-NSA 5G NR

A) Non-Standalone/"LTE assisted", EPC connected



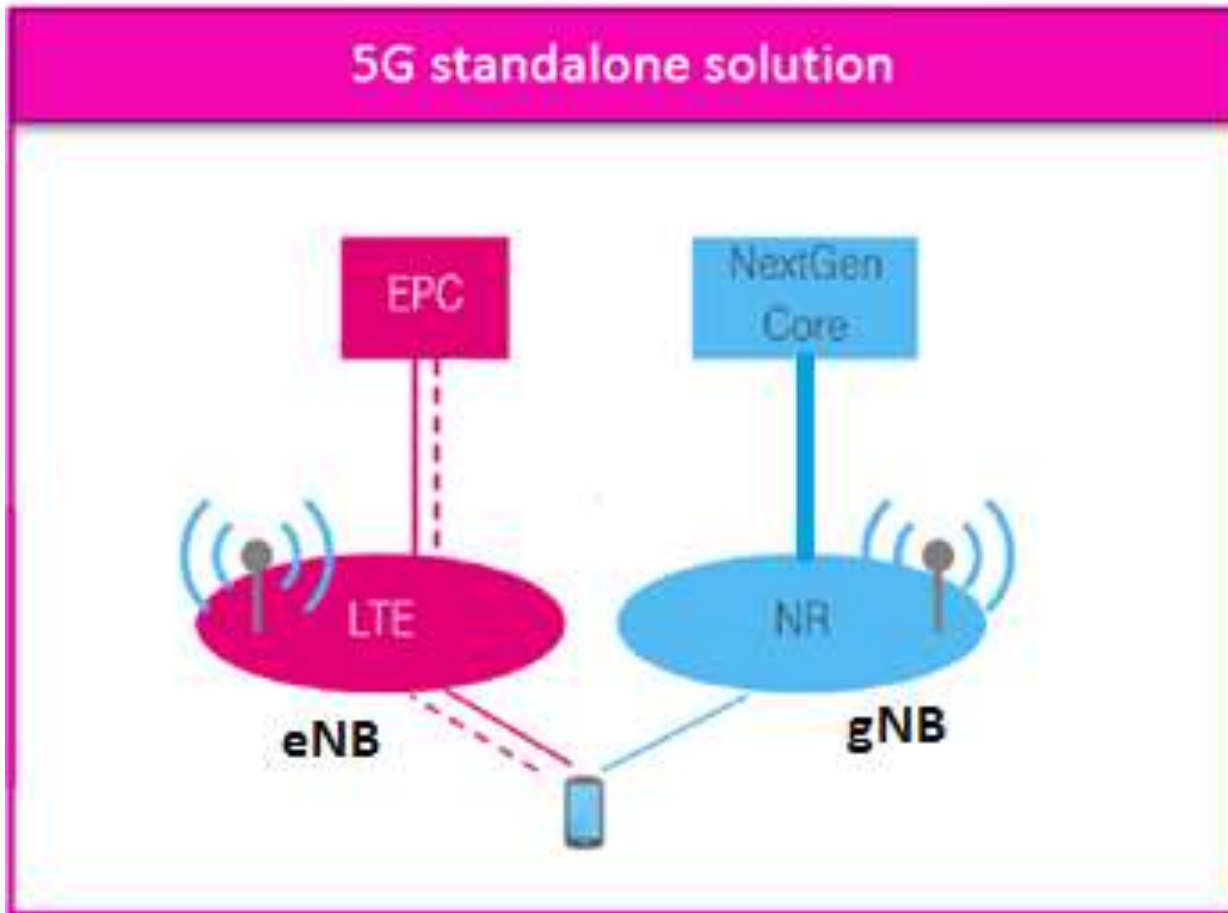
B) Non-Standalone/"LTE assisted", EPC connected



- 1A – rozhraní mezi EPC a gNB
- Xn – rozhraní mezi eNB a gNB
- EPC – Evolved Packet Core
- eNB – evolved Node B v případě LTE = obdoba BTS v GSM
- gNB – v případě 5G NR = obdoba BTS v GSM

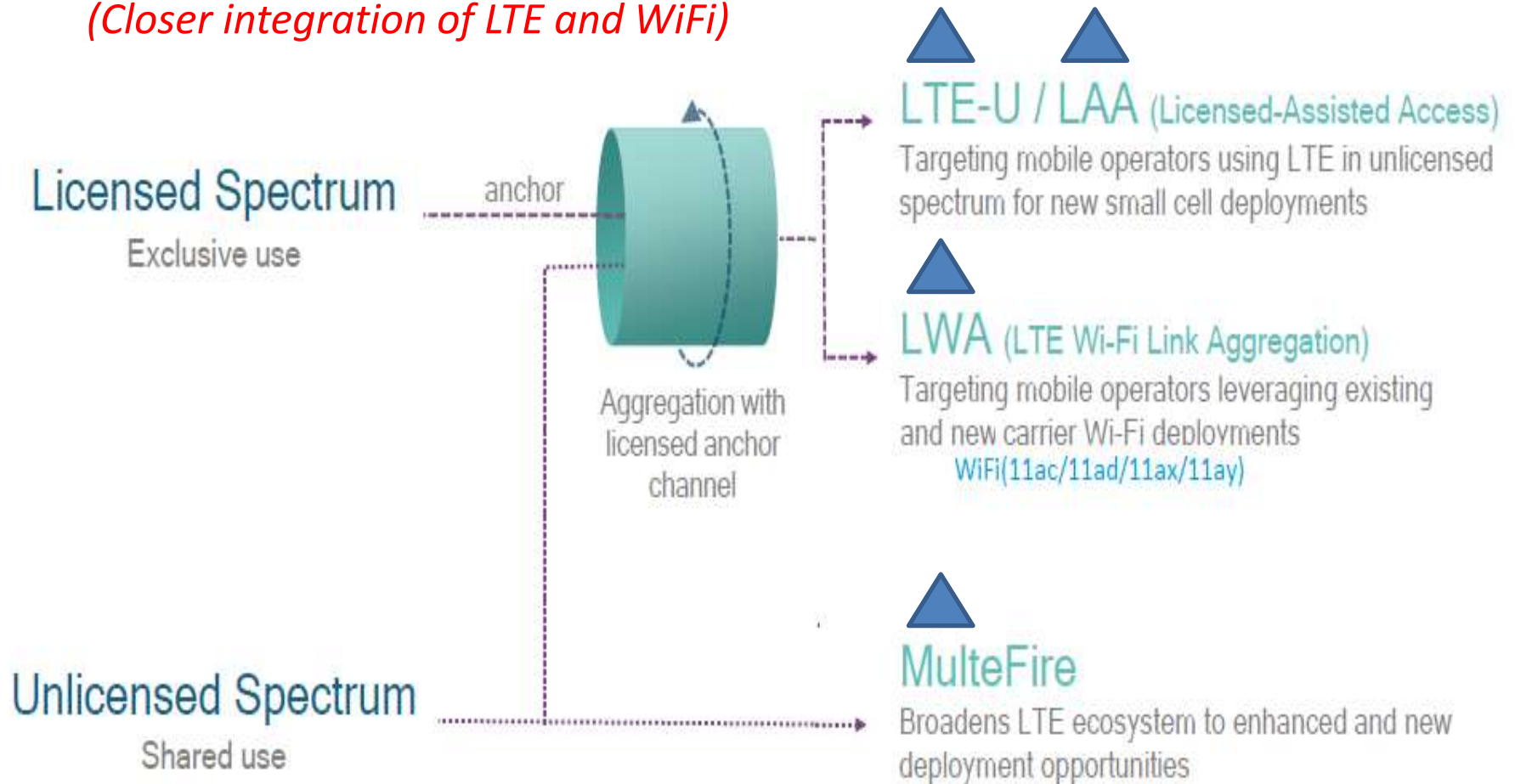
TELUS Canada

Standalone-SA 5G NR



TELUS Canada

- **Využití „bezlicenčních“ částí rádiového spektra systémy IMT**
(Spectrum sharing),
- **Využívání offloadingu s dalšími systémy (WiFi)**
(Unlicensed bands for traffic offload),
(Closer integration of LTE and WiFi)



LTE - LAA (LTE Licensed Assisted Access)



Vylepšené řešení LTE----- součást standardu 3GPP Release 13

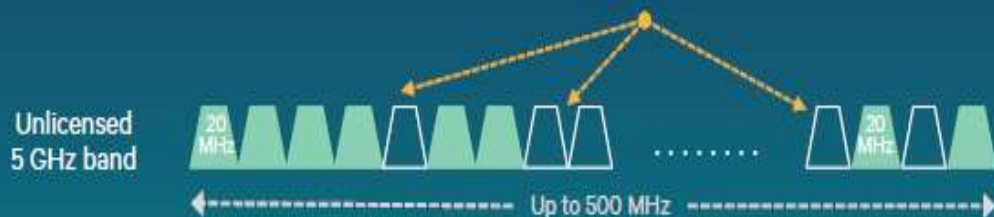
Bezlicenční rádiový kanál jako sekundární doplňující kanál v rámci LTE-CA (carrier aggregation) k hlavnímu primárnímu přenosovému kanálu v licencované části rádiového spektra vyšší spektrální účinnost v interferenčním prostředí, která může být vyšší než u běžných technologií provozovaných v bezlicenčním pásmu např. 5 GHz.

Striktně je vyžadováno zajištění regulérního sdílení bezlicenční části spektra s ostatními operátory a systémy jako např. WiFi.

Systém LTE-LAA využívá techniku LBT (Listen before talk).. ...Původní 802.11.

1

Select clear channel : Dynamically avoid Wi-Fi

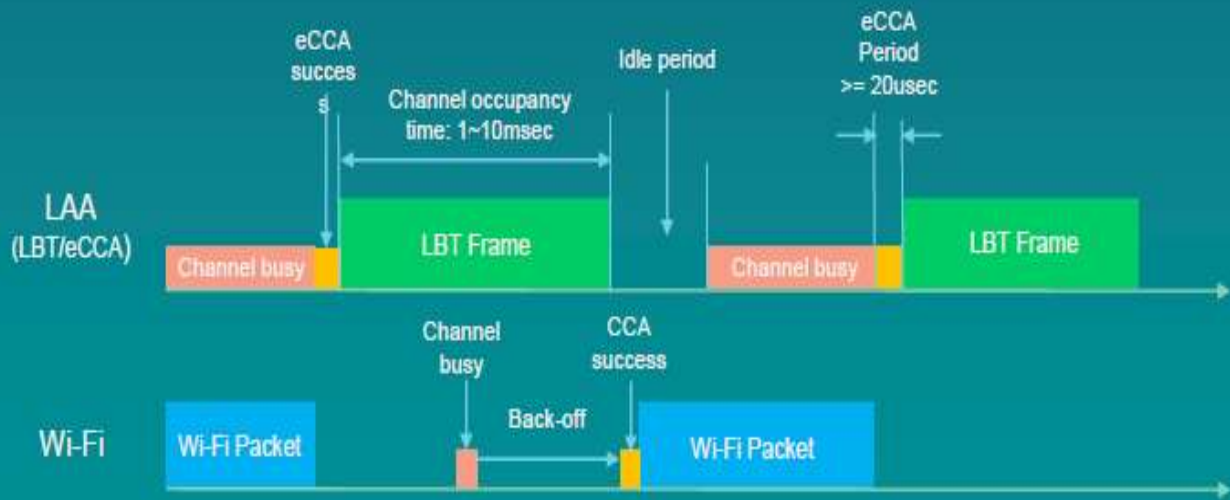


2

If no clear channel : LBT based coexistence with Wi-Fi on same channel

- LAA design conforms to regulations specified in ETSI EN 301 893

- LBT via Enhanced Clear Channel Assessment (eCCA)



CCA - Clear Channel Assessment- pokud není indikován rušící signál (podle ED), je okamžitě zahájeno vysílání
eCCA - Extended CCA- pokud je kanál zarušen, čeká vysílač, až se kanál uvolní. Jakmile se tak stane, nastává krátká perioda náhodného počtu dodatečných CCA hodnocení, zda uvolnění kanálu trvá, než je zahájeno vlastní vysílání.
ED - Energy Detection Threshold, [-dBm/pro šířku kanálu]

Možná struktura řešení LTE-LAA (3GPP TR 36.872)

LTE licenced band

LTE makrocell (eNB node)

PCell (Primary cell)

Unlicenced band (5GHz)

■ **LTE-LAA pico/femtocell**
SCell (Secondary cell)

■ **WiFi cell**



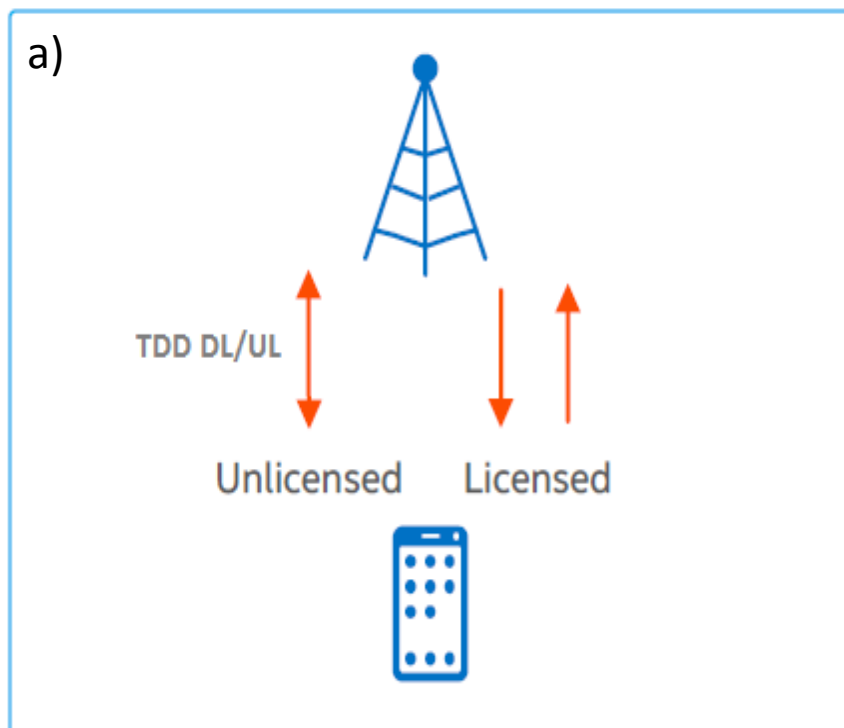
Nokia

Pro LAA jsou charakteristické dva základní druhy provozu:

- Provoz LTE-LAA v režimu TDD, kdy UE má k dispozici UL/DL kanál v bezlicenčním pásmu
- Provoz LTE-LAA v režimu FDD/TDD agregace, využívá stavu, kdy LTE-CA dovoluje agregaci smíšeného provozu FDD a TDD. Tento druh provozu umožní o mnoho větší flexibilitu při výběru vhodného LTE-LAA provozního kanálu v bezlicenčním pásmu.

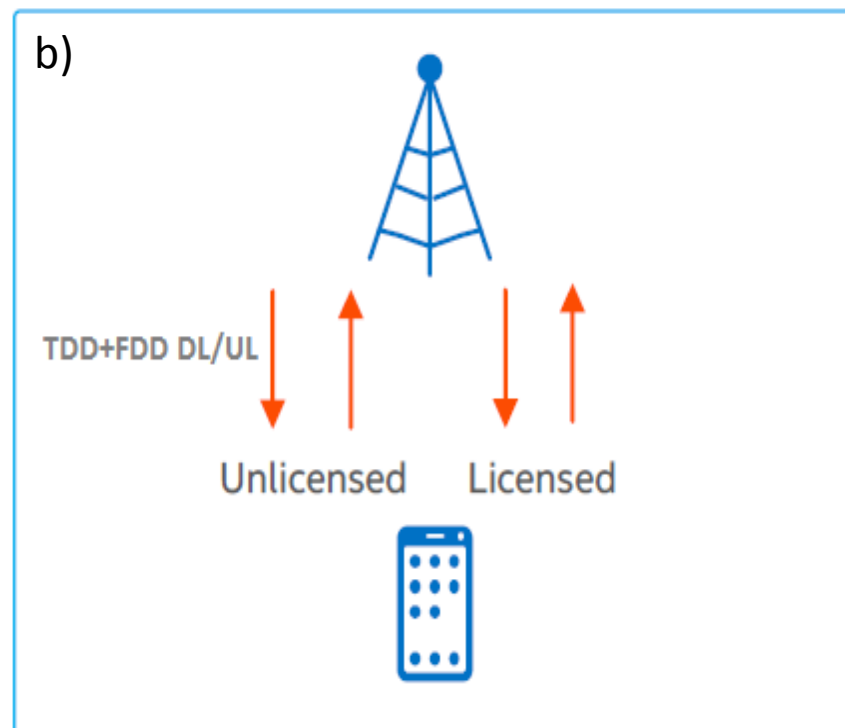
LTE-LAA zajišťuje v bezlicenční části spektra dodatečný TDD DL/UL kanál

3GPP - Release 13



LTE-LAA zajišťuje v bezlicenční části spektra dodatečný DL/UL kanál s agregovaným TDD/FDD provozem

3GPP - Release 14



LTE- U (LTE in Unlicensed spectrum)



- řešení vyvinuto mimo prostředí 3GPP (Qualcomm)
- neobsahuje mechanismus LBT
(tím nesplňuje regulační podmínky platné v nemalém počtu zemí, vývoj byl cílen na využití v zemích jak Spojené státy, Čína, Jižní Korea)

K zajištění regulérního sdílení bezlicenční části spektra jsou využívány následující **proprietární** nástroje:

- **CS (Carrier Selection)** – *pro výběr kanálu využívá ED, není ale možno měřit ani garantovat přesnou hodnotu interferujících signálů.*
- **CSAT (Carrier - Sensing Adaptive Transmission)** – *zjišťování obsazenosti rádiového kanálu v intervalech v rozmezí desítek ms až 200 ms (podstatně delší než v případě LBT), proto CSAT vytváří relativně vyšší hodnotu latence datového přenosu.*
- **SDL (Supplemental Downlink Transmission)** - *je-li eNB zatížena pouze mírně, sekundární rádiový kanál (přenosová cesta) může být vypnut, tím je uvolněn a nezatěžován přenosem (např. režijní data typu CRS - Cell Specific Reference Signal), redukce interference v rádiovém kanálu využívaném např. sousedním WiFi systémem.*



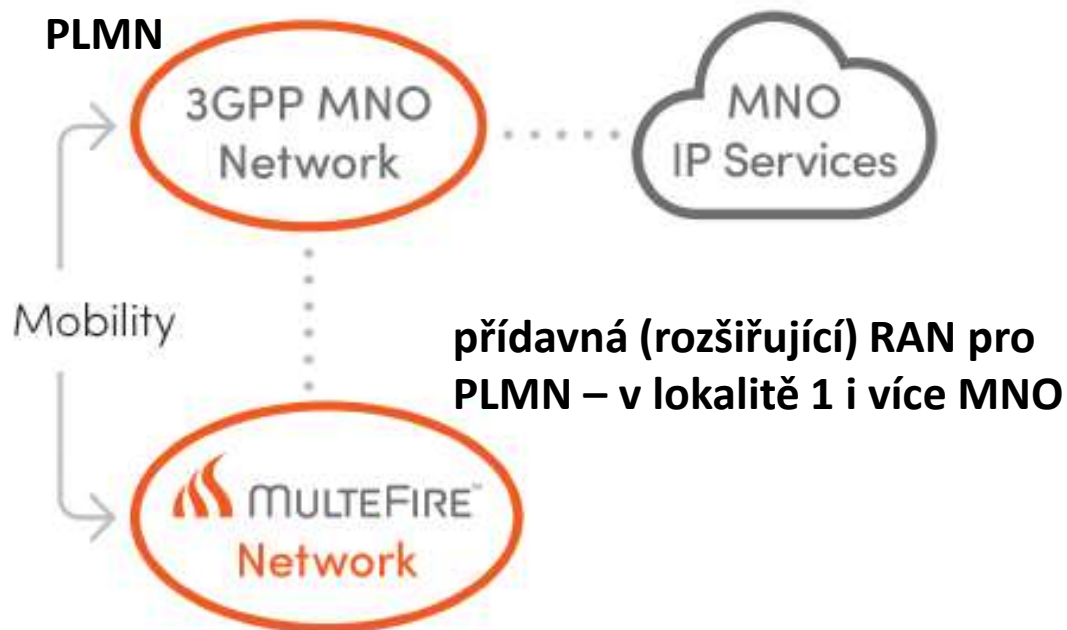
Základní rysy řešení:

- Specifikace pro MulteFire Release 1.0 byla v rámci MulteFire Alliance dokončena v lednu 2017, Release 1.1. se předpokládá v druhé polovině roku 2017.
- Vhodné pro jakoukoliv část RS, kde je možno zajistit rovné podmínky sdílení (např.5 GHz).
- LTE systém v bezlicenční části rádiového spektra lze vybudovat zcela samostatně a nezávisle (jako u systémů WiFi či WAS/RLAN), což u LTE-LAA či LTE-U nelze.
- Základem jsou prvky řešení popsané ve standardech LAA (eLAA) Release 13/14 modifikující standard LTE obecně pro provoz v bezlicenční části spektra.

Dva základní přístupové modely architektury sítě pro MulteFire:

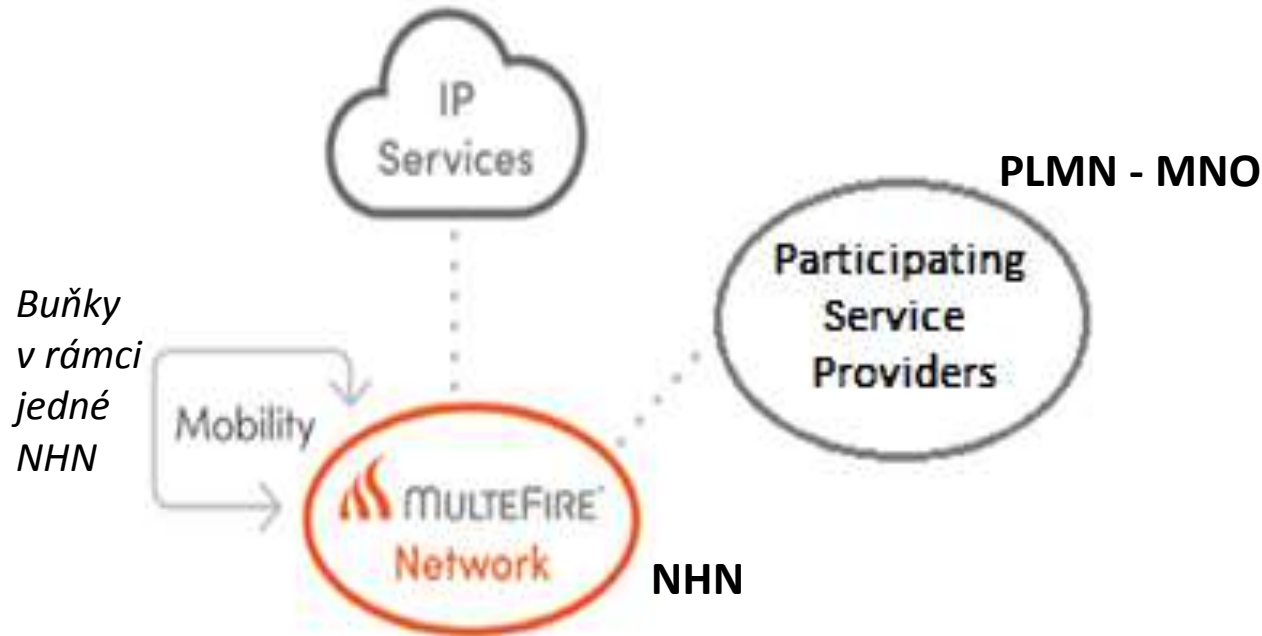
- **Přístupový model pro síť PLMN** (Public Land Mobile Network – Veřejná pozemní pohyblivá síť)
- **Přístupový model pro síť NHN** (Neutral Host Network – Neutrální hostitelská síť)

Přístupový model pro síť PLMN.



MulteFire Alliance – Release 1.0

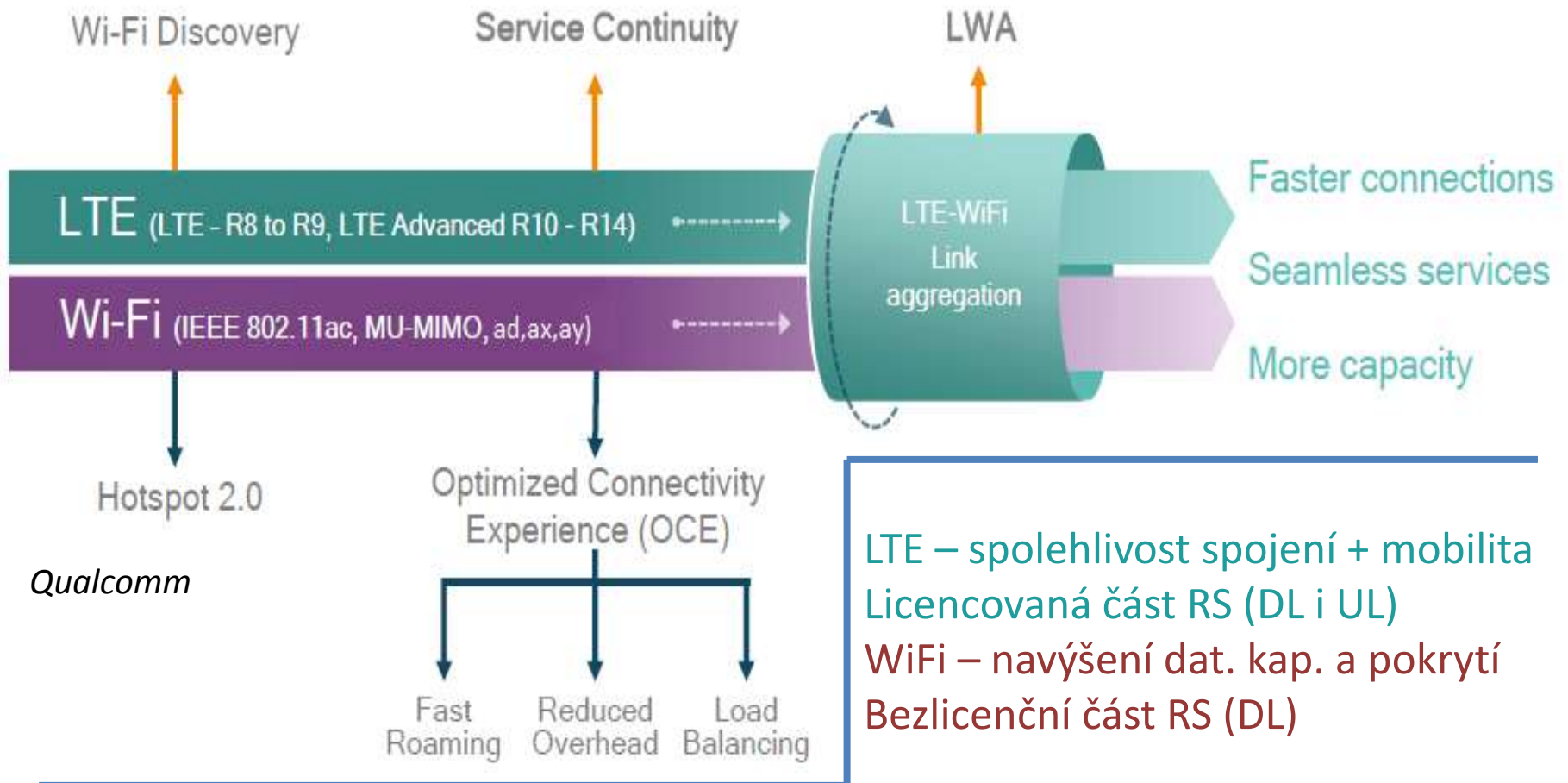
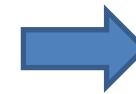
Přístupový model pro síť NHN (*neutrální hostitelská síť*)



MulteFire Alliance – Release 1.0

- NHN je samostatná síť, která zajišťuje přístup svým účastníkům k lokálním poskytovatelům služeb (externím PSP) a umožňuje poskytovat jejich služby.
- PSP přitom poskytuje svoje AAA služby (Authentication, Authorization, Accounting). Přitom PSP je logicky oddělen od provozovatele NHN.
- MNO je v síti NHN typickým příkladem PSP.
- NHN může být i speciální účelovou sítí v izolovaném prostředí (např. důl, výletní loď, atd.).

LWA (LTE WiFi Link Aggregation)

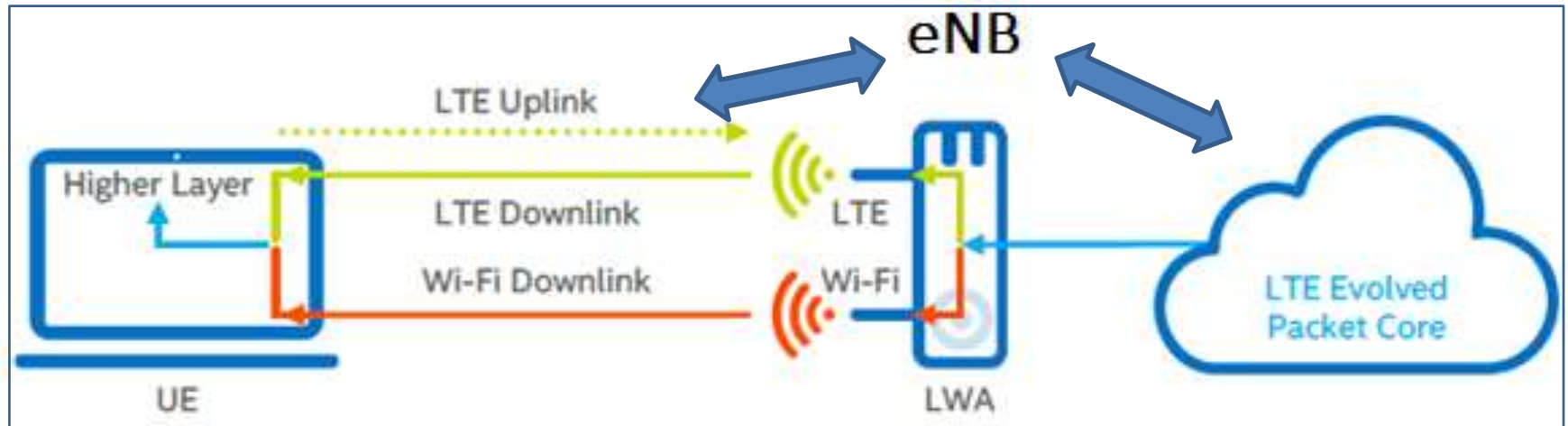


LTE – spolehlivost spojení + mobilita
Licencovaná část RS (DL i UL)
WiFi – navýšení dat. kap. a pokrytí
Bezlicenční část RS (DL)

- LWA využívá WiFi AP k rozšíření RAN – transport dat přes MAC 802.11, R rozhraní stejné
- 3GPP Rel.13 ...LWA, 3GPP Rel.14 ... eLWA (WiGig 60 GHz, 802.11ad,ay)

LWA

- řízení a využití provozu v jeho obou směrech
- efektivnější využívání RS
- Celková propustnost a kapacita systému



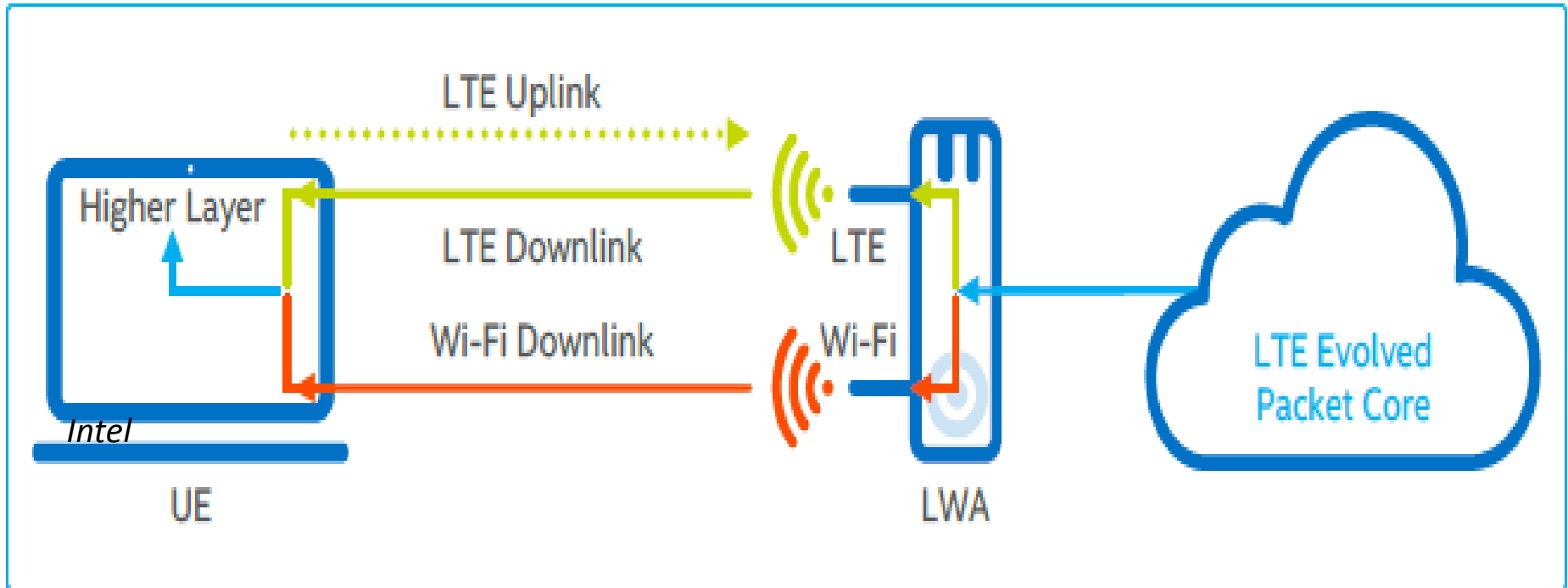
WiFi provoz profituje ze služeb, které zajišťuje EPC mobilního operátora (billing + detailní prověřování paketů + povolené blokování provozu + provozní strategie + ověřování a další).

- LTE řešení (LAA,WireFire) = nová infrastruktura + nové UE
- **LWA = SW upgrade (v UE zapnuto LTE i WiFi – datový tok rozdělen)**

Lze popsat tři základní varianty LWA:

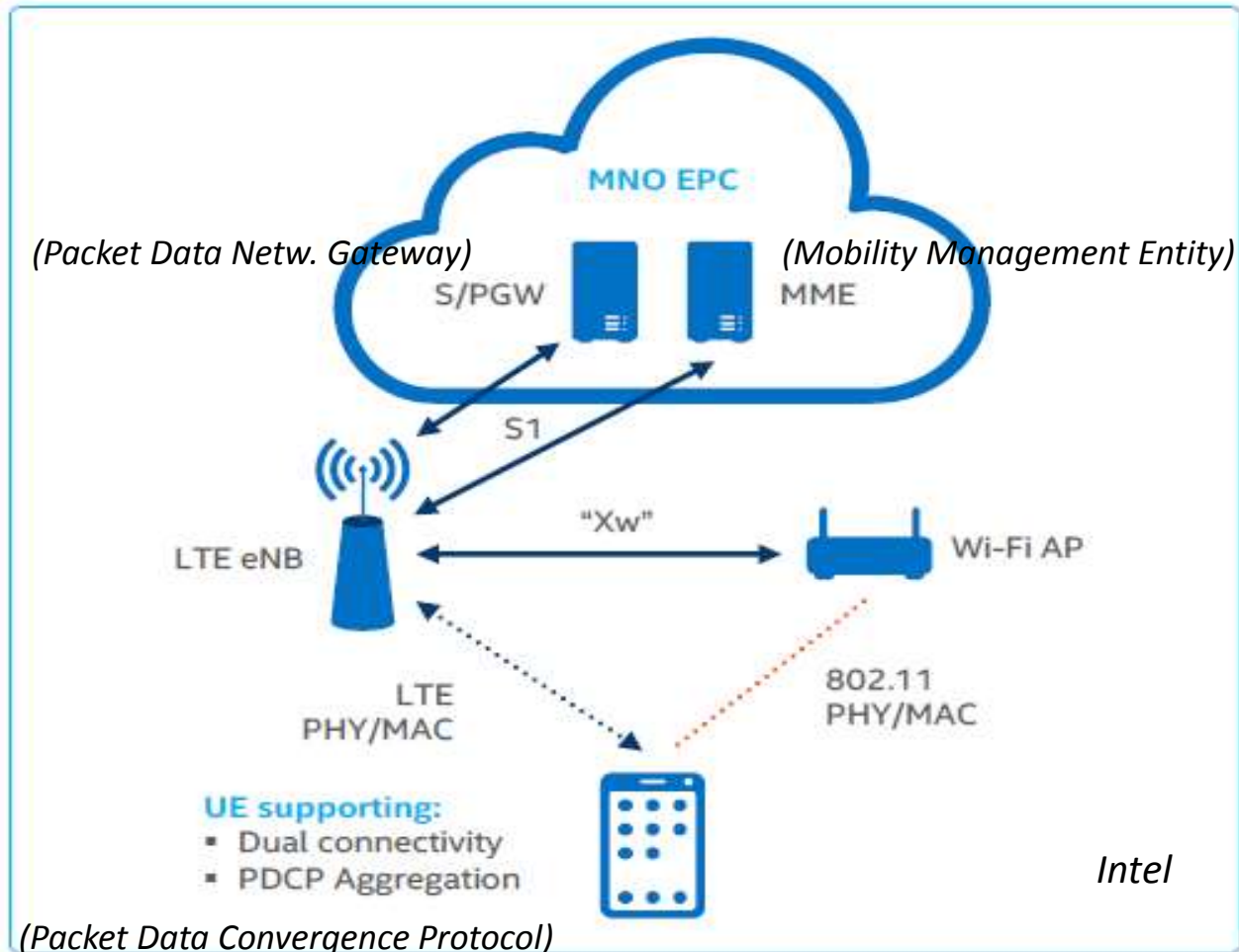
- LWA kolokovaná varianta
- LWA nekolokovaná varianta
- LWA s využitím IP tunelu (LWIP)

LWA kolokovaná varianta.



- LTE eNB a WiFi AP ve fyzicky stejném místě.
- WiFi AP - proveden SW upgrade (+UE), aby mohl podporovat LWA provoz.
- WiFi AP dále podporuje provoz mimo LWA na samostatném SSID
- WiFi se tak efektivně stává součástí E-UTRAN
(*Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*)

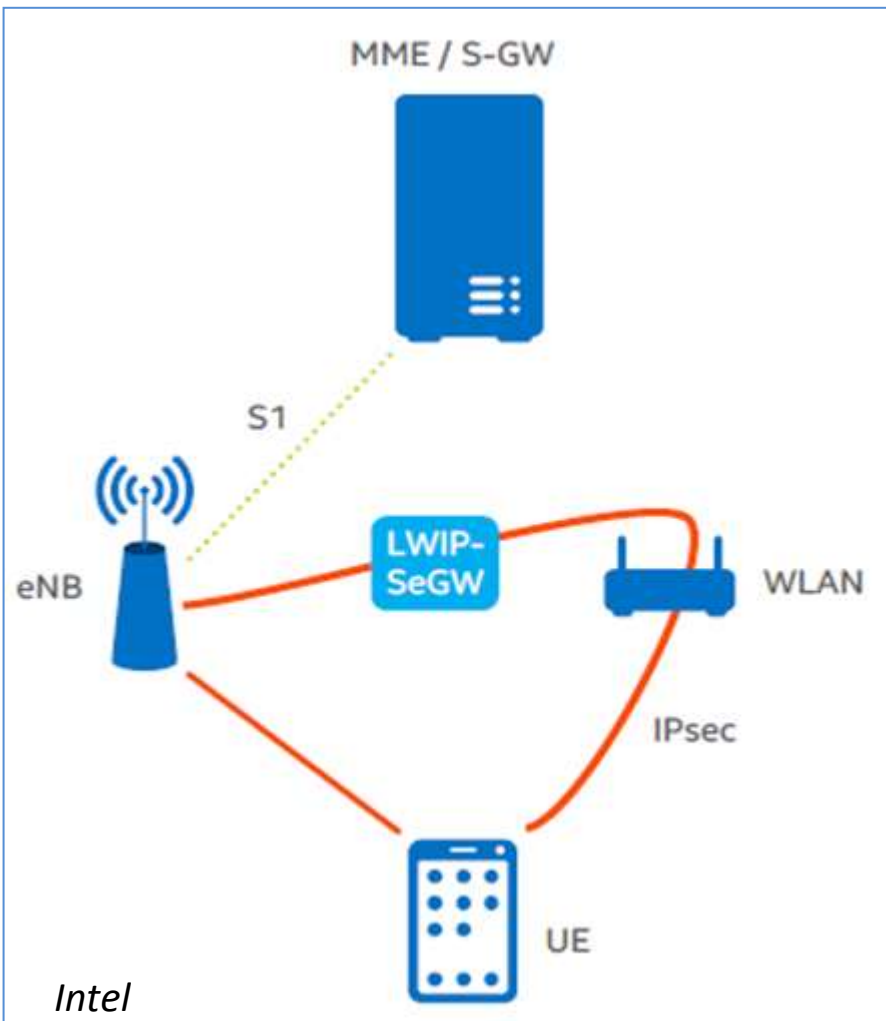
LWA nekolokovaná varianta



- WiFi AP - uvnitř buňky LTE, ale mimo LTE eNB.
- LTE eNB klíčovým bodem z pohledu řízení – rozhraní S1 do CN (Core Network)
Výměna paketů mezi eNB a WiFi AP – přes rozhraní Xw.
- Reporting o stavu sítě (pro účel řízení) na základě informací z UE – omezení vlivu LWA na infrastrukturu WiFi.
- Nutnost zajistit SW upgrade využitých WiFi AP a rovněž UE.

LWIP

(LWA using IPsec tunnel)



3GPPRel13

Část datového toku - **eNB – UE**

Zbývající část datového toku - **WiFi AP – UE**
(do infrastruktury WiFi - tunelem IPsec)

Společný IPsec tunel pro DL/UL
(SeGW – Security GW)

Prostřednictvím IPsec – lze „offloadovat“
více uživatelských datových toků

LWIP využívá některé nástroje LWA –
např. „Měřicí systém pro WiFi infrastrukturu“

Využití WiFi sítě bez potřeby změn
infrastruktury na úrovni RAN

Závěr:

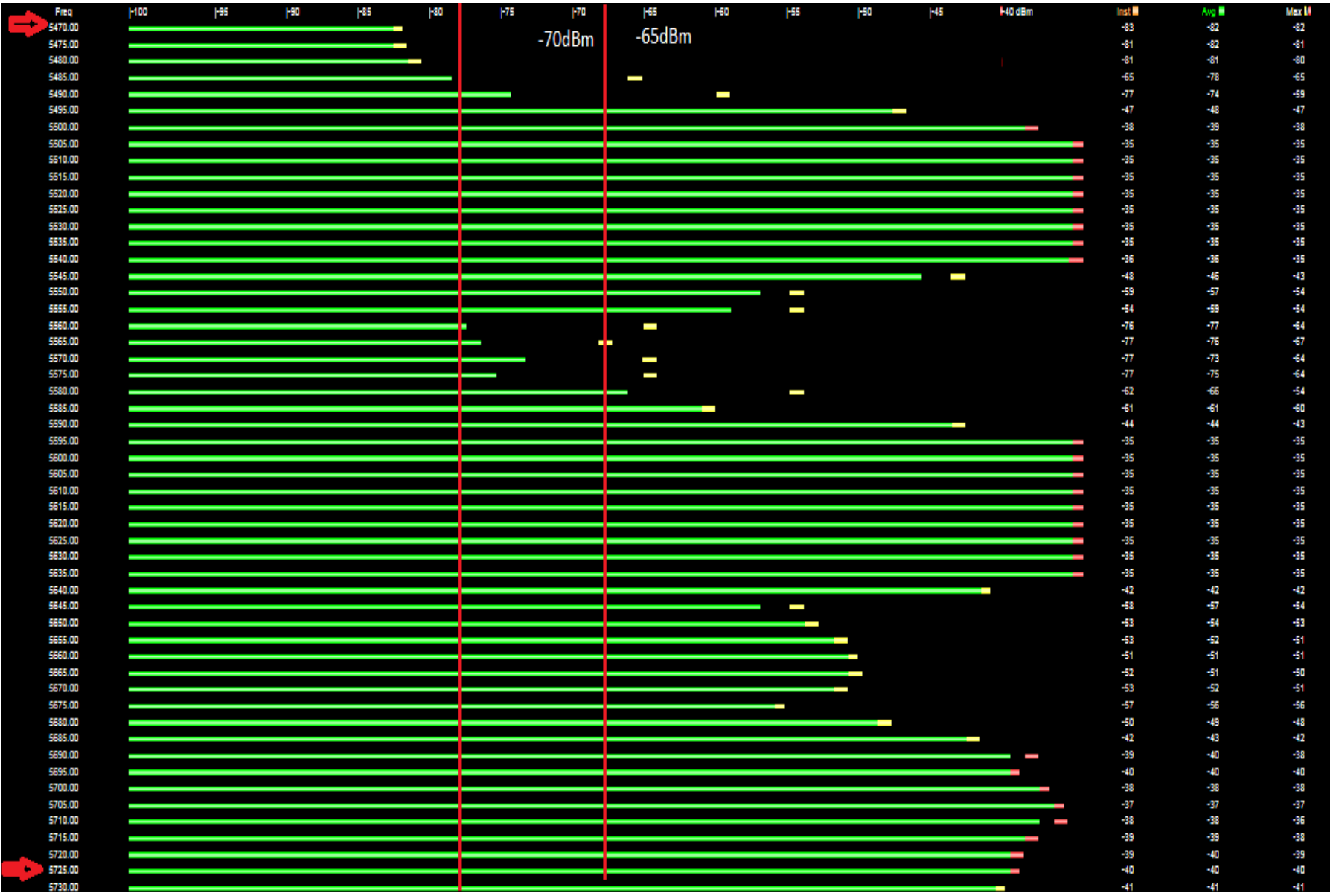
***Sdílení bezlicenčních částí rádiového spektra se
systémy LTE - příklad obsazenosti RS***

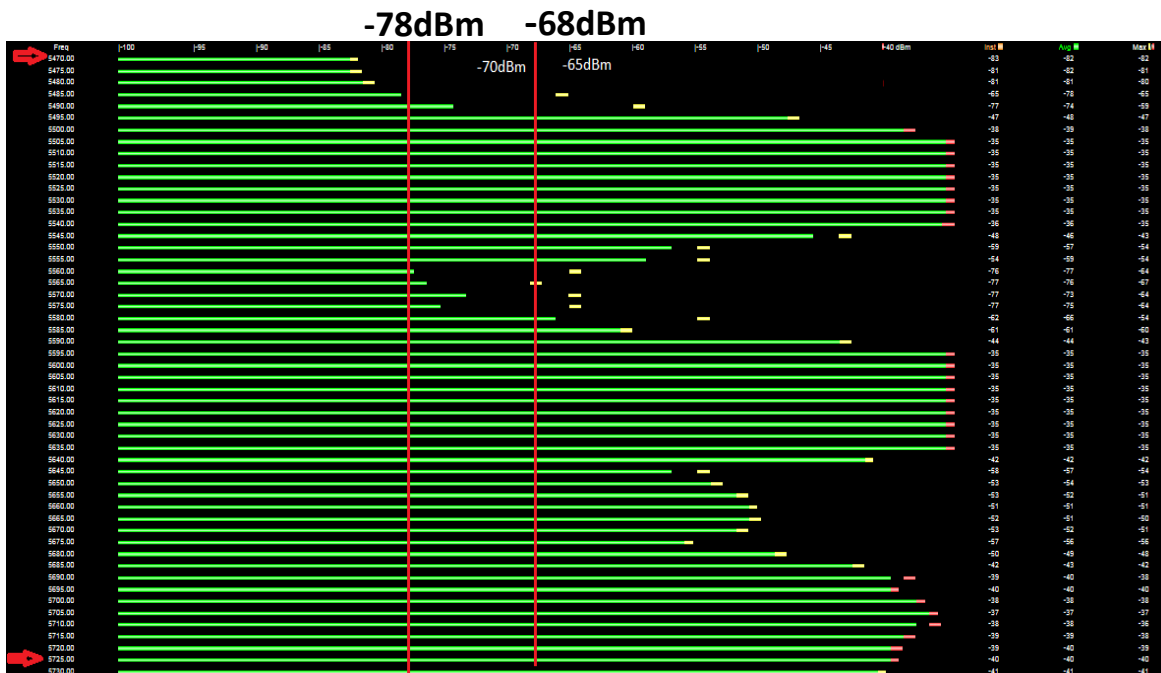
a

Efektivní využití rádiového spektra.

Příklad obsazenosti rádiového spektra v rozsahu 5 470 – 5 725 MHz.

-78dBm -68dBm





Měření v okresním městě cca 58 000 obyvatel.

Rozsah kmitočtů 5 470 – 5 725 MHz

Šířka měřeného rádiového kanálu 5 MHz

Zisk měřící antény 7 dBi

*CCA – ED threshold [EN 301 893].....-68dBm/5MHz pro zařízení **podle** 802.11*

*..... -78dBm/5MHz pro zařízení **mimo** 802.11*

(RLAN/WAS Nejsou WiFi systémy podle IEEE 802.11, 19 436 z 22 504 ZSJ)

Tato skutečnost by neměla být opomenuta při návrhu systémů LTE sdílejících bezlicenční části rádiového spektra a lze jí považovat za jednu z výzev, které přinášejí další generace mobilních buňkových systémů.

Efektivní využití rádiového spektra.

CONSTITUTION OF THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

Ústava ITU

ARTICLE 44

Use of the Radio-Frequency Spectrum and of the Geostationary-Satellite and Other Satellite Orbits

Využití Rádiového spektra, geostacionárních a jiných oběžných drah

195

Členské státy se **musí snažit o omezení počtu kmitočtů a objemu využívaného rádiového spektra na minimum** nezbytné k tomu, aby byly zajištěny potřebné služby uspokojivým způsobem. K tomuto účelu se musí snažit **využívat co nejdříve nejnovějšího technického pokroku.**

196

Při využívání kmitočtových pásem pro rádiové služby musí členské státy přihlížet k tomu, že **rádiové kmitočty** a související oběžné dráhy včetně geostacionárních **jsou omezeným přírodním zdrojem** a musí být **využívány racionálně, efektivně a hospodárně** v souladu s ustanoveními Radiokomunikačního řádu, aby tyto země nebo skupiny zemí mohly mít spravedlivý přístup k těmto oběžným drahám a kmitočtům s ohledem na zvláštní potřeby rozvojových zemí a geografickou polohu jednotlivých zemí.

Zdůvodnění mezinárodní dohody na postupném zužování pásma rádiových kmitočtů vyčleněných pro zemské TV vysílání (původně 470 – 862 MHz, k21 – k69).

Hlavním a primárním důvodem je záměr a tlak MNO na uvolnění části rádiového spektra za účel **NE - jedná se až o Důsledek** sítí v souladu s národními strate světa.

Primárním důvodem je odpovědná a důsledná snaha členských zemí ITU naplnit čl. 44 odst. 195 Ústavy ITU, který zavazuje členské země ke **snaze o co nejrychlejší nasazování nejmodernějších technologií při využívání rádiového spektra.**

Primárním důvodem k ukončení analogového zemského TV vysílání a vzniku Digitální dividendy I (790 – 862 MHz) tedy byla možnost nasazení technologie DVB-T.

Primárním důvodem pro vznik Digitální dividendy II (694 – 790 MHz) pak je možnost nasazení technologie DVB-T2.

Až další v pořadí (důsledkem procesu) jsou mezinárodní dohody o využití částí rádiového spektra „ušetřených“ využitím nejnovějších technologií.

STŘET

Poskytovatelé služby šíření zemského TV vysílání

X

MNO

- Přirozená snaha subjektů provozujících infrastrukturu nezbytnou pro šíření zemského TV vysílání zajistit dostatečnou návratnost vložených investic.
- Částečné nepochopení zásadní role zavádění vysokorychlostních sítí pro připojení k internetu při zajišťování dalšího hospodářského rozvoje společnosti.
- Přirozená snaha MNO posílit a rozvinout ekonomiku svého podnikání.

Již nyní však lze indikovat pozitivní výsledek střetu, kterým by mělo být:

- Požadované (a očekávané) proporciální rozdělení rádiového spektra mezi poskytovatele služby šíření zemského TV vysílání a mezi MNO.
- Bude tak opět respektována a naplněna snaha o dosažení efektivity při úsilí o zajišťování úspěšného a udržitelného hospodářského rozvoje společnosti v dalším období stejně jako o **dosažení racionality, efektivity a hospodárnosti při využívání rádiového spektra.**

Děkuji za pozornost.