

10. Evoluții ale LTE/SAE

10.1 Introducere

- rețelele **LTE-A (LTE-Advanced)** sunt introduse în specificațiile LTE începând cu versiunea Release 12;
- tehnicile incluse în specificații permit obținerea de debite de până la 1Gbit/s în direcția downlink;
- specificațiile adresează concepte specifice precum: **agregarea purtătoarelor**, tehnici MIMO evaluate (maxim 8x8), celule de tip HetNet (Heterogenous Networks), utilizarea de relee (RN-relay node).

10.2 Agregarea purtătoarelor

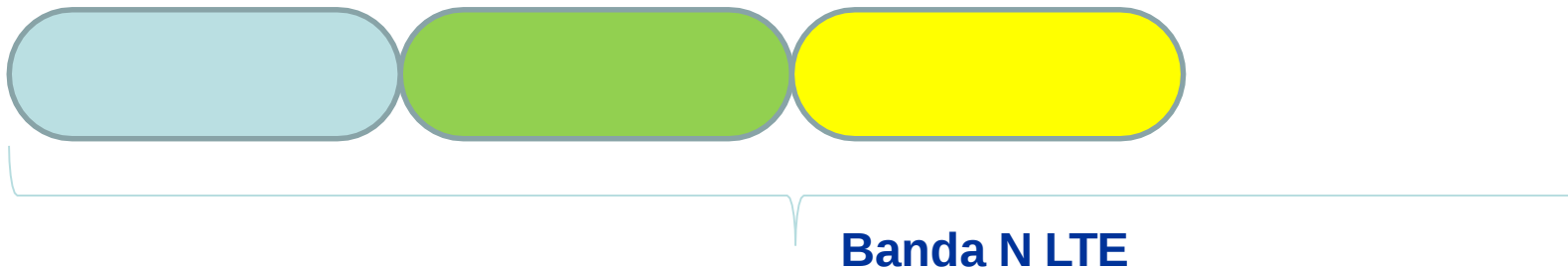
- nu este specifică doar LTE, a fost introdusă și pentru sisteme de generația a 3a (DC-HSDPA de exemplu)

Ideea fundamentală : utilizarea de mai multe purtătoare (maxim 5 pe direcție DL și 2 pentru direcția UL) cu o lărgime de bandă de maxim 20MHz fiecare pentru o lărgime de bandă disponibilă de maxim 100MHz pentru transmisii downlink. Fiecare purtătoare respectă structura definită în specificațiile Release 8 pentru compatibilitate

Agregarea purtătoarelor poate fi făcută în mai multe moduri:

- intra-bandă contiguu sau non-contiguu: (*intra-band contiguous/non-contiguous*) purtătoare învecinate sau neînvecinate din aceeași bandă LTE
- inter-bandă non-contiguu: (*interband non-contiguous*) purtătoare din benzi de frecvență diferite

Intra-band contiguos



Intra-band non contiguos



Inter-band non contiguos



Scenariile posibile de implementare sunt diverse:

- alocarea de purtătoare contigue în aceeași bandă se utilizează tipic cu antene colocata pentru mărirea capacității în aceeași celulă (ambele purtătoare asigură acoperire radio similară)
- alocarea de purtătoare non-contigue interbandă LTE- presupune folosirea de benzi distincte și de echipamente de tip RRH (Remote Radio Head) dispuse în locații diferite –tipic un RRH care operează pe o frecvență mai mică asigură acoperirea într-o celulă iar celelalte RRH-uri (frecvențe mai mari) asigură creșterea debitului într-o acoperire prin hotspot-uri



Combinațiile posibile de benzi LTE sunt foarte multe, specificațiile LTE-A limitează numărul de combinații ce pot fi folosite (3GPP TS 36.101).

Operatorii pot configura doar un set limitat, funcție de spectrul în care au licență de operare

Exemple: **Intra-band contiguos (o singură bandă de frecvențe)**

Bandă E-UTRA CA	Bandă E-UTRA	Bandă UL			Bandă DL			Mod separare sens com.
		F _{UL_low} – F _{UL_high}			F _{DL_low} – F _{DL_high}			
CA_1	1	1920 MHz	–	1980 MHz	2110 MHz	–	2170 MHz	FDD
...	...	...		...	...		...	...
CA_7	7	2500 MHz	–	2570 MHz	2620 MHz	–	2690 MHz	FDD
...	...	...		...	...		...	...
CA_27	27	807 MHz	–	824 MHz	852 MHz	–	869 MHz	FDD

Inter-band contiguos (două benzi de frecvențe)

Bandă E-UTRA CA	E-UTRA Band	Bandă UL			Bandă DL			Mod sep. sens com.
		F _{UL_low} – F _{UL_high}			F _{DL_low} – F _{DL_high}			
CA_1-3	1	1920 MHz	–	1980 MHz	2110 MHz	–	2170 MHz	FDD
	3	1710 MHz	–	1785 MHz	1805 MHz	–	1880 MHz	
CA_1-5	1	1920 MHz	–	1980 MHz	2110 MHz	–	2170 MHz	FDD
	5	824 MHz	–	849 MHz	869 MHz	–	894 MHz	
...	...	...	–	...	...	–	...	FDD

Specificațiile 3GPP definesc termeni suplimentari pentru a permite distincția între numărul de purtătoare și lărgimea de bandă pentru fiecare dintre acestea.

Cel mai important termen este *carrier aggregation bandwidth class* : indică în mod etichetat numărul de purtătoare contigue dintr-o anumită bandă pe care o UE poate opera și numărul de blocuri de resurse maxim (N_{RB}) care pot fi utilizate pe purtătoarele multiple dintr-o anumită bandă: clasă A ($N_{RB} \leq 100$, o singură purtătoare), clasă B ($25 < N_{RB} \leq 100$ 2 purtătoare), clasă C ($100 < N_{RB} \leq 200$, 2 purtătoare) în Release 12 și clasele D ($200 < N_{RB} \leq 300$, 3 purtătoare), E ($300 < N_{RB} \leq 400$, 4 purtătoare), F ($400 < N_{RB} \leq 500$, 5 purtătoare) etc.

O stație mobilă își transmite capabilitățile de operare după etapa de acces aleator pentru fiecare bandă suportată. Exemplu CA_3C – UE capabilă să folosească 2 purtătoare în banda 3 ($N_{RB} \leq 200$)

Similar sunt indicate și combinațiile pentru mai multe benzi sau pentru operare de tip inter-band sau purtătoare non-contigue:

CA_25A-25A – două purtătoare non-contigue din banda 25 $N_{RB} \leq 100$

CA_1A_25A- două purtătoare din banda 1 și respectiv 25, $N_{RB} \leq 100$

CA_25A-41C – o purtătoare din banda 25 ($N_{RB} \leq 100$), două purtătoare contigue din banda 41 ($N_{RB} \leq 200$)

CA_2A-46A-48E- o purtătoare din banda 2, o purtătoare din banda 46, 4 purtătoare contigue în banda 48.

Fiecare purtătoare dintr-o configurație CA poate avea o lărgime scalabilă (1.4- 20 MHz). Numărul de combinații posibile este de asemenea limitat.

Mesajul de semnalizare dedicat care indică capabilitățile UE este **UE Capability Information**

Purtătoarele dintr-o configurație CA poartă nume și îndeplinesc roluri diferite

- **PCC- Primary Component Carrier** (frecvența cea mai mică), asigură suport pentru mobilitate (handover, semnalizări, proceduri de securitate, alte funcții în stratul NAS etc)
- **SCC – Secondary Component Carrier** –purtătoare multiple pe care se transferă doar date – maxim 4 conform specificațiilor actuale. Transmisiile pe SCC folosesc doar resurse suplimentare pentru transmisii.

Activarea CA (SCC) are loc sub controlul eNB doar pentru stare conectată RRC. Accesul aleatoriu este efectuat pe PCC.

Celula definită prin PCC poartă numele de **Primary Cell** iar cele pe care transmisiile sunt efectuate pe SCC – **Secondary Cell**

Configurarea modului de operare CA are loc sub controlul protocolului RRC iar alocarea de resurse pe PCC și SCC este efectuată de stratul MAC prin canalul PDCCH mapat tipic pe PCC (*cross-carrier scheduling*) care include informații legate de blocurile de resurse alocate pe PDSCH atât pe PCC cât și pe SCC.

RRC

Adăugare, configurare SCC

PDCP

Nu are funcții suplimentare pentru CA

RLC

Buffere de dimensiuni mai mari pt. CA

MAC

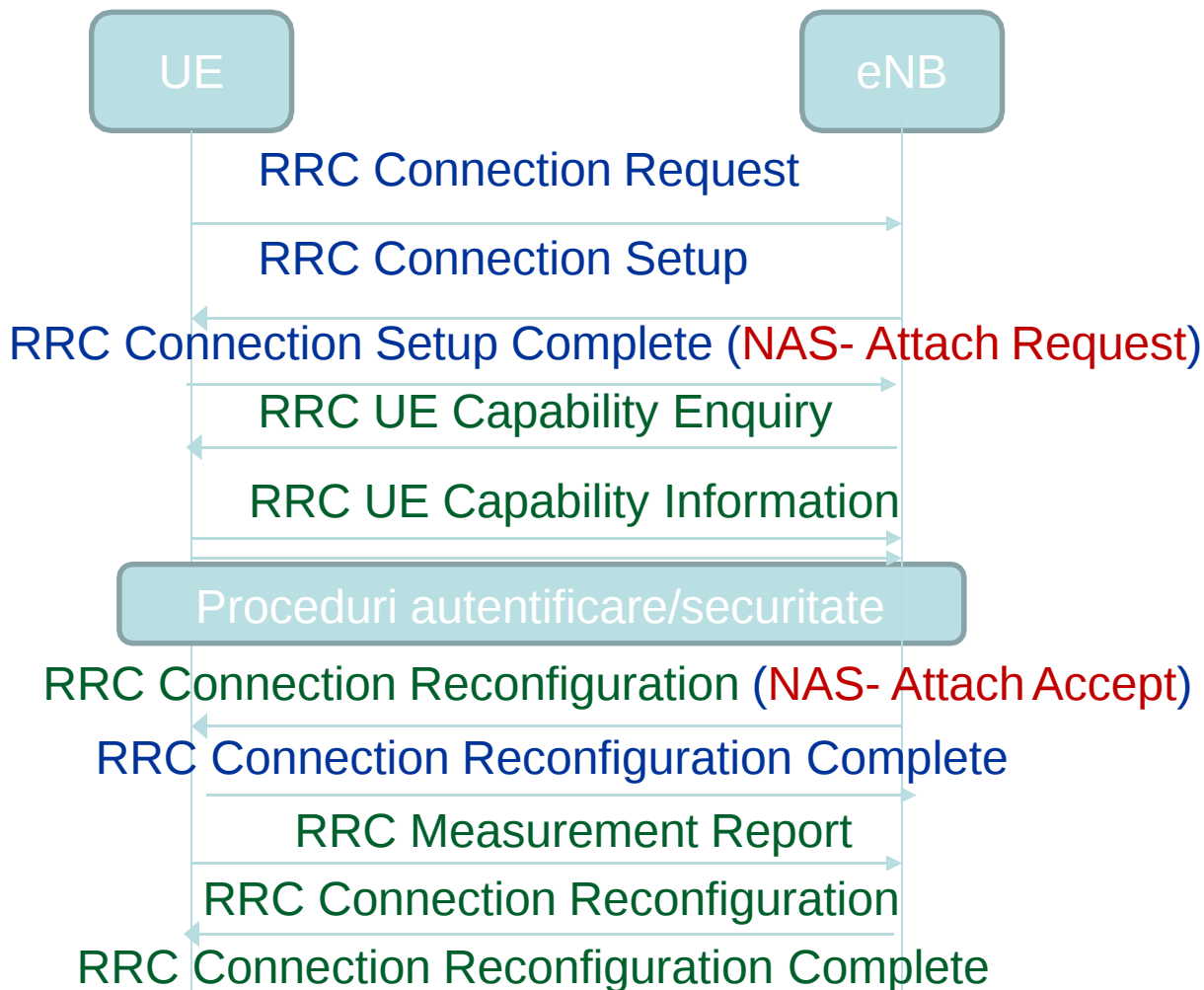
Ordonare transmisii pe baza de CQI, gestiune HARQ pe multiple purtătoare

Strat Fizic
PCC

Strat Fizic
SCC

Resurse fizice suplimentare+ semnale referință (SCC) și PDCCH (PCC)

Semnalizări pentru configurații CA





UE Capability Enquiry/UE Capability Information

- dialog pentru capabilitățile de operare (benzi, clasă) CA ale UE.
Exemplu în notație ASN.1 pentru direcție downlink:

```
supportedBandCombination-r10
{
  {
    {
      bandEUTRA-r10 2,
      bandParametersUL-r10
      {
        {
          ca-BandwidthClassUL-r10 a
        }
      },
      bandParametersDL-r10
      {
        {
          ca-BandwidthClassDL-r10 a,
          supportedMIMO-CapabilityDL-r10 twoLayers
        }
      }
    },
    {
      bandEUTRA-r10 17,
      bandParametersDL-r10
      {
        {
          ca-BandwidthClassDL-r10 a,
          supportedMIMO-CapabilityDL-r10 twoLayers
        }
      }
    }
  }
}
```

RRC Connection Reconfiguration

- indică UE să efectueze măsurători de tip RSRP și pe SCC.
Frecvența de operare pentru aceasta este indicată explicit Exemplu de mesaj de semnalizare în notație ASN .1:

```
measObjectToAddModList
{
  {
    measObjectId 2,
    measObject measObjectEUTRA:
    {
      carrierFreq 1850,
      allowedMeasBandwidth mbw100,
      presenceAntennaPort1 TRUE,
      neighCellConfig '01'B
    }
  }
}
```

Measurement report

- include măsurătorile efectuate de UE; dacă valoarea este prea mică eNB decide că operarea în mod CA nu este posibilă

```
criticalExtensions c1 : measurementReport-r8 :
{
  measResults
  {
    measId 6,
    measResultPCell
    {
      rsrpResult 76,
      rsrqResult 28
    },
    measResultServFreqList-r10
    {
      {
        servFreqId-r10 1,
        measResultSCell-r10
        {
          rsrpResultSCell-r10 73,
          rsrqResultSCell-r10 23
        }
      }
    }
  }
}
```

RRC Connection Reconfiguration

- adăugarea efectivă a SCC indicată în pasul anterior pentru operare CA.

Sunt configurați parametrii de tip mod de transmisie, număr de antene, parametrii de putere.

Exemplu de mesaj în notație ASN.1 (slide-ul următor)

radioResourceConfigDedicatedSCell-r10

```
{
  physicalConfigDedicatedSCell-r10
  {
    nonUL-Configuration-r10
    {
      antennaInfo-r10
      {
        transmissionMode-r10 tm4,
        codebookSubsetRestriction-r10 '111111'B,
        ue-TransmitAntennaSelection release : NULL
      },
      pdsch-ConfigDedicated-r10
      {
        p-a dB-3
      }
    },
    ul-Configuration-r10
    {
      cqi-ReportConfigSCell-r10
      {
        cqi-ReportModeAperiodic-r10 rm31,
        nomPDSCH-RS-EPRE-Offset-r10 0
      }
    }
  }
}
```

radioResourceConfigCommonSCell-r10

```
{
  nonUL-Configuration-r10
  {
    dl-Bandwidth-r10 n50,
    antennaInfoCommon-r10
    {
      antennaPortsCount an2
    },
    phich-Config-r10
    {
      phich-Duration normal,
      phich-Resource one
    },
    pdsch-ConfigCommon-r10
    {
      referenceSignalPower 12,
      p-b 1
    }
  },
}
```

Cele două mesaje
configurează doar PDSCH;
PDCCH este mapat pe PCC

Clase de terminale CA

- specificațiile LTE-A introduc 3 noi tipuri de categorii de stații mobile ([3GPP TS 36.306](#)) care specifică mărimea minimă a bufferelor RLC, numărul maxim de straturi pentru multiplexare prin MIMO etc..

Exemplu:

Categorie	Număr maxim biți bloc transport /TTI (operare CA)	Număr maxim bloc/transport/ TTI	Număr maxim de straturi pentru multiplexare spațială în direcție DL
6	301504	149776 (4 straturi, 64QAM) 75376 (2 straturi, 64QAM)	2 sau 4
8	2998560	299856	8

- categoria este indicată rețelei prin mesaje de tip UE Capability Information

10.3 Alte aspecte introduse de LTE-A

- suplimentar tehnologiei de agregare a purtătoarelor, specificațiile 3GPP post Release 10 adresează aspecte precum noi **moduri de transmisie** (TM 9 – 8x8 MIMO cu multiplexare spațială), introduc suport pentru noduri releu (Relay Nodes) folosite pentru extinderea acoperirii radio (3GPP TS 36.116) precum și posibilitatea dimensionării eterogene a celulelor, cu rază variabilă și folosirea de echipamente dedicate (3GPP TS 22.220)

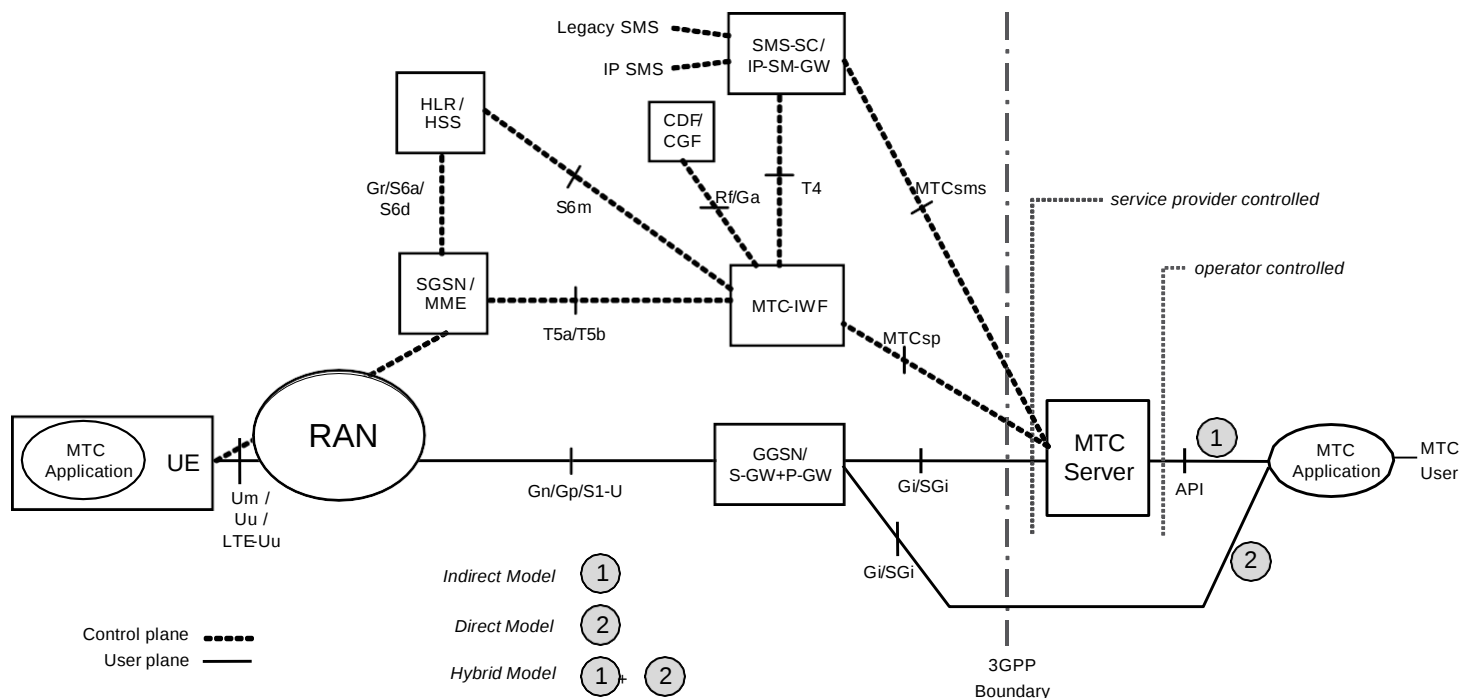
10.4 LTE pentru tehnologii M2M

- aspectele specifice pentru tehnologia M2M (Machine to Machine Communications) sunt introduse de specificații 3GPP dedicate începând cu versiunea Release 13, adresând aspecte specifice precum consumul redus de energie sub denumirea de **LTE-M** (denumire comercială pentru Enhanced Machine Type Communication (eMTC))

• Caracteristici principale **LTE-M**:

- lărgime de bandă 1.4 MHz (6 RB-uri), debit <1Mbit/s,
- număr maxim UE/sector aprox, 50k
- rază maximă celulă 100km, operare în condiții de raport semnal zgomot mult mai mici
- mod de operare semi-duplex
- durată mare de viață a bateriei (aprox. 10 ani) – mecanisme specifice de gestionare a stărilor de activitate/inactivitate
- suport complet pentru mobilitate prin mecanisme de handover intra/inter frecvență
- folosire exclusivă a SISO
- folosirea de canale fizice diferite necesare pentru a permite operarea doar pe o fracțiune a lărgimii de bandă disponibile într-o celulă (MPDCCH -MTC Physical Downlink Control Channel)/(MPDSCH - MTC Physical Downlink Shared Channel), (MPUCCH - MTC Physical Uplink Control Channel)/ MPUSCH (MTC Physical Uplink Shared Channel)
- bibliografie suplimentară ([link](#))

- LTE-M și NB-IoT (o altă tehnologie 3GPP concurentă – lărgime de bandă 180 kHz – 1 RB) permit dezvoltarea de aplicații MTC folosind doar suport celular și o arhitectură definită de 3GPP



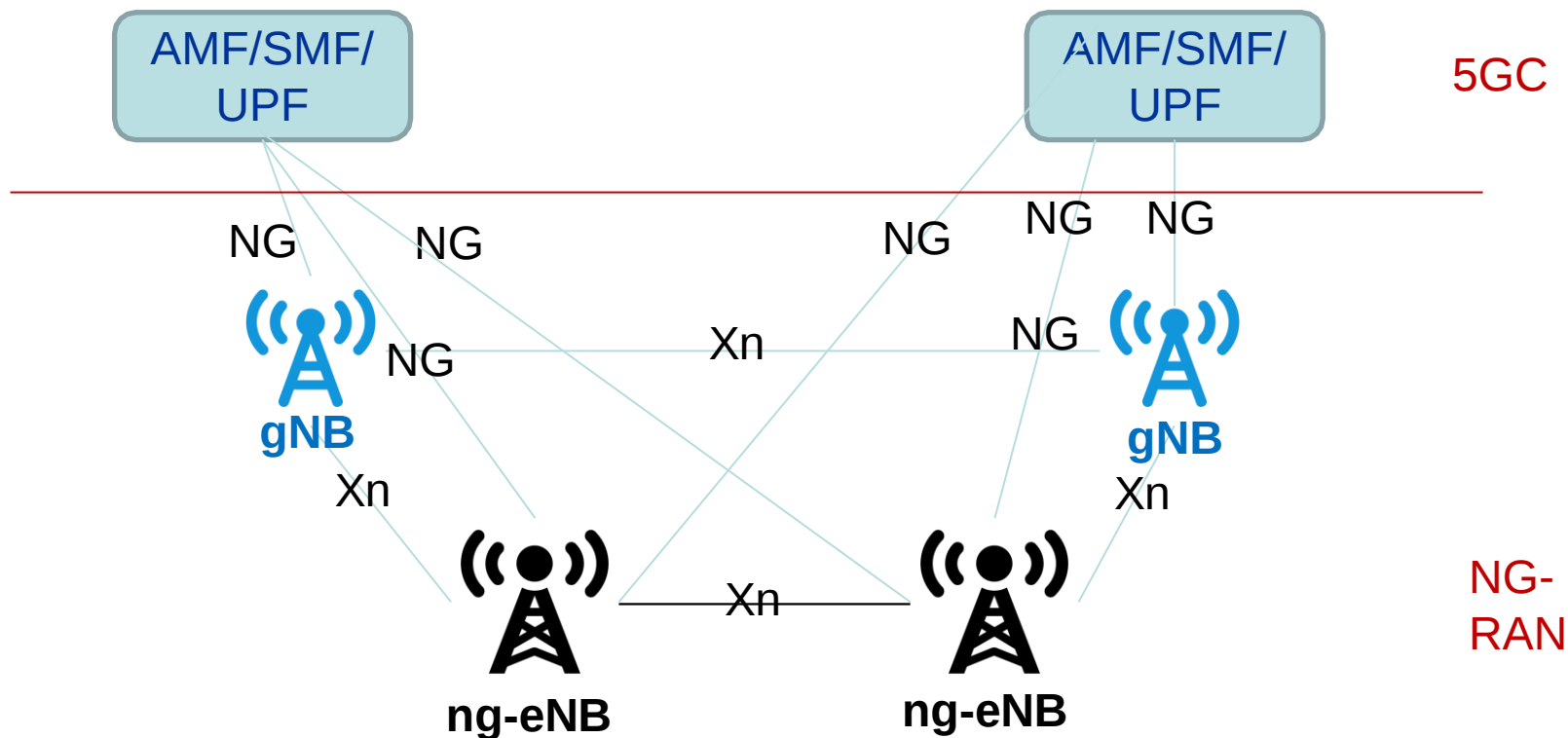
Sursa: 3GPP TR 23.888 System Improvements for Machine-Type Communications (Release 11)

11. Rețele 5G

11.1 Introducere

- sistemele de generația a 5-a (5G) adresează aspecte legate de reducerea latenței, creșterea ratei de transfer, creșterea numărului de conexiuni simultane pentru aplicații tradiționale (voce, date), pentru aplicații noi de tip AR precum și pentru aplicații IoT.
- Cerințele minime sunt indicate într-un raport 3GPP TR 38 913
- arhitectura generică 5G în specificațiile 3GPP este definită în termeni de o nouă rețea de acces (**Next Generation Radio Access Network NG-RAN** 3GPP TS 38.300) și de o nouă rețea nucleu **5GC - 5G Core Network**-3GPP TS 23.501)

Arhitectura simplificată



ng-eNB - next generation evolved NodeB - stație de bază 4G
gNB Next Generation NodeB –stație de bază 5G

Cerințe tehnice principale

- Debite de până la 20 Gbiți/s > de 10 - 100 ori mai mari decât în rețele LTE și LTE-A networks
- latență 1 milisecundă – latency (response time)
- densitate de conectare de până la 100 ori mai mare decât în cazul rețelelor LTE densitate de conectare mai mare decât în cazul LTE pentru a permite implementarea nativă de aplicații IoT
- autonomie a bateriei de până la 10 ani pentru dispozitive IoT de mică putere

Principalele cazuri de utilizare

eMBB – Enhanced Mobile Mobile Broadband- debite maxime mai mari atât pentru utilizatorii din apropierea stațiilor de bază, cât și pentru cei plasați la marginile celulelor

Ultra Reliable Low Latency Communications (URLLC) – aplicații sensibile în ceea ce privește latența (de exemplu autonomous driving) – latență sub 1ms și probabilități de eroare foarte mică

Massive Machine Type Communications (mMTC)

-număr foarte mare de dispozitive (mai mult de 10000 de echipamente mobile UE de tipuri noi ex : drone, automobile, senzori etc.) care sunt active sporadic și transmit pachete de dimensiuni mici cu debite mici (până la 100kbps) și cu constrângeri QoS diferite

Pentru a răspunde tuturor acestor cerințe diferite, rețelele 5G aduc îmbunătățiri atât pe partea RAN (noi benzi de frecvență, alocare mai fină a resurselor în planul timp-frecvență) cât și a rețelei nucleu CN (arhitectură bazată pe servicii în contrast cu cea orientată pe echipamente utilizată în standardele anterioare de comunicare mobilă)

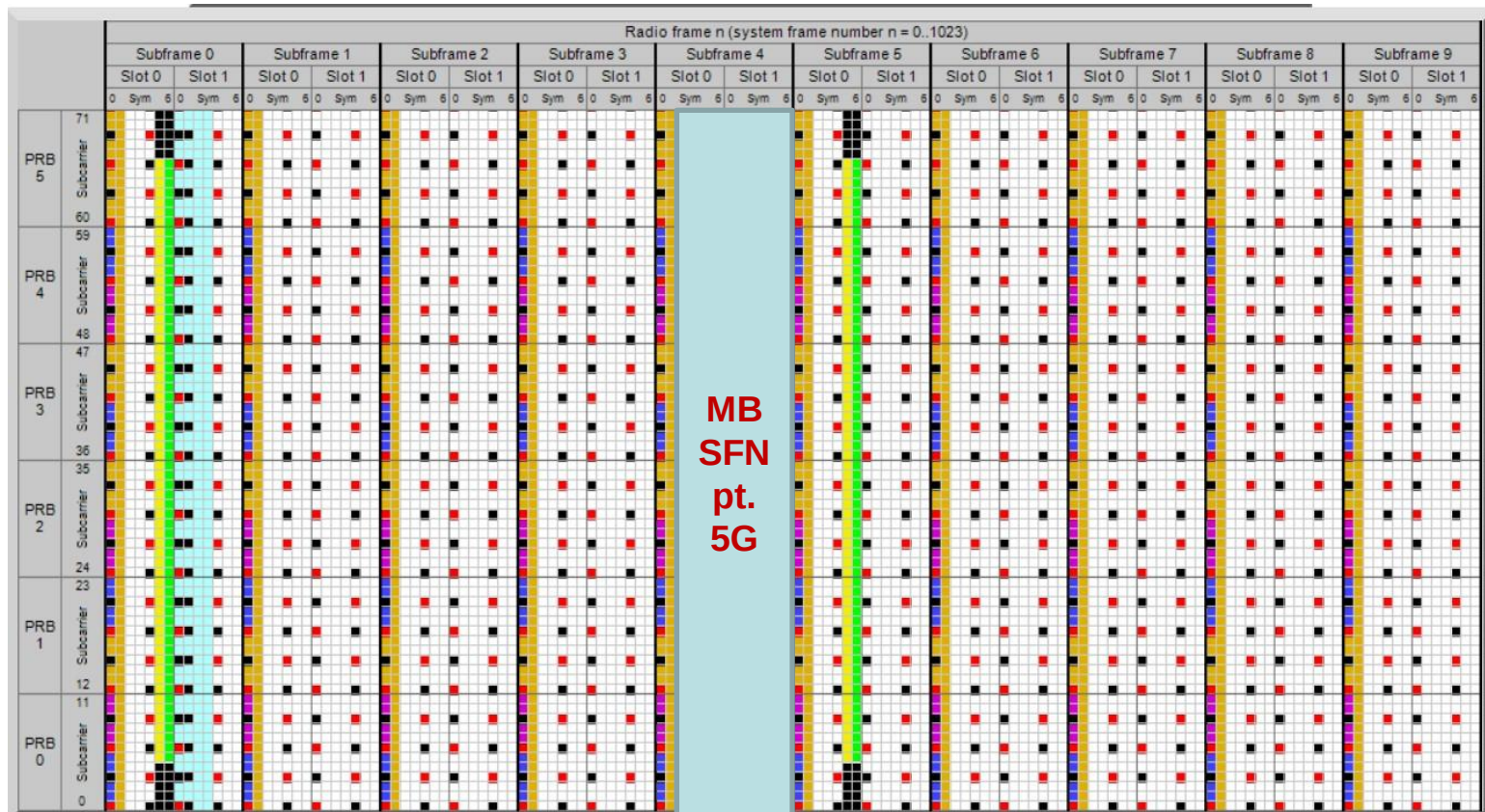
Evoluția nu este imediată ci se bazează și folosește arhitectura LTE deja implementată

11.2 5G NR

- noi benzi de frecvență specificate în game/domenii diferite

Frecvență	Domeniul de frecvență corespunzător
FR1 (Frequency Range 1)	450 MHz-6000 MHz
FR2 (Frequency Range 2)	24250 MHz- 52600 MHz

- benzile de operare sunt indicate de aceeași specificație ([link](#))
- FR1 include benzi alocate în mod clasic standardelor anterioare de comunicare mobilă și este destinată acoperirii pe arii largi în mod FDD
- operarea 5G în gama de frecvențe FR1 se poate face folosind banda 4G de 2100 MHz sau o nouă bandă alocată de 3.5GHz. Cu toate acestea, semnalul 5G poate fi transmis pe banda LTE utilizând mecanisme specifice, precum **MBSFN (Multicast-Broadcast Single Frequency Network)** o tehnologie LTE pentru transmisii punct la multipunct



- subcadru reprezentat mai sus este dedicat implementării 5G prin mecanisme de tip **Dynamic Spectrum Sharing** care permit unui operator LTE să furnizeze servicii 5G-NR cu modificări minimale

- spre deosebire de FR1, benzile de frecvență mai ridicate incluse în FR2 sunt destinate să furnizeze comunicații pe distanțe scurte cu debite ridicate

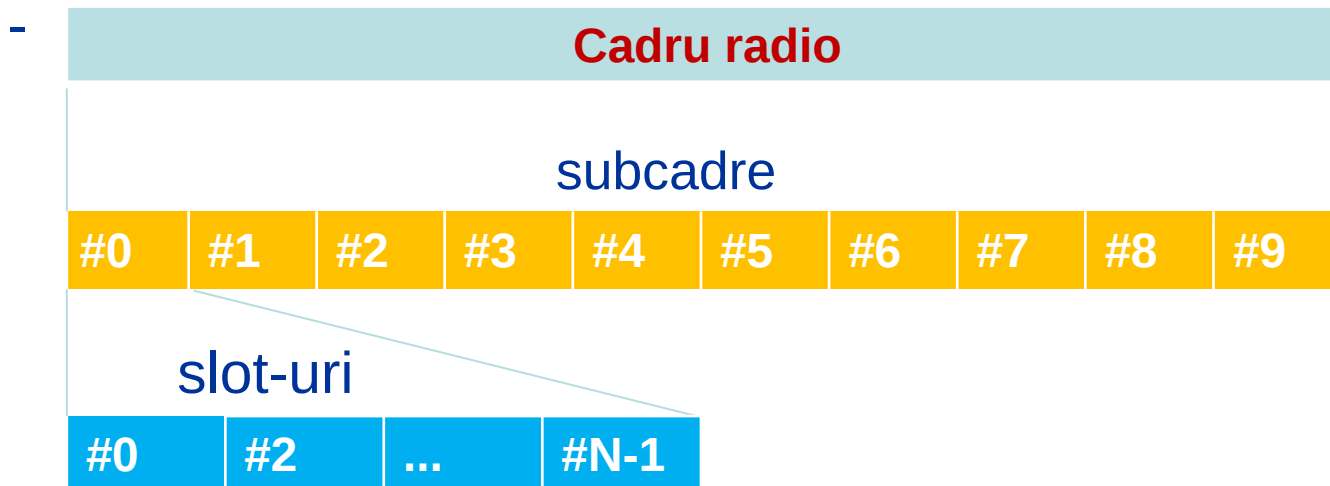
BENZI DE FRECVENȚĂ FR 2

Benzi 5G FR2 NR	UL (MHz)	DL (MHz)	Mod duplex
n257	26 500 - 29500	26500 - 29500	TDD
n258	24 250 - 27 500	24 250 - 27 500	TDD
n260	37 000 - 40 000	37 000 - 40 000	TDD
n261	27 500 - 28 350	27 500 - 28 350	TDD

- pentru fiecare bandă de frecvență atât lărgimea de bandă cât și distanța dintre purtătoare sunt scalabile, agregarea purtătoarelor fiind de asemenea posibilă

FR1	FR2
Lărgime de bandă: 5,10,15,20,25,30,40,60,70, 80, 90, 100 MHz	Lărgime de bandă: 50,100,200, 400 MHz
Distanțare subpurtătoare :15, 30, 60 KHz	Distanțare subpurtătoare 60,120, 240 și 480 kHz
Carrier aggregation: max 16	Carrier aggregation: max 16
Durață cadru radio: 10ms	Durață cadru radio 10ms
Durață subcadru:1ms	Durață subcadru: 1ms

- cadrele radio au aceeași durată ca în LTE (10ms); subcadrele au de asemenea aceeași durată(1ms)
- sloturile permit transmiterea a 14 simboluri OFDM, dar durata lor depinde de spațierea dintre subpurtătoare. Aceasta permite o alocare mai fină a resurselor și implementarea de politici de ordonare de tip MAC la nivel de slot



Număr variabil de sloturi/subcadru în funcție de distanțarea subpurtătoarelor - μ parametru care controlează acest aspect

#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	240kHz	$\mu=4$	0.0625ms
#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7									120kHz	$\mu=3$	0.125 ms
#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7									60kHz	$\mu=2$	0.25ms
#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7									30kHz	$\mu=1$	0.5ms
#0	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7									15kHz	$\mu=0$	1ms

subcadru

- numerologia, implicit durata unui slot poate fi modificată dinamic, sloturi de durată mare pentru servicii care necesită transfer de date de volum mare sau sloturi de durată mică pentru servicii în care timpul de răspuns este critic

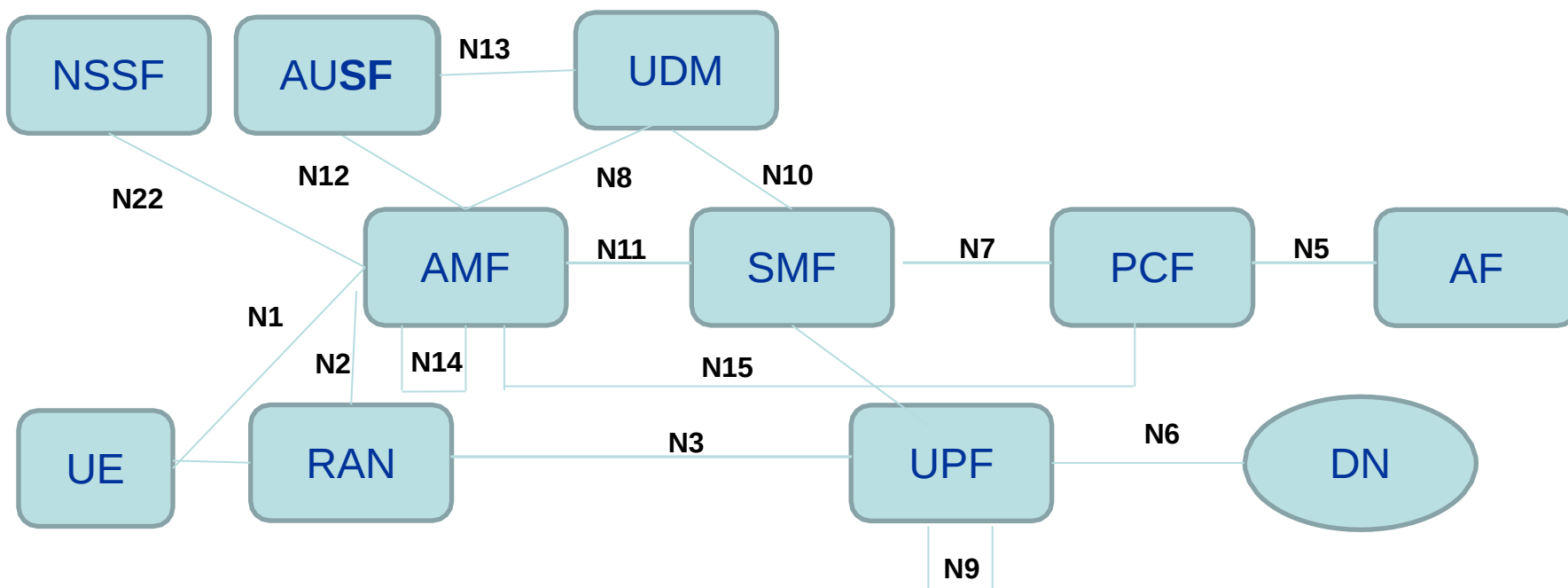
- lungimea prefixului ciclic (CP) este de asemenea variabilă. Acesta are același rol ca și în LTE – diminuarea efectelor ISI cauzate de propagarea multicală și împrăștierea în timp a semnalelor transmise

stratul fizic 5G-NR introduce de asemenea noi tehnici de codare a canalelor: coduri polare (alternative 5G-NR pentru coduri convoluționale) și coduri LDPC (Low Density Parity Check Codes – alternative 5G-NR pentru coduri turbo) [3GPP TS 38.212](#) oferind o performanță apropiată celei obținută prin codificare turbo ([link](#))

- obiectivul principal: reducerea latenței și reducerea complexității pentru debite de până la 20 Gbiți/s.
- codurile LDPC au o complexitate mai mică decât codurile turbo și nu necesită la decodare un număr fix de iterații (bibliografie suplimentară)
- tehnica de acces multiplu în downlink **CP-OFDM** (Cyclic Prefix Orthogonal Frequency-Division Multiplexing – foarte asemănătoare cu OFDMA, ține cont de distanța variabilă dintre subpurtătoare și implicit de durata unui slot

În direcție UL se utilizează **DFT-s-OFDM** (Discrete Fourier Transform Spread Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), bazată pe concepte similare cu SC-FDMA

11.6 Rețeaua nucleu – 5GC



Detalii 3GPP TS 23.501 version 15.2.0 Release 15

- elementele rețelei nucleu sunt numite generic în specificații *Network Functions* și sunt, în marea lor majoritate implementate în software

Funcții/acronime

Authentication Server Function (AUSF)

Access and Mobility Management Function (AMF)

Session Management Function (SMF)

Policy Control function (PCF)

Unified Data Management (UDM)

Structured Data Storage network function (SDSF)

Unstructured Data Storage network function (UDSF)

Network Slice Selection Function (NSSF)

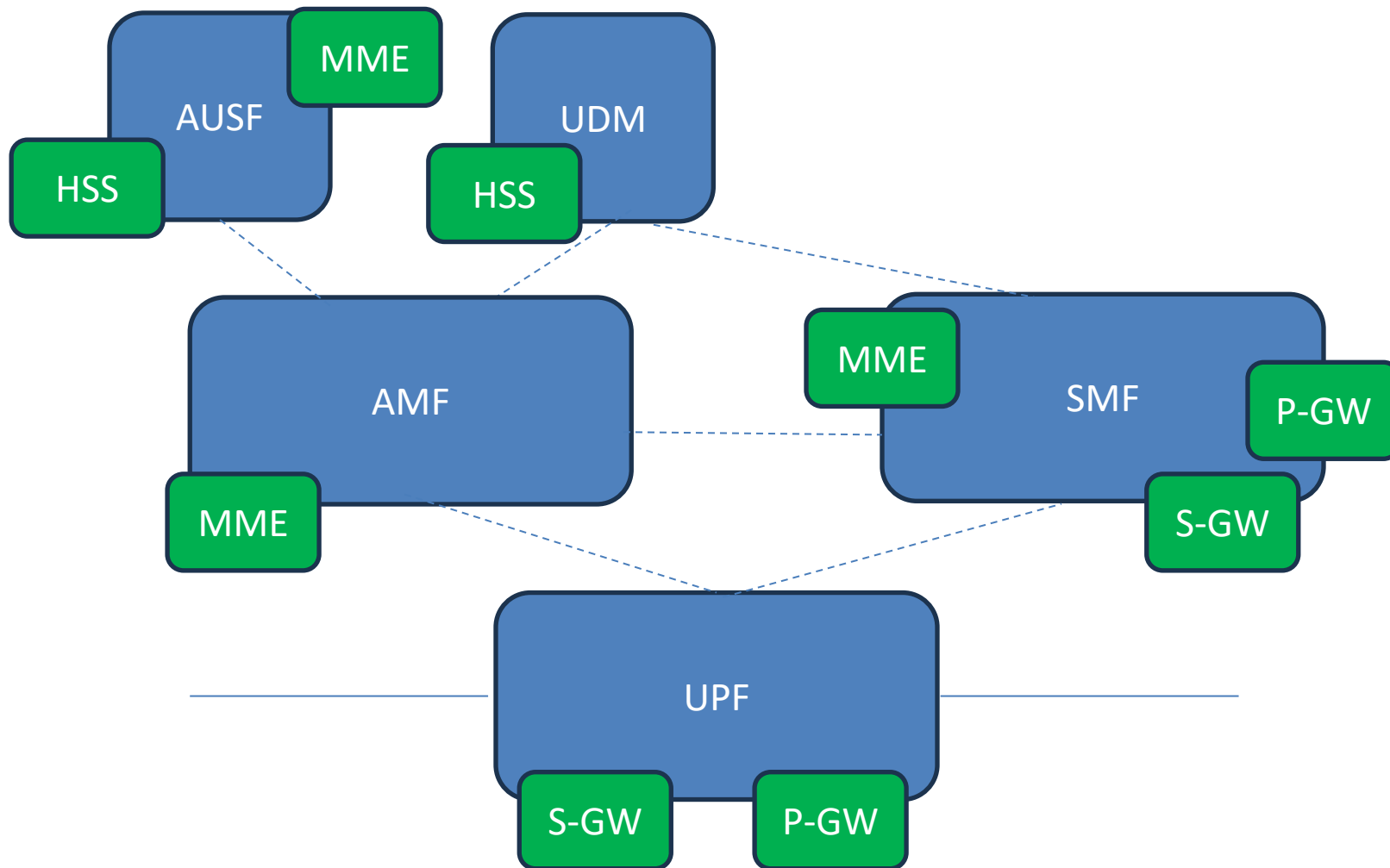
Network Repository Function (NRF)

Network Exposure Function (NEF)

Application Function (AF)

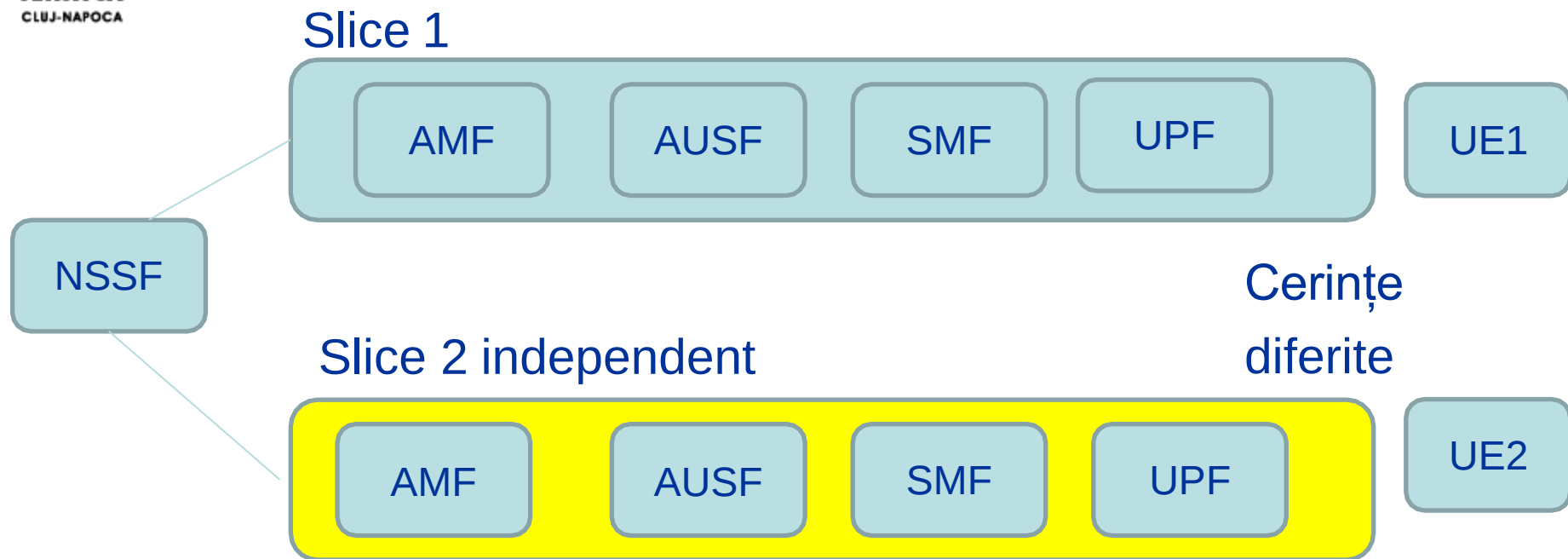
User Equipment (UE) (Radio) Access Network ((R)AN)

Mapare funcționalitate echipamente EPC pe funcțiile 5GC





- spre deosebire de arhitectura orientată spre echipamente (monolitică) a LTE sau a UMTS, specificația modulară permite implementări pe diferite componente hardware și furnizori
- Interfațarea este realizată la nivel de funcție de rețea cu mecanisme de autorizare înainte de accesul la serviciile oferite de fiecare funcție
- fiecare funcție de rețea comunică cu o altă funcție folosind mecanisme de tip request/reponse sau subscribe/notify, folosind mecanisme JSON sau APIs web folosind tehnologii RESTful (Representational State Transfer Technologies)
- **NSSF – componentă cheie a 5GC** – permite selectarea diferitelor funcții care urmează să fie prevăzute prin slice-uri logice ale unei rețele fizice vizând implementarea diferitelor constrângeri impuse de cazurile de utilizare (eMBB, de exemplu, pentru un utilizator și URLCC pentru un altul)



- conexiunile dintre stațiile de bază 5G și 5GC sunt asigurate folosind rețele private securizate și tuneluri prestabilite (SCTP pentru planul de control și GTP – pentru planul utilizator)
- ca și în LTE, înregistrarea sau stabilirea unor noi servicii suport se fac pe baza unor proceduri de semnalizare (exemplu)

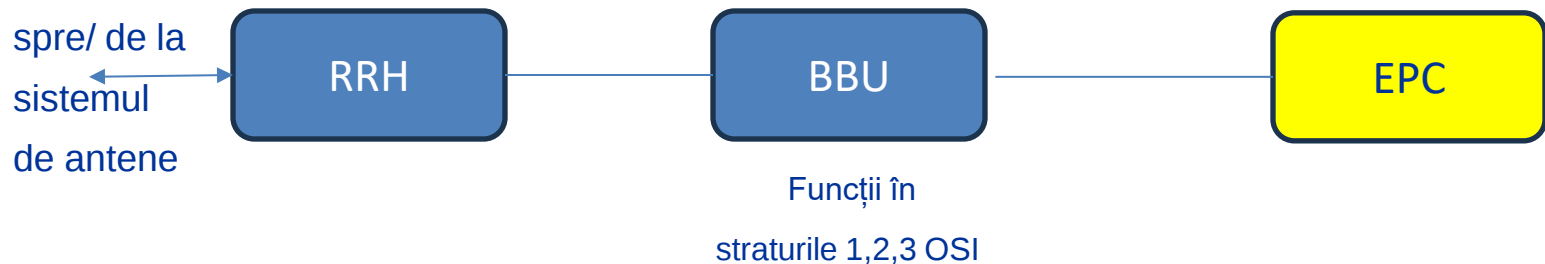
11.7 Rețeaua de acces (RAN) 5G

- rețelele 5G permit implementarea rețelei de acces folosind un model tradițional sau bazat pe O-RAN – Open RAN.
- implementarea RAN pentru 4G și generațiile anterioare s-a bazat foarte mult pe hardware și software de rețea proprietar, de la același producător
- O-RAN se bazează pe conceptele introduse în specificația [3GPP 38.01](#) permite utilizarea de blocuri funcționale produse de producători diferiți și conectarea acestora prin interfețe deschise

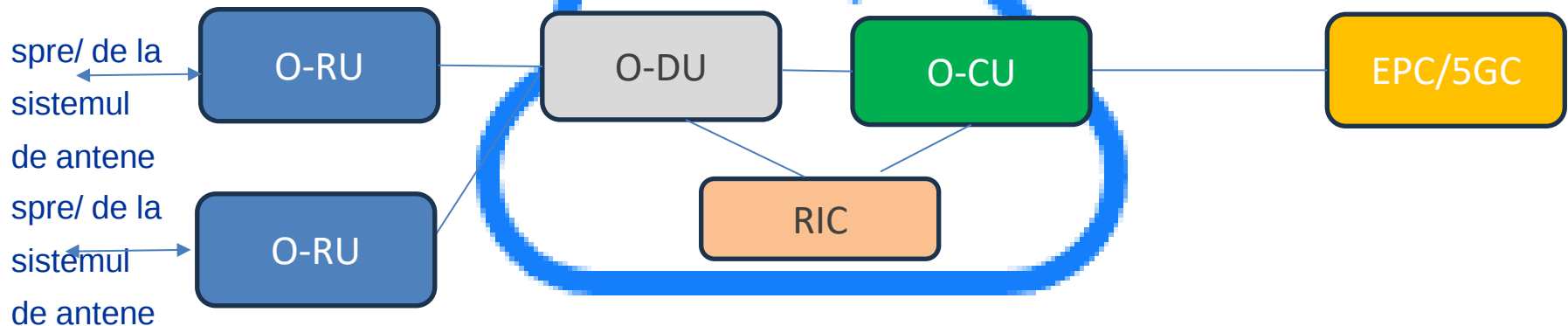
Blocuri funcționale O-RAN

- **O- RU:** Radio Unit (O-RU). Implementează funcții asociate stratului fizic
 - **O- DU:** Distributed Unit- funcții legate de stratul legătură de date
 - **O-CU:** Central Unit – funcții de strat 3 și funcții de tip compresie de date fără pierderi
 - **RIC:** RAN Intelligent Controller- software pentru operare și optimizare
- O-RAN

Model tradițional RAN



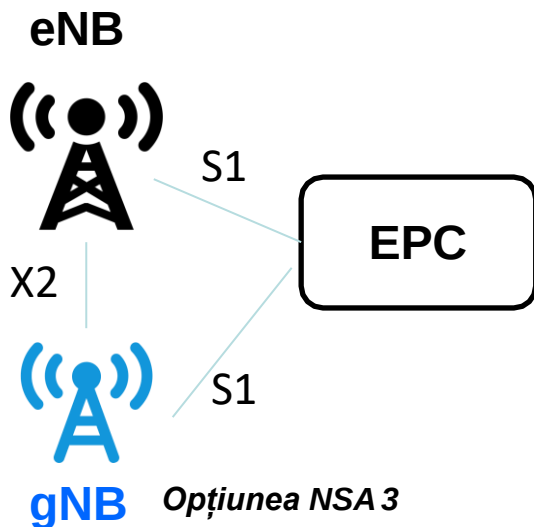
Model O-RAN



11.8 Opțiuni de migrare către 5G

- specificațiile 3GPP indică 5 posibilități de migrare structurate în 2 grupuri: **SA (standalone)**, **NSA (non-standalone)**
- opțiunile SA folosesc o unică tehnologie de acces în timp ce cele NSA se bazează pe conectivitate duală la LTE și 5G NR

Opțiunea NSA 3



- permite coexistența 5G NR și LTE, **conectivitate duală la** LTE via eNB și la 5G NR via gNB
- planul de control este implementat în LTE, gNB rol de echipament secundar care permite creșterea debitului

Caracteristici principale NSA-3:

- opțiunea permite implementarea de mecanisme de handover între celule 4G și 5G
 - sunt permise de asemenea configurații de tip CA (Carrier Aggregation) cu purtătoare 4G și 5G
 - introducere graduală de echipamente 5G în rețele LTE existente
 - soluția este una dintre cele preferate de operatori
 - adresează scenariul de utilizare **eMBB**
 - nu permite reducerea latenței sau utilizarea de funcții de tip network slicing
-

Opțiunea SA 2



Opțiunea SA 5

- opțiunea se poate implementa independent de existența unei rețele 4G
- operatorii pot implementa mecanisme de mobilitate inter-RAT utilizate handover între 4G și 5G

- suportă nativ arhitectura bazată pe servicii a 5GC;
- latența poate fi redusă
- presupune implementarea rețelei de acces O-RAN. Detalii suplimentare: ([link](#))

Există și alte opțiuni de migrare ([link](#))