

FeMBMS: Pokročilé multimedialní služby pro broadcastové a multicastové vysílání v sítích 5G

Doc. Ing. Václav Žalud, CSc.

Dr. Ing. Petr Vitek

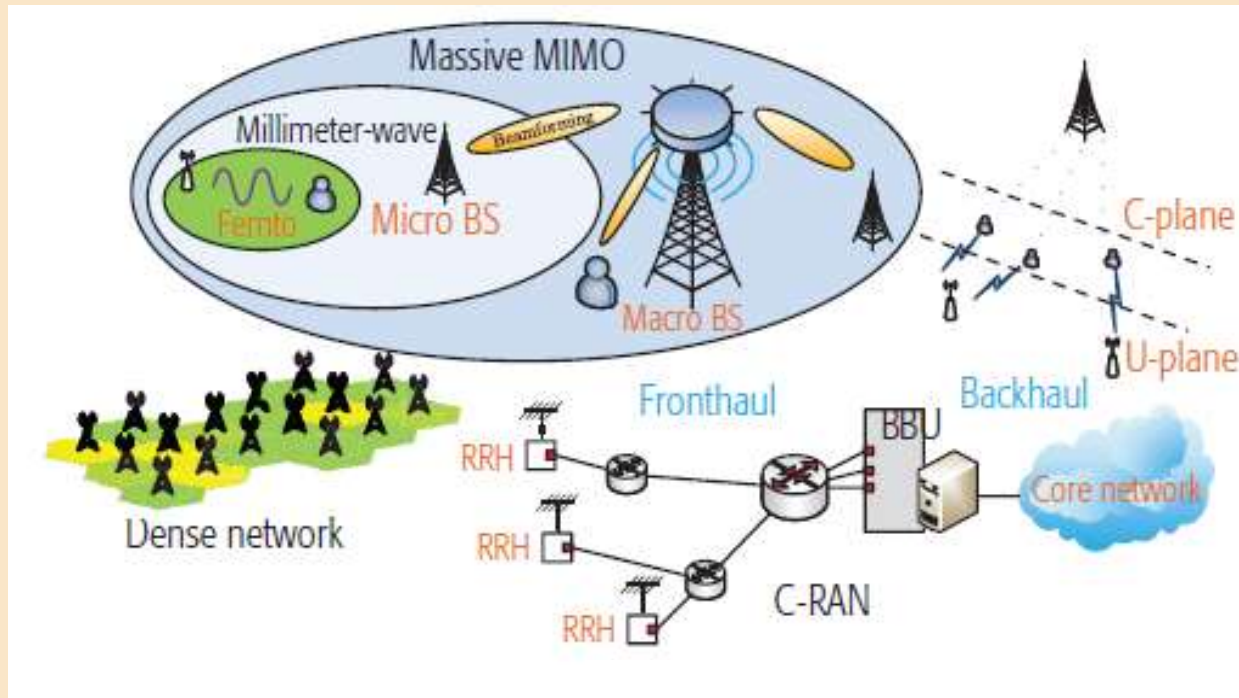
Ing. Tomáš Straka

Konvergence sítí pozemního vysílání a mobilních širokopásmových sítí

Doc. Ing. Václav Žalud, CSc

*Katedra radioelektroniky FEL, ČVUT v Praze
vaclavzalud@email.cz; <http://radio.fel.cvut.cz/>*

Poslední vývoj ve světě buňkových sítí



V nové vícevrstvé architektuře 4G/5G typu C-RAN (Centralized RAN) celkové dokonalé pokrytí obstarávají velké „kilometrové“ buňky s makro základnovými stanicemi (macro BS), využívajícími nižší pásma (pod 3 až 5 GHz). V oblastech s intenzivním provozem se vytvářejí shluky malých buněk (mikro ≈ 100 m, femto ≈ 10 m), lokální pokrytí uvnitř nich zajišťují rádiové hlavice RRH (Remote Radio Head), nebo BS typu massive MIMO. Ty jsou prostorově odděleny od společné jednotky základního pásma BBU (Base Band Unit), s níž jsou spojeny linkami fronthaul (CPRI, RoF ap). Jednotka BBU je spojením backhaul napojena na jádro sítě CN. V jádru CN a částečně i v síti C-RAN je důsledně oddělena uživatelská rovina UP od kontrolní roviny CP, což výrazně zvyšuje operativnost systému. V posledních verzích systému je síť C-RAN doplněna o servery EDGE pro mobilní koncový computing MEC (Mobile Edge Computing), v jádru CN přibývají bloky pro virtualizaci síťových funkcí NFV (Network Function Virtualization) a softwarově definované síťování SDN (Software Def. Networking) (tyto funkce nejsou na obr. výše zachyceny). Přístup do systému umožňuje více variant rádiového rozhraní MAIV (Multiple Air Interface Variants), jako např 5G WiFi apod.

Poslední vývoj ve světě vysílacích sítí

DASH: dynamic adaptive streaming over HTTP

BICM: bit-interl. coded modulation

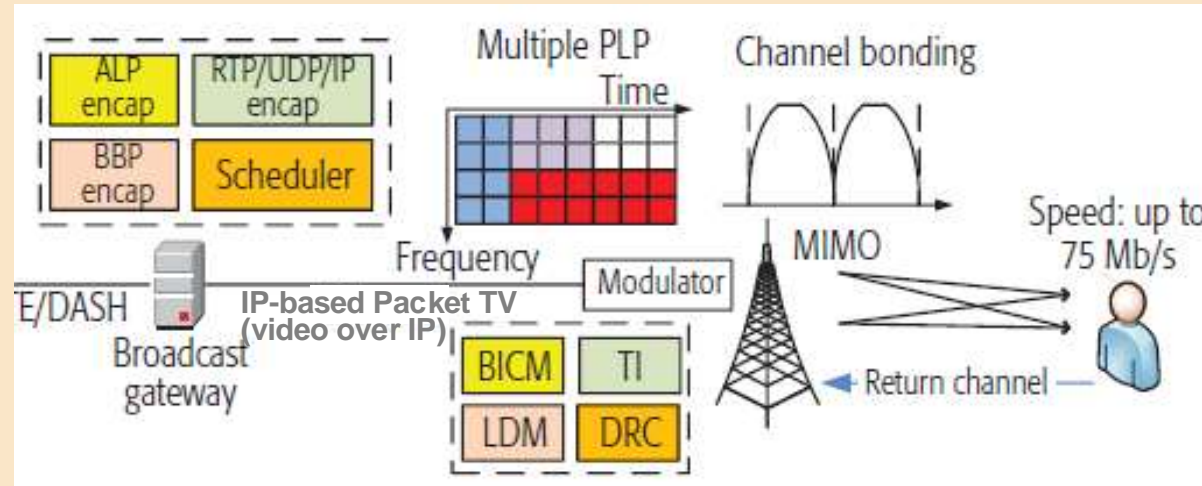
TI: time-interleaver

LDM: layer-div. multiplex NOMA

DRC: Dynamic Range Compression (obvod ke snížení dynamiky v noci)

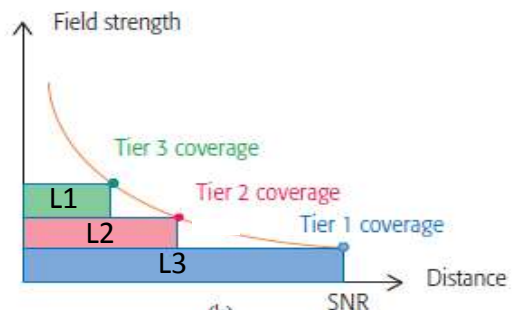
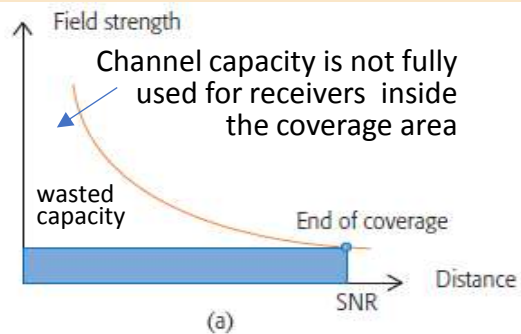
RC: return channel (zpět. kanál)

Channel bonding: splits web traffic at the packet level among multiple internet connections



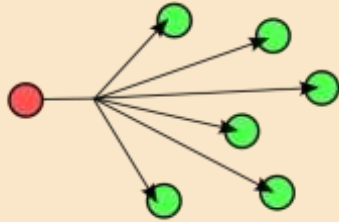
Layered-division-multiplexing (LDM NOMA) is a novel non-orthogonal multiplexing which is capable of providing significant capacity improvement when delivering multiple broadcast services simultaneously. A 5G P2MP subsystem with LDM can deliver high-quality broadcast services using the broadband infrastructure. Wasted capacity which arised in traditional one-tier system inside the coverage area, can be recovered by deploying multiple-tier services using LDM, where different signal tiers can be deployed, which make use of extra capacity available.

An M -layer LDM receiver can decode all signal layers. To decode the signals from multiple layers, successive signal cancellation (SSC) is performed. For example assume the power level of the signal layer dereases with layer index (i.e. L_1 has the highest power). The decode the L_1 signal conventional detection is carried out, treating all the other layers as interference. When decoding L_2 signal, the L_1 signal is first decoded, reconstructed, and removed from the received signal, where L_3 to LM signals are treated as interference. To decode L_3 signal, two SSC process are needed to remove both L_1 and L_2 signal layer.



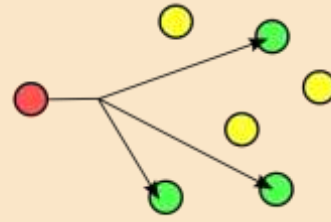
Broadcast, Multicast a Unicast v buňkových sítích

Mobilní buňkové sítě se od svého vzniku (cca 1980) využívají pro duplexní interaktivní služby typu P2P (Point to Point tj. bod - bod). Po roce 2 000 se však začínají objevovat také služby typu P2MP (Point to Multi Point tj. bod – mnoho bodů). Ty spočívají ve vysílání těchto multimediálních kontentů buď ke všem uživatelům, kteří o ně mají zájem (broadcast), nebo jen k jejich vybraným skupinám (multicast); služba multicast má k dispozici výkonný zpětný kanál, umožňující interaktivní služby



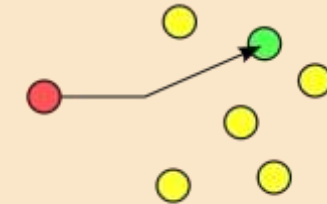
Broadcast je odesílání zprávy z jediného zdroje (např. základnové stanice BS) ke všem autorizovaným koncovým příjemcům (uživatelským terminálům UT), kteří chtějí zprávu přijmout; příkladem je rozhlasové, nebo televizní vysílání:

„one-to-all“



Multicast je odesílání zprávy z jediného zdroje (např. základnová stanice BS), současně ke skupině autorizovaných příjemců (skupině uživatelských terminálů UT), kteří chtějí zprávu přijmout; tím se zmenší zátěž zdroje i přenosové sítě

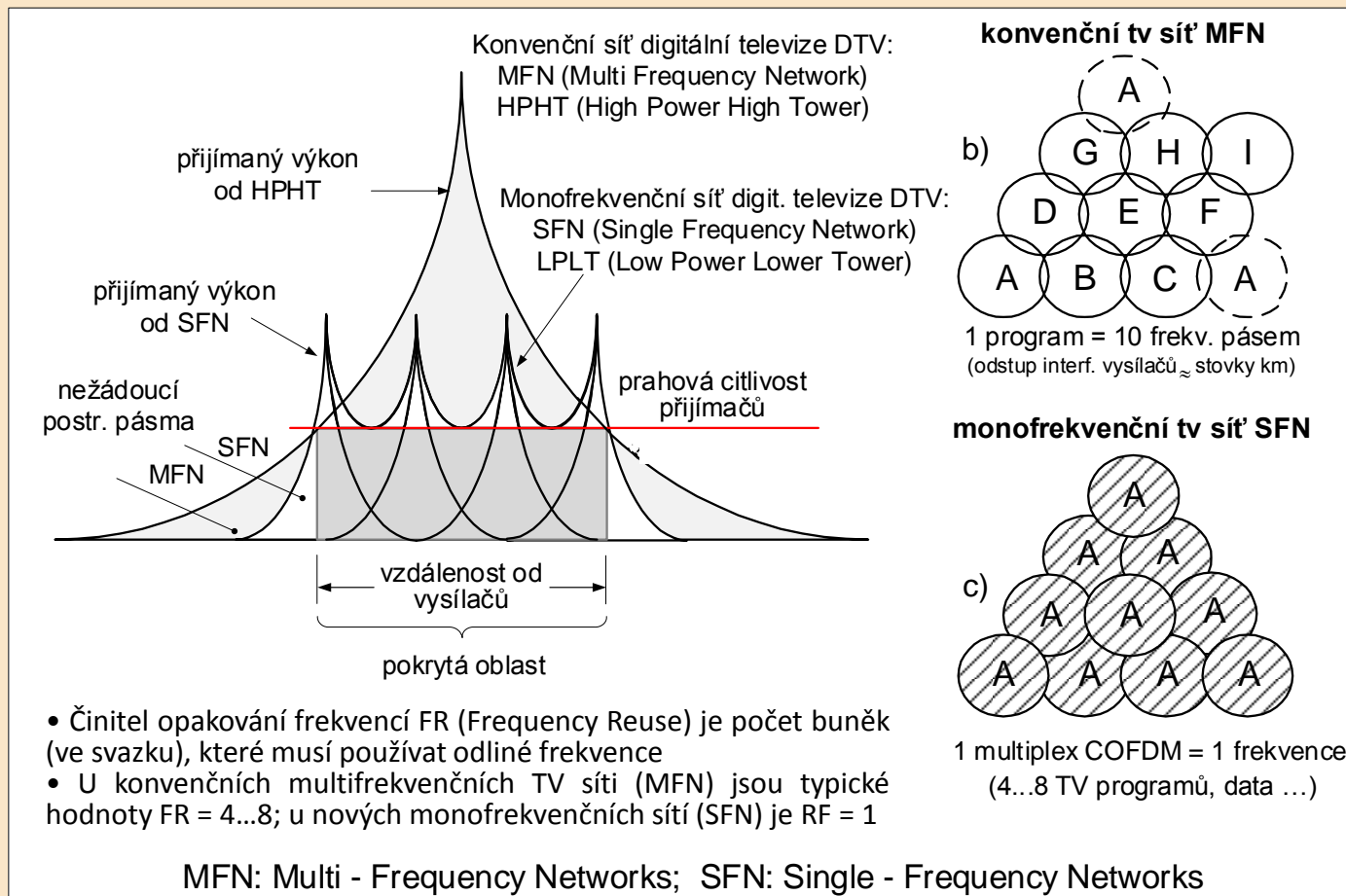
„one-to-many-of- all“



Unicast je odesílání zprávy z jediného zdroje (např. základnové stanice BS), k jedinému příjemci (uživatelskému terminálu UT); unicast vzniká i přímým spojením D2D mezi dvěma uživatelskými terminály UT:

„one-to-one“

Tradiční a monofrekvenční televizní sítě: MFN a SFN



a) Využití vysílacího výkonu u konvenčních televizních sítí MFN a v sítích SFN;

b) frekvenční plánování pro konvenční televizní vysílače MFN;

c) monofrekvenční síť SFN/OFDM, s vysokou spektrální a energetickou účinností; energetickou účinnost zde může výrazně zvýšit přechod na širokopásmovou koncepci, neboť je podstatně efektivnější zvýšit kapacitu systému pomocí rozšíření pásma, než cestou zvětšování vysílacího výkonů při původní malé šířce pásma; avšak snížením faktoru FR na hodnotu 1 se výrazně zvýší mezikanálové interference, kterým lze však čelit přechodem na robustní modulace a kódování, nebo metodou SIC (Self Interference Cancellation), ovšem za cenu komplikovanějších přijímačů.

Síť SFN v určité frekvenční konfiguraci však lze použít jen na omezeném území - v praxi nejvýše několik desítek kilometrů!

Multimediální služby MBMS, eMBMS a FeMBMS v buňkových sítích: časový vývoj

• Služby MBMS

Služby typu P2MP (Point to Multi Point tj. bod – mnoho bodů) realizují vysílání těchto multimediálních kontentů buď ke všem uživatelům, kteří o ně mají zájem (broadcast), nebo jen k jejich vybraným skupinám (multicast). Podle původního projektu 3GPP/Rel. 6 z roku 2005, zaměřeného na mobilní síť 3G UMTS, se označují jako rozhlasová a multikastová služba MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service).

• Služba eMBMS

S nástupem sítí 4G LTE s mnohonásobným přístupem OFDMA, přichází zdokonalená verze eMBMS (enhanced MBMS), využívající nové funkční možnosti standardu LTE (3GPP Rel. 9/2009). To přináší službě eMBMS řadu předností, z nichž nejzávažnější je možnost implementace monofrekvenčních sítí SFN. Buňková technika eMBMS je dobře slučitelná s koncepcí monofrekvenčních televizních sítí SFN (Single Frequency Network), v nichž je tentýž televizní program vysílán nikoli velkými výkonnými vysílači, nýbrž mnoha malými vysílači s omezenými výkony. V případě buňkových sítí uživatelský terminál obvykle přijímá a konstruktivně skládá signál přicházející z několika nejbližších sousedních stanic BS, což výrazně zvyšuje kvalitu přenosu v zastíněných lokalitách, uvnitř budov apod. Síť SFN navíc mají, jak v televizních tak mobilních aplikacích, oproti klasickým koncepcím, mnohem vyšší spektrální i energetickou účinnost. K dalším přednostem eMBMS patří dokonalá interaktivita, možnost využití různorodých uživatelských terminálů, rozšířený počet uživatelů rozšiřujících působnost televizního vysílání.

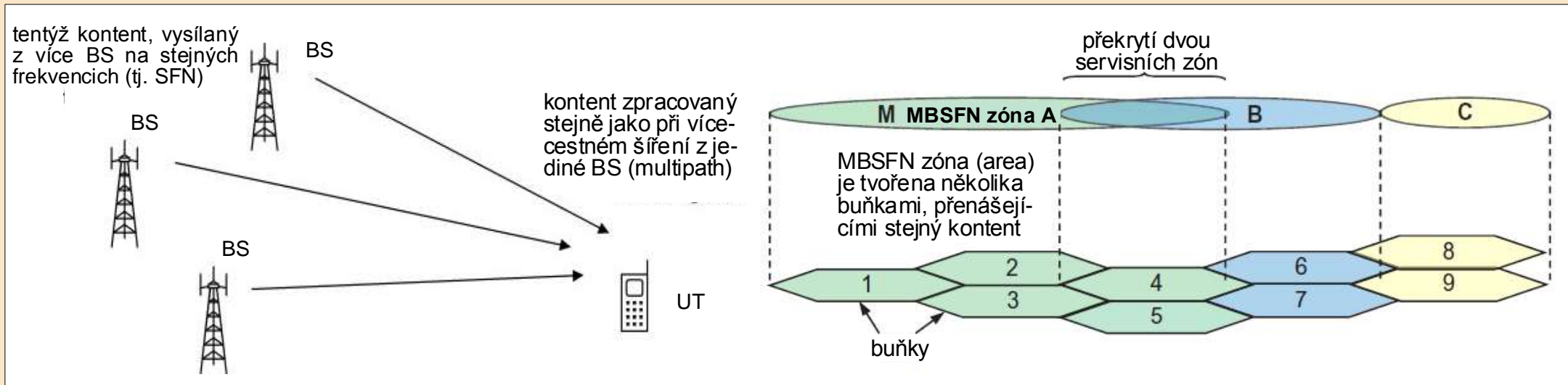
• Služba FeMBMS

Posledním vývojovým stadiem MBMS je služba FeMBMS (Further evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) (3GPP Rel. 14/2017), náležející již do generace 5G. Zásadním přínosem FeMBMS je rozšíření ochranného intervalu GI (Guard Interval) ze 33,3 μ s na 200 μ s, což odpovídá prodloužení GI vzdálenosti z 10 km na 60 km. Na rozdíl od eMBMS, která může alokovat 60% kapacity vysílacím službám (broadcast services), služba FeMBMS je schopna tuto alokaci rozšířit až na 100%.

[1] eMBMS, FeMBMS, 5G: ... <https://www.progira.com/news/embms-fembms-5g-cutting-technical-jargon/>

[2] Cox, C.: An Introduction to LTE. John Wiley & Sons, Ltd., Publication, UK 2012

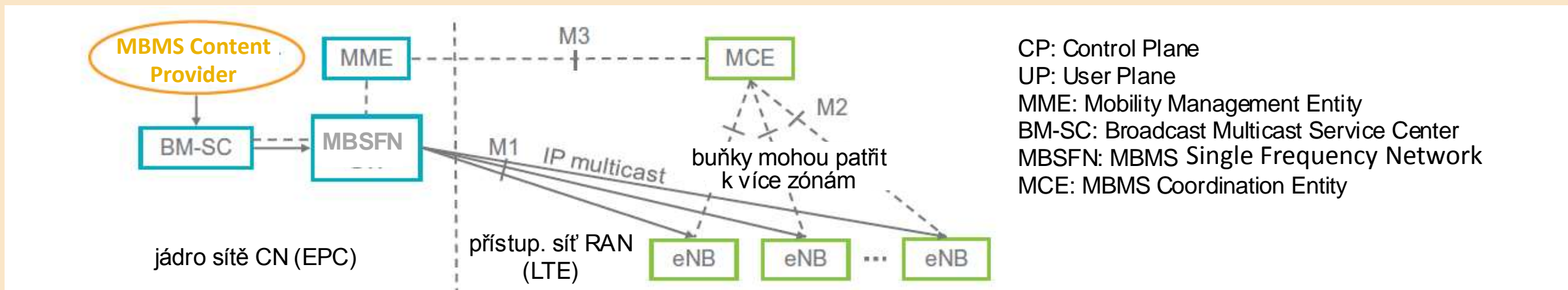
Buňkové monofrekvenční sítě SFN (Single Frequency Network)



Původní analogové televizní sítě užívaly k pokrytí velkého území malého počtu velkých vysílačů s mohutnými výkony. Sobě blízké vysílače musí potom pracovat, z důvodů zamezení interferencí, v rozdílných pásmech, což vede k nízké spektrální účinnosti systému, malá je i jeho energetická účinnost. Tuto koncepci však vylepšuje digitální televize DVB-T, u níž se realizuje mnohonásobný přístup technikou OFDMA, kde se více multiplexovaných tv programů přenáší na mnoha paralelních subnosných vlnách. Jejich modulační symboly jsou potom výrazně protaženy, což zajistí systému vysokou imunitu proti mnohocestnému šíření. Další vylepšení, které přináší do DVB-T aplikace přístupu OFDMA, spočívá v možnosti realizace tzv. monofrekvenčních sítí SFN (Single Frequency Network). U nich se tentýž program vysílá nikoli velkými, nýbrž mnoha malými vysílači. Určitý tv přijímač potom přijímá signály několika malých vysílačů, avšak přes jejich různá zpoždění, fáze i amplitudy, je schopen je díky použití formátu OFDMA, navíc vylepšenému cyklickým prefixem CP, konstruktivně skládat. Tím se výrazně zlepší pokrytí a zvýší spektrální i energetická účinnost celého systému (SE/EE).

Principy SFN lze s výhodou využít také v případě buňkových sítí v režimu služeb MBMS, i když v odlišném smyslu. V této aplikaci, označované jako MBSFN (MBM SSFN), uživatelský terminál UT přijímá stejné kontenty (programy) od více základnových stanic. Při jejich konstruktivním slučování pak používá stejnou technologii, jako při běžném mnohocestném příjmu signálu jediné BS. Jedná se tedy o analogii s tv sítěmi SFN. Koncepce MBMS/SFN zde opět výrazně zvyšuje kvalitu přenosu v zastíněných lokalitách, uvnitř budov apod a navíc zvyšují účinnosti SE i EE.

Služba eMBMS v architektuře systému 4G LTE



I když se objevily první úvahy o službě MBMS již těsně po r. 2 000, k její širší realizaci se přikročilo až s nástupem systému 4G, a to hlavně díky aplikaci přístupu OFDM, který zde umožňuje uplatnění principů monofrekvenčních sítí SFN.

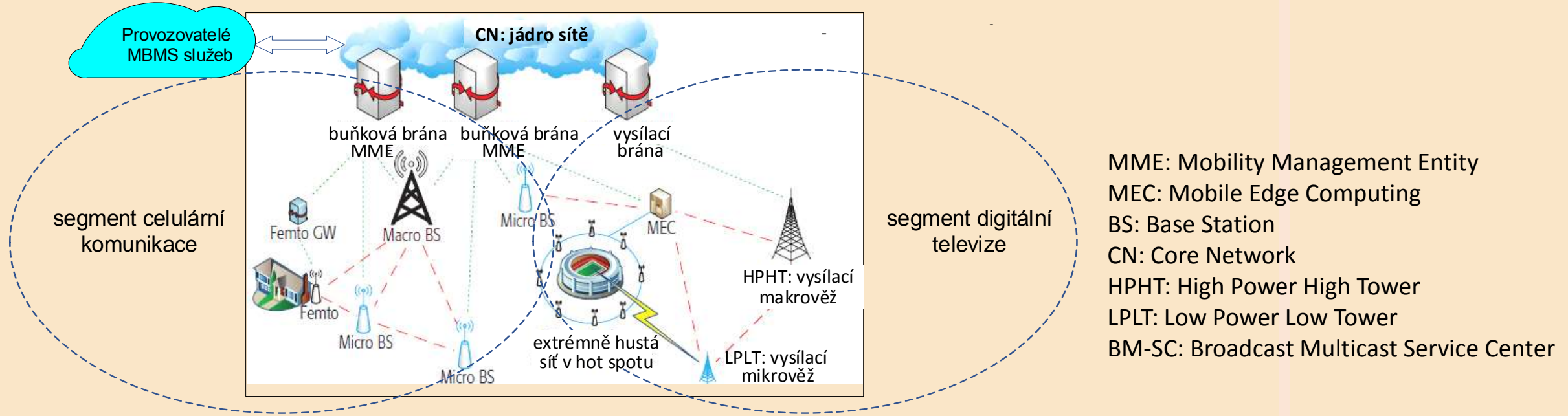
Služba MBMS využívající technologii SFN se označuje symbolem MBMS SFN, resp. ve zkratce MBSFN. Pokud se v ní uplatní ještě některé další progresivní techniky standardu 4G LTE, vzniká služba eMBMS (evolved MBMS).

Technika eMBMS obvykle vyžaduje nejen časovou synchronizaci mezi buňkami vytvářejícími vícebuňkovou zónu MBSFN, ale také využití stejné soustavy rádiových zdrojů v každé buňce této zóny. Koordinaci celého systému provádí mnohobuňková/multikastová koordinační entita MCE. To je logický uzel v rádiové přístupové síti RAN, který realizuje alokaci rádiových zdrojů a přenosových parametrů napříč buňkami v dané MBSFN zóně, a to obvykle pro více uzlů eNB.

Kontenty vyžadované ve službě eMBMS získávají externí provozovatelé MBMS CP (MBMS Content Providers). Servisní centrum Broadcast Multicast BM-SC, lokalizované v jádru sítě CN, je zodpovědné za autorizaci a autenticitu provozovatelů kontentů a také za tarifování a celkovou konfiguraci datového toku uvnitř jádra CN. Z centra BM-SC jsou data eMBMS přeposílána přes bránu MB SFN a s využitím IP multikastu, ke všem uzlům eNodeB. Odtud jsou pak distribuována k uživatelským terminálům.

Heterogenní architektura sítě 5G FeMBMS, s buňkovým a vysílacím segmentem

Služba FeMBMS se bude vytvářet konvergencí moderních televizních sítí a nových sítí mobilní komunikace 5G



Obrázek výše ilustruje současné představy o progresivní koncepci multimediální broadcastingové a multicastingové služby FeMBMS, jež se bude implementovat v rámci sítě 5G. Požadované kontenty získávají jejich externí provozovatelé MBMS CP (MBMS Content Providers), kteří je zasílají do společného jádra sítě CN systému FeMBMS. Odtud se potom dostávají přes buňkové brány MME (MME Gateway) do buňkové sítě a přes vysílací bránu také do vysílací broadcastingové a multicastingové sítě.

Uvedené složité úlohy může splňovat zobrazená heterogenní kombinovaná síť. Ta se skládá z celulárního segmentu a vysílacího segmentu. Prvý z nich obsahuje původní makrobuňky a nové mikrobuňky, pikobuňky a femtobuňky. Základnové stanice BS s velkými výkony v makrobuňkách zajišťují dokonalé pokrytí a implementují kontrolní funkce. Naproti tomu nízkovýkonové stanice BS v mikro, piko a femtobuňkách přinášejí, díky agresivnímu opakování frekvencí, mohutné navýšení datové rychlosti a kapacity.

Ve vysílacím segmentu makrovysílače na televizních věžích HPHT mohou zajišťovat veřejné služby, kdežto mikrovysílače LPLT přispívají k celkovému provozu svou distribucí populárních kontentů v hotspotech. Přitom uživatelské terminály s malou mobilitou komunikují s nízkovýkonovými vysílači, kdežto terminály s velkou mobilitou jsou obsluhováni vysílači s velkým výkonem.

[1] Zhang, W. et al.: Convergence of a Terrestrial Broadcast Networks and a Mobile Broadband Networks. IEEE Communication Magazine, March 2018.

[2] Gimenez J. et al.: Wideband Broadcasting: A Power-Efficient Approach to 5G Broadcasting. IEEE Communication Magazine, March 2018

Děkuji za pozornost!

Václav Žalud

Thank you very much for your brilliant presentation!

Your Gogo

