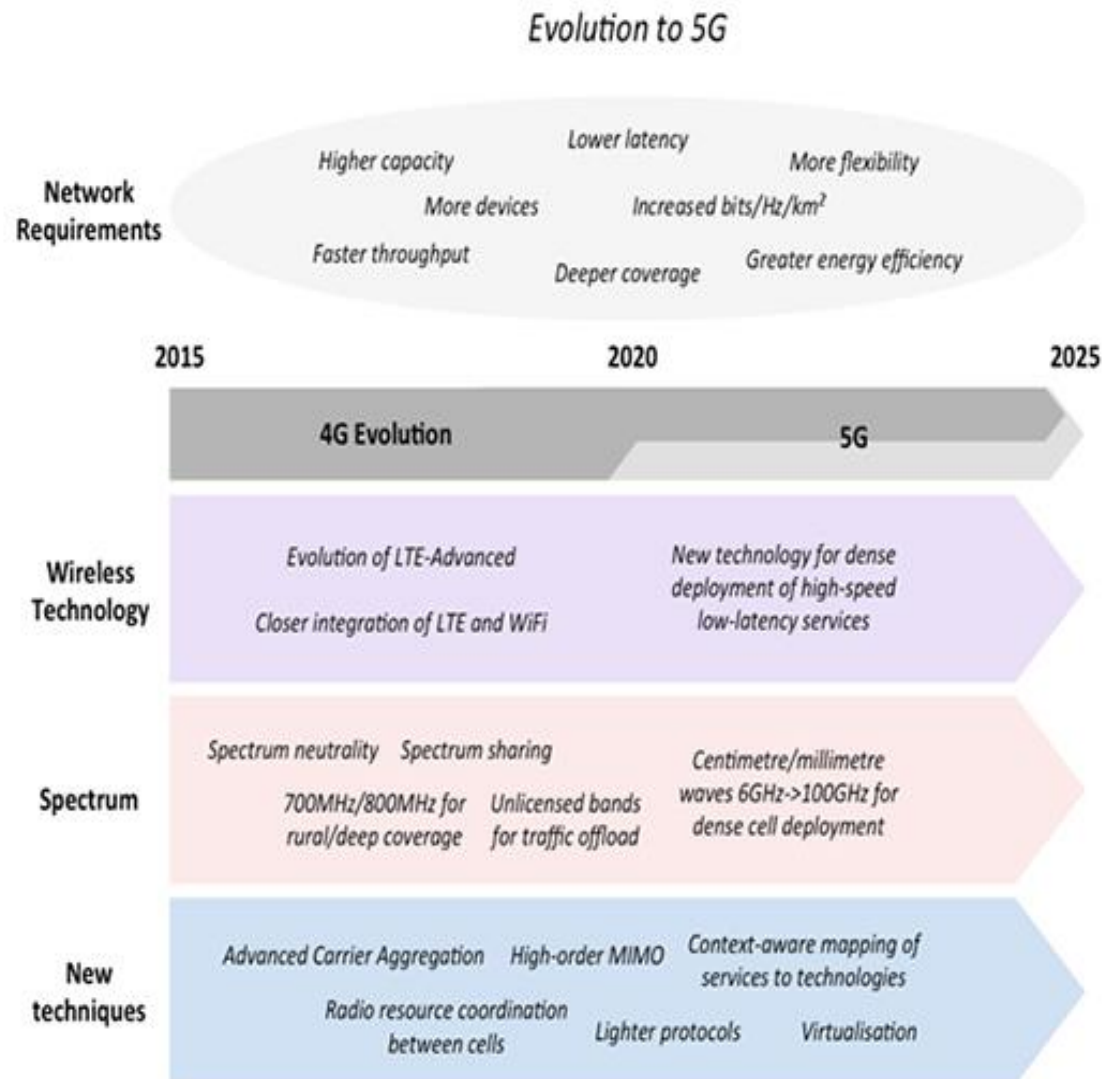


Tehnologia 5G – curs 10 SC

Schimbări aduse de tehnologia 5G



Schimbări aduse de tehnologia 5G

- Latența scăzută este ceea ce oferă o interactivitate în timp real pentru serviciile care folosesc cloud: aceasta este esențială pentru succesul mașinilor autonome.
- 5G vs 4G înseamnă, de asemenea, cel puțin x100 de dispozitive conectate. 5G trebuie să poată suporta 1 milion de dispozitive pentru 1 km².
- Consumul redus de energie este ceea ce va permite obiectelor conectate să funcționeze luni sau ani fără a fi nevoie de asistență umană.

Schimbări aduse de tehnologia 5G



Latența este timpul necesar pentru dispozitive pentru a răspunde reciproc prin rețeaua fără fir.

Evoluția latenței :

Sisteme 3G – latența aprox. 100 ms

Sisteme 4G – latența 20-30 ms

Sisteme 5G – latența 4-5 ms

Sisteme 5G URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communications) – **1 ms**

Schimbări aduse de tehnologia 5G



Se pot dezvolta aplicații precum :

- Aplicații pentru casele inteligente
- Aplicații mobile ce necesită viteză mare și latență mică
- Dezvoltarea Realității Virtuale (VR-holograme live)
- Dezvoltarea educației la distanță
- Eficientizarea și contorizarea inteligentă a energiei
- Aplicații medicale (roboti pentru operații ce necesită o latență mică)
- Dezvoltarea industriei automobilelor autonome ce necesită o comunicare de viteză cu latență mică.

Schimbări aduse de tehnologia 5G

Tehnologia 5G este bazată pe 8 cerințe de bază:

- Rata de transfer date de până la 10 Gbps -> 10 - 100x îmbunătățire față de rețelele 4G și 4.5G
- Latență de 1 milisecundă
- Lățime de bandă 1000x pe unitate de suprafață
- Număr până la 100x de dispozitive conectate pe unitate de suprafață (în comparație cu 4G LTE)
- 99,999% disponibilitate
- 100% acoperire
- Reducere cu 90% a consumului de energie al rețelei
- Durată de viață a bateriei de până la 10 ani pentru dispozitivul IoT cu putere redusă

Schimbări aduse de tehnologia 5G

Mobile Network Architecture - sunt necesare schimbări semnificative atât în rețeaua de bază (**Core Network - Core**) cât și în rețeaua de acces radio (**Radio access Network - RAN**) pentru a furniza latență scăzută.

Core Network Changes - Cu rețeaua de bază și semnalizare re proiectate și arhitectura cu servere distribuite, cheia este de a muta conținutul cât mai aproape de utilizatorul final pentru a scurta calea între dispozitive pentru aplicații critice. Exemple bune sunt serviciile video la cerere. În cazul în care este posibil, se poate stoca o copie sau „cache” de conținut popular în serverele locale de streaming, astfel încât timpul de acces să fie mai rapid.

Schimbări aduse de tehnologia 5G



Radio Access Network Changes - Pentru a realiza o latență scăzută, rețeaua de acces radio (RAN) a fost reconfigurată într-un mod extrem de flexibil, bazată pe software configurabil (adaptată pentru funcțiile de rețea virtuală (NFV – Network Function Virtualisation)), pentru a sprijini diferite caracteristici ale tipurilor de servicii pe care le are în vedere noul sistem 5G.

Latența scăzută și fiabilitatea ridicată pe interfața radio :

- tehnici noi pentru a minimiza întârzierile de timp, în cadrul unui TTI
- codificare robustă

Noțiuni introductive

THE CONNECTED COMMUNITY



Tehnologia 5G se rezumă în principal la utilizarea mai eficientă a spectrului radio (Radio Access) și la a permite mai multor dispozitive să acceseze același internet mobil în același timp.

Inițial, va funcționa în strânsă legătură cu rețelele existente (în principiu cu 4G) înainte de evoluție către rețele complet independente în versiunile ulterioare și extinderi de acoperire.

Noțiuni introductive

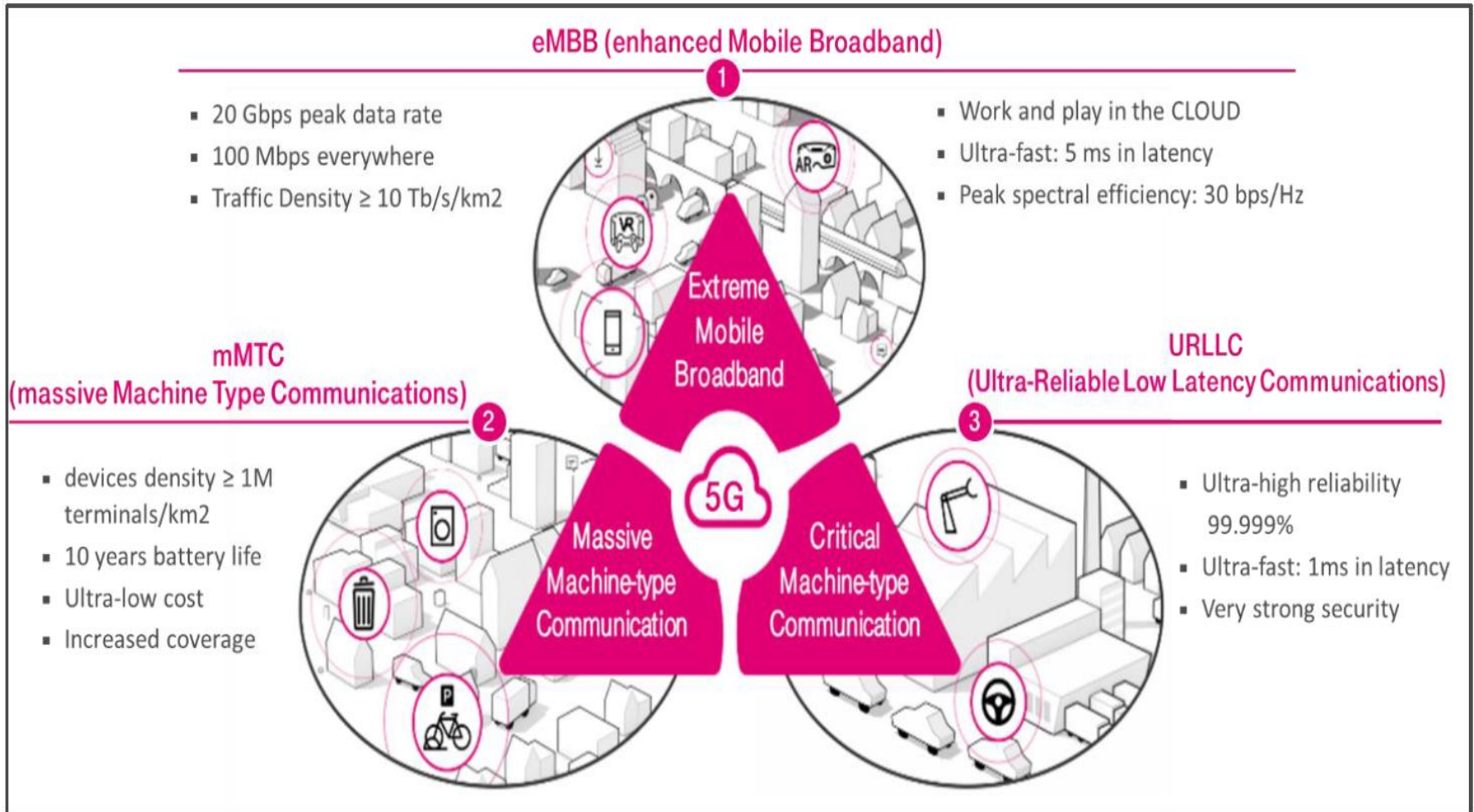


Benzile de frecvență înaltă – 3,5GHz până la 26GHz și chiar mai mult – au o mai mare capacitate, însă undele lor mai scurte determină o rază de acțiune mai scurtă și sunt blocate mai ușor de obiecte fizice.

5G ar putea însemna mai mulți transmițători și receptori pentru unde milimetrice, astfel încât ar permite o densitate mai mare a utilizării. Însă acest lucru este scump, iar companiile de telecomunicații nu sunt încă dedicate în totalitate acestei variante.

Noțiuni introductive

Există trei categorii majore de cazuri de utilizare pentru 5G:



Noțiuni introductive

- Cea mai rapidă viteză reală pe care o oferă rețelele 4G în acest moment - în medie de aproximativ 45 MB/s

- Industria încă speră să ajungă la viteza gigabyte (1GB/s)
- Rețelele pure 5G vor putea ajunge la viteze mai mari, viteza de descărcare standard fiind de cel puțin 1 GB pe secundă
- Benzile de frecvență mai redusă (600-800 MHz) sunt mult mai bune pentru distanțele lungi, așa încât operatorii de rețea se vor concentra pe îmbunătățirea acoperirii 4G LTE, în paralel cu lansarea 5G
- Primele inițiative de 5G se vor concentra pe eMBB și pe cele fixe wireless, care utilizează multe dintre aceleași capacități ca și eMBB
- 5G va utiliza spectrul în gama de frecvențe LTE existente (600 MHz până la 6 GHz) și, de asemenea, în benzile milimetrice (24-86 GHz)
- Tehnologiile 5G trebuie să satisfacă cerințele ITU IMT-2020 și/sau versiunea 3GPP 15; în timp ce IMT-2020 specifică rate de date de 20 Gbit/s, viteza de 5G în benzile sub-6 GHz este similară cu cea a 4G.

Noțiuni introductive

Capabilități cheie pentru IMT-2020 5G:

Capacitate	Descriere	5G țintă	Scenariul de utilizare
Viteza datelor de vârf	Rata maximă de date realizabilă	20 Gbit/s	eMBB
Rata de date experimentată de utilizator	Rata de date realizabilă în zona de acoperire	1 Gbit/s	eMBB
Latență	Contribuția rețelei radio la timpul de călătorie al pachetelor	1 ms	URLLC
Mobilitate	Viteza maximă pentru transferul și cerințele QoS	500 km/h	eMBB/URLLC
Densitatea conexiunii	Numărul total de dispozitive pe unitate de suprafață	$10^6/\text{km}^2$	MMTC
Eficiența energetică	Datele trimise/primate pe unitatea de consum de energie (pe dispozitiv sau rețea)	Egal la 4G	eMBB
Eficiența spectrului	Cantitatea de intrare per unitate de bandă wireless și pe celula de rețea	3-4x 4G	eMBB
Capacitatea de trafic pe zonă	Trafic total în zona de acoperire	10 (Mbit/s)/m ²	eMBB

Noțiuni introductive

The Landscape of 5G

5G will differentiate itself by delivering various improvements:



10x

Decrease in latency:

Delivering latency as low as 1 ms.



10x

Connection density:

Enabling more efficient signaling for IoT connectivity.



10x

Experienced throughput:

Bringing more uniform, multi-Gbps peak rates.



3x

Spectrum efficiency:

Achieving even more bits per Hz with advanced antenna techniques.



100x

Traffic capacity:

Driving network hyper-densification with more small cells everywhere.



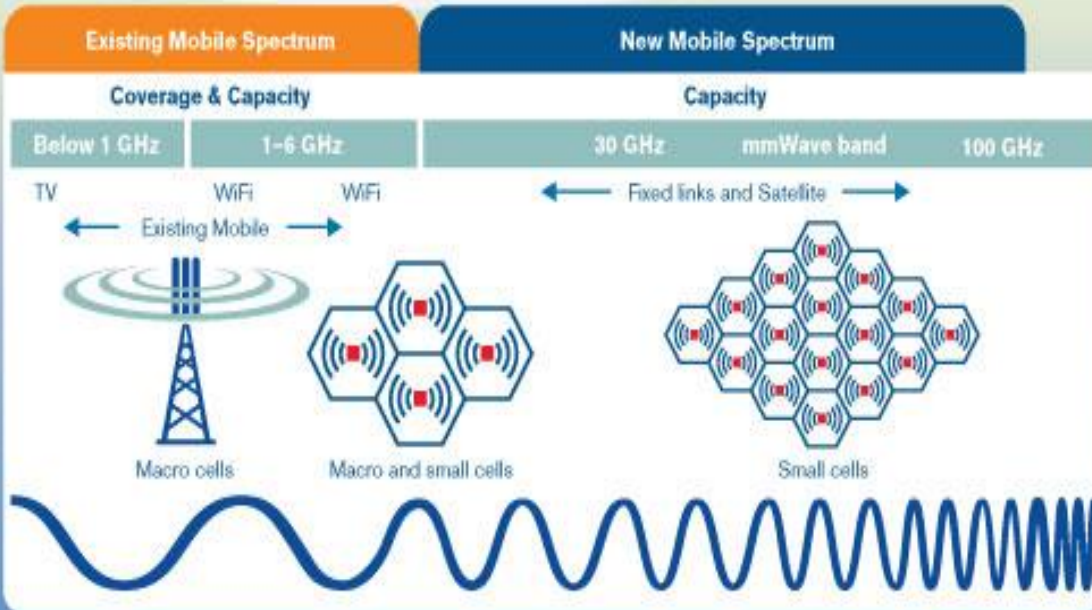
100x

Network efficiency:

Optimizing network energy consumption with more efficient processing.

Structura radio

5G SPECTRUM



Standardele includ utilizarea de unde milimetrice pentru 5G.

Undele milimetrice au o rază mai mică de acțiune decât microundele, de aceea celulele au dimensiuni mai mici.

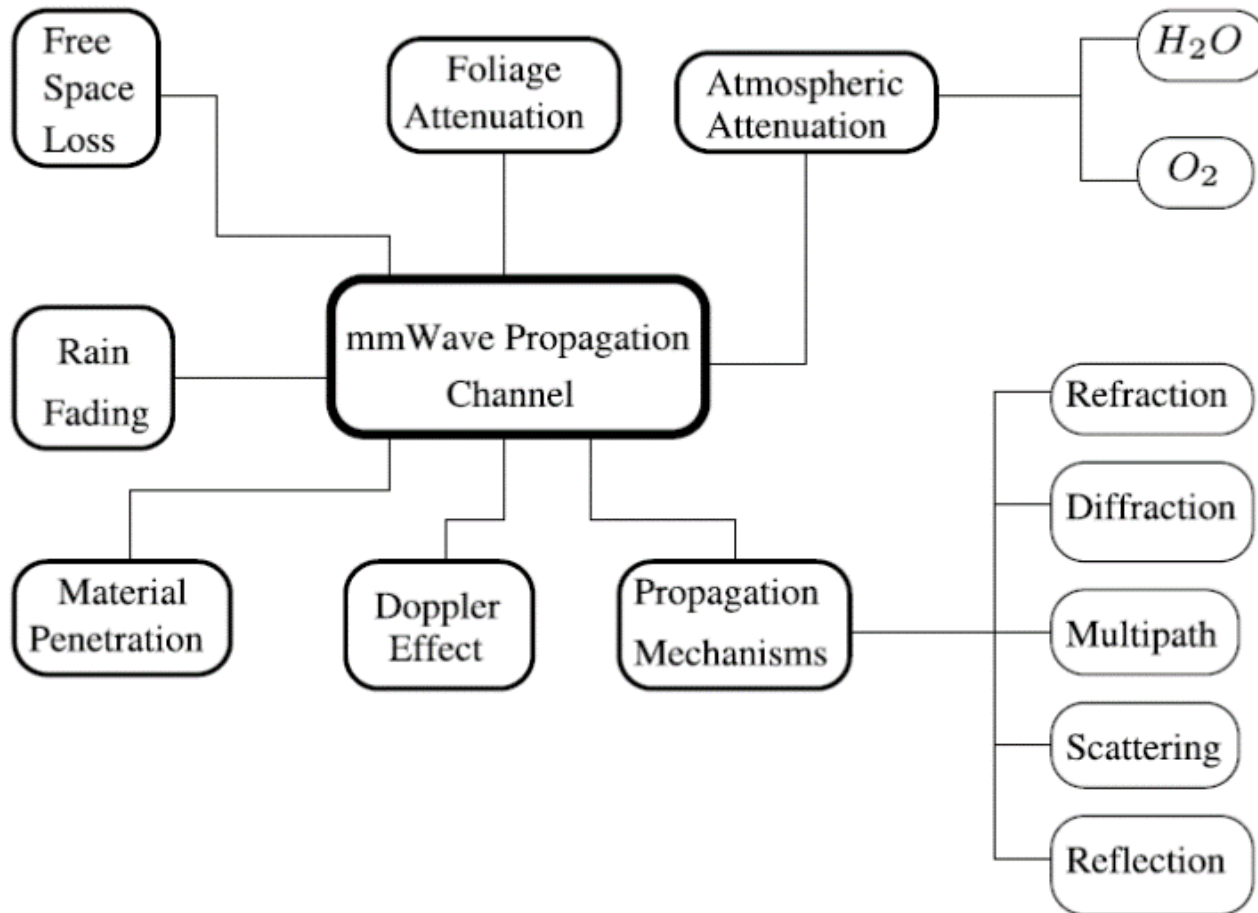
Prin folosirea undelor milimetrice, sunt introduse și o serie de variabile sensibile în partea de propagare radio a undelor electromagnetice.

Structura radio

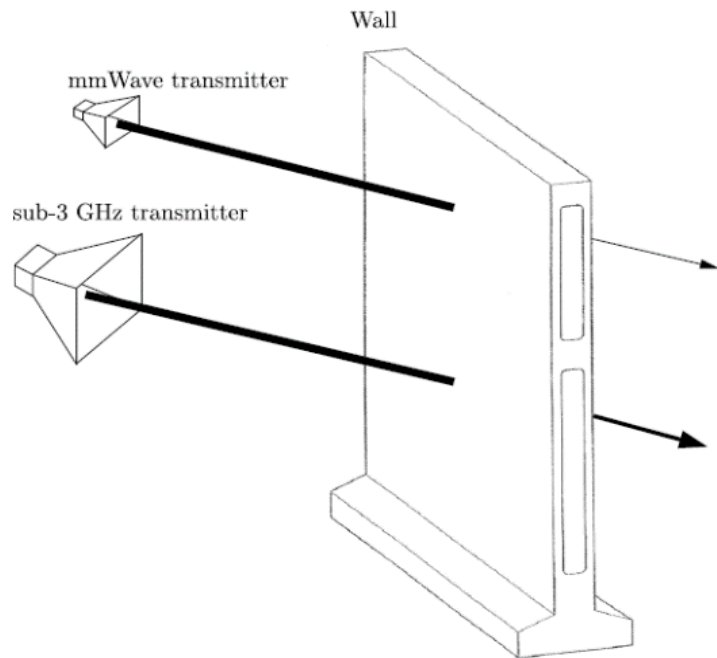
Atenuarea undelor milimetrice este introdusă de următorii factori :

- Pierderea puterii semnalului în spațiul liber - (depinde de frecvența purtătoare și distanța la care are loc comunicația)
- Atenuarea atmosferică – (se datorează moleculelor de gaz din atmosferă ce absorb energia undei electromagnetice)
- Atenuarea introdusă de ploaie – rain fading (este cauzată de interacțiunea dintre picăturile de ploaie și unda propagată)
- Atenuarea datorată vegetației - (prezența vegetației între emițător și receptor ce adaugă atenuare suplimentară semnalului și poate afecta grav calitatea serviciilor)
- Atenuarea materialelor – (principala problema care nu poate fi controlată datorită arhitecturii urbane și a densității mari de construcții)
- Atenuare prin mecanisme de propagare – reflexia, refracția și împrăștierea sunt principalele variabile
- Efectul Doppler – datorită vitezei de deplasare a ME în spațiul geografic.

Structura radio



Structura radio



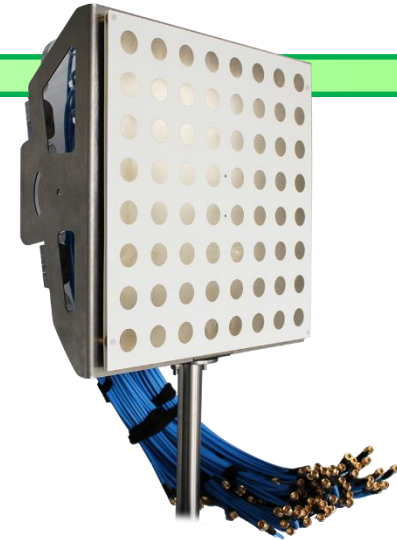
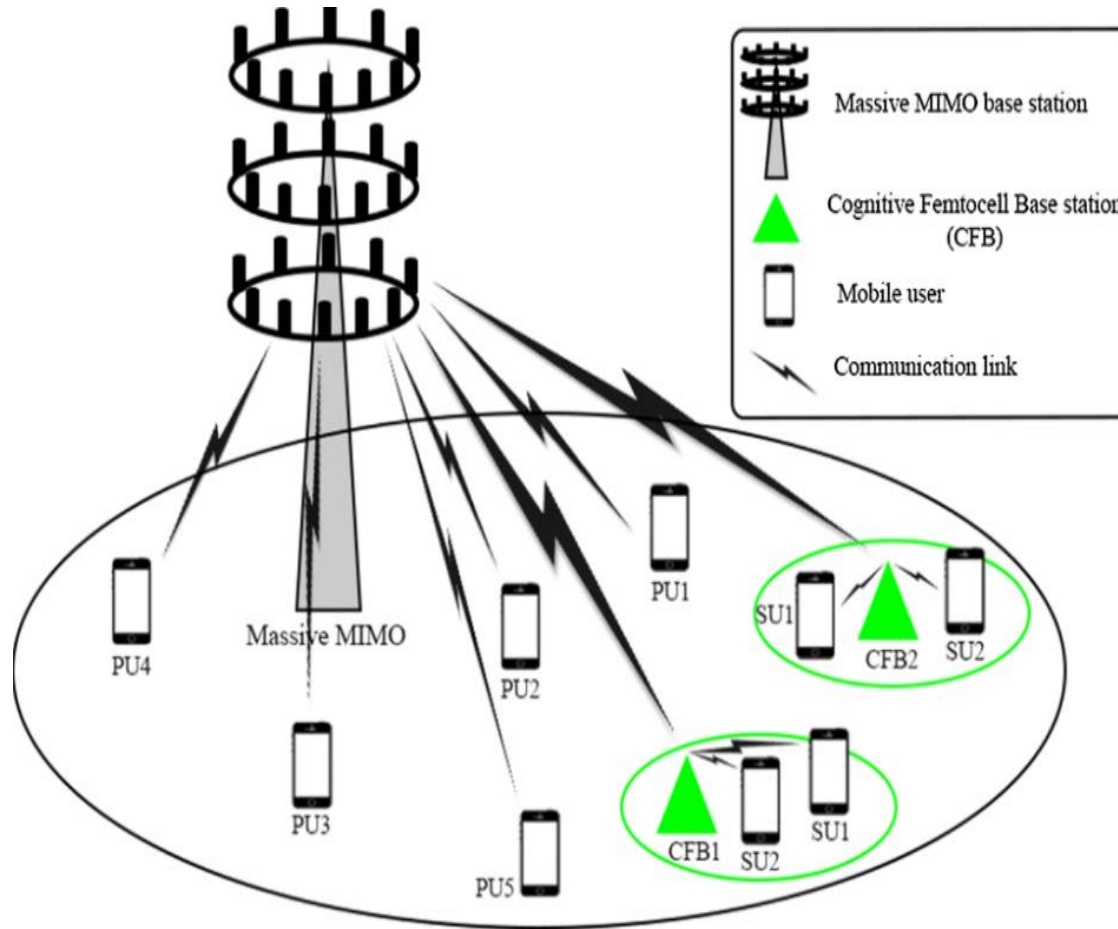
Antenele de unde milimetrice sunt din punct de vedere al dimensiunilor mai mici decât antenele mari utilizate în general în rețelele celulare anterioare

Au o dimensiune de doar câțiva centimetri (de ce?).

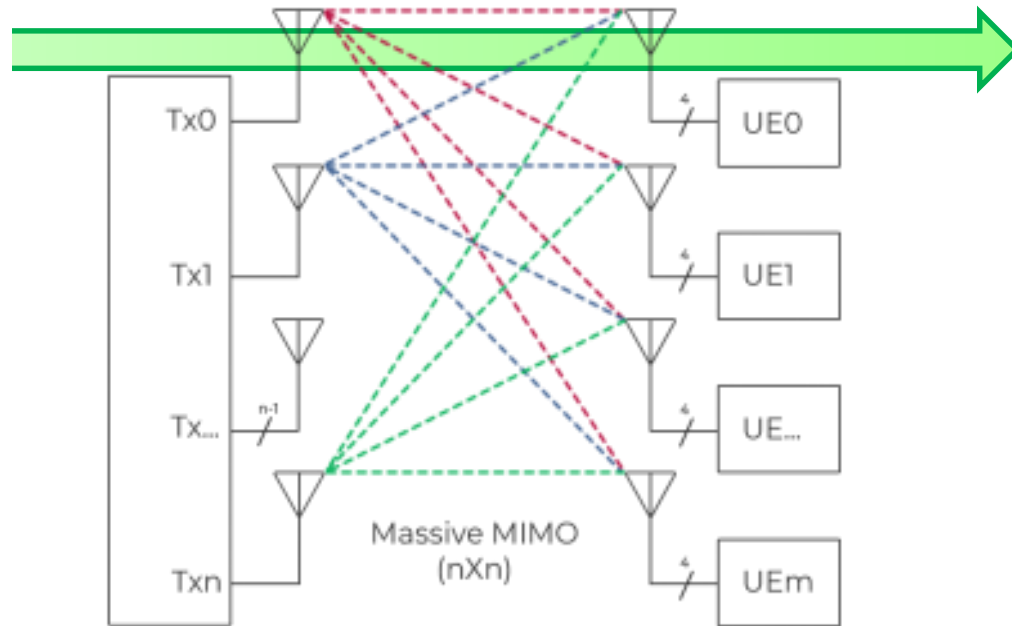
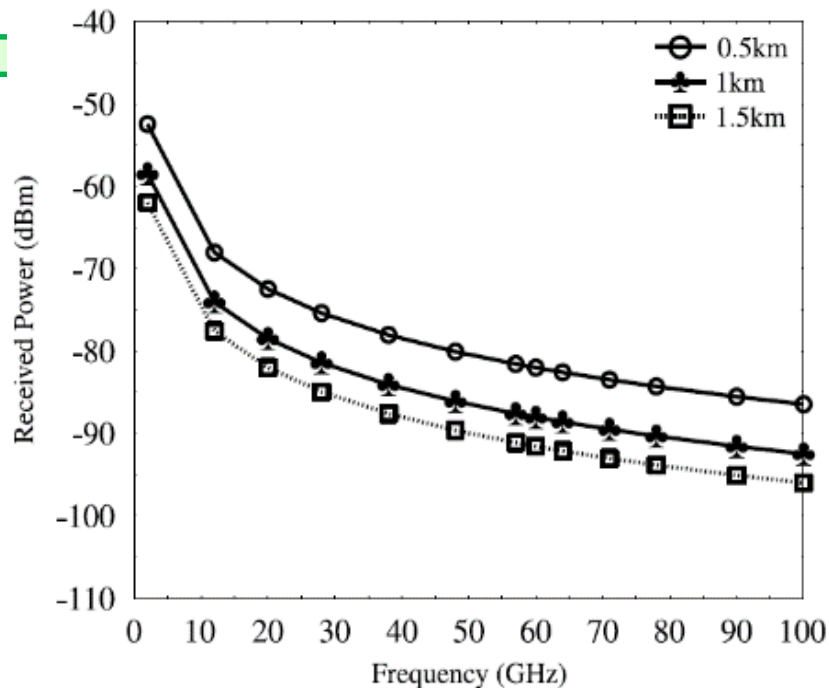
Echipamentele pentru utilizator, inclusiv telefoane mobile și dispozitive aferente vor avea, de asemenea, tehnologia MIMO încorporată în dispozitiv pentru frecvențele mmWave.

Structura radio

Masive MIMO (Masiv Multi-Input Multiplu-Output) - tehnică folosită pentru creșterea ratei de transfer



Structura radio

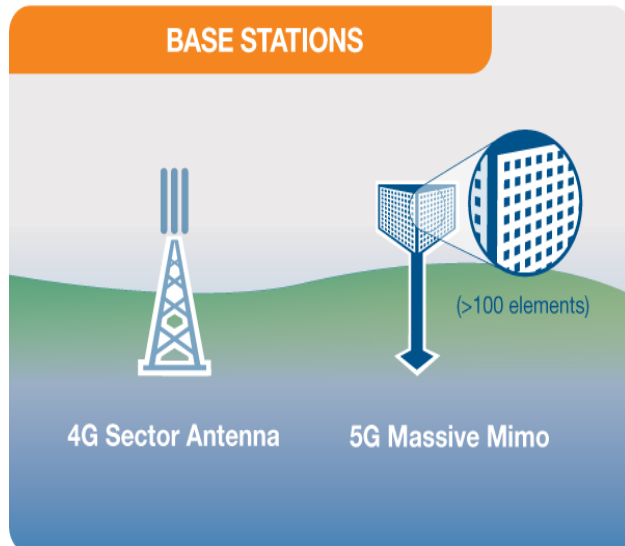


În multe țări benzile de frecvență inițiale pentru 5G sunt sub 6 GHz (în multe cazuri, în benzile de 3,3-3,8 GHz) și frecvențe similare cu rețelele de telefonie mobilă și Wi-Fi existente

Va exista în viitor reutilizarea spectrului existent de bandă joasă pentru 5G - rețelele mai vechi scad în utilizare

Spectrul sporit din banda mmWave va oferi o acoperire locală, deoarece acestea funcționează numai pe distanțe scurte. Dezvoltările 5G pot utiliza frecvențe mmWave în benzi de până la 86 GHz

Structura radio



Beam steering (direcționarea fasciculului) - este o tehnologie care permite antenei massive MIMO a stației de bază să focalizeze semnalul radio către utilizatori și dispozitive, nu în toate direcțiile.

Structura radio

- Tehnologia 5G propune spre implementare un nou concept de handover, datorită celulelor foarte dense cu capacitate avansată de formare a fasciculului
- Spre deosebire de metoda convențională, noul tip de handover propune un control al transferurilor între stațiile de bază (BS) folosind o **variabilă RL** (Reinforcement Learning) centralizată
- Ideea principală a acestui algoritm este că procesul de handover este declanșat de stația de bază prin metoda de difuzare atunci când puterea fasciculului de acces a nodului țintă este mai mare decât puterea stației de bază în care se află ME, pentru o durată mai mare decât parametrul de declanșare
- Această variabilă rezultă din postprocesarea unor algoritmi complecși, prelucrați prin intermediul rețelelor neuromorfice care prin RL pot optimiza procesul de handover
- În tot procesul de handover, Reinforcement Learning are rolul de a optimiza procesul prin învățare repetitivă a modului în care acesta are loc.

Structura radio

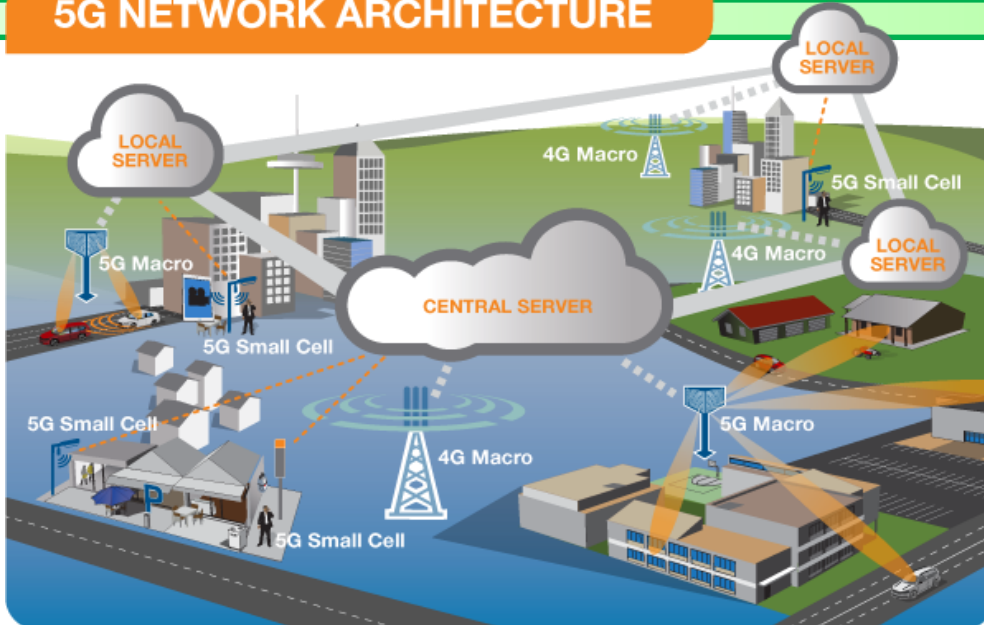
Decizia (ce ține seama și de câștigul de putere al receptorului UE) ce favorizează handover-ul poate fi luată pe baza uneia sau mai multor valori ce trebuie monitorizate:

- Downlink-throughput (rata de transfer de la BS la ME)
- Up-link-throughput (rata de transfer ME la BS)
- Puterea semnalului recepționat
- SNR-ul fasciculului după predare

Celulele mici (micro, nano, pico și femto) vor fi o caracteristică majoră a rețelelor 5G în special pentru unde milimetrice, unde frecvențele sunt alocate pentru conexiuni scurte ca durată de timp. Pentru a oferi o conexiune continuă, celulele mici vor fi grupate în clustere.

Structura radio

5G NETWORK ARCHITECTURE



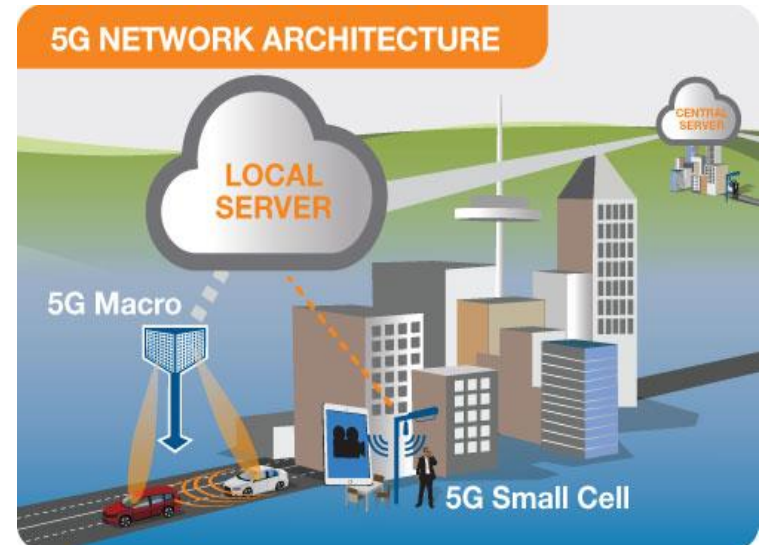
Macro celulele vor folosi antene MIMO.

În cazul în care antenele MIMO folosesc un număr mare de elemente (masive MIMO), dimensiunea lor fizică este similară cu cea de la 3G și 4G.

Numărul de elemente de antenă poate fi 128, 256 sau mai mult.

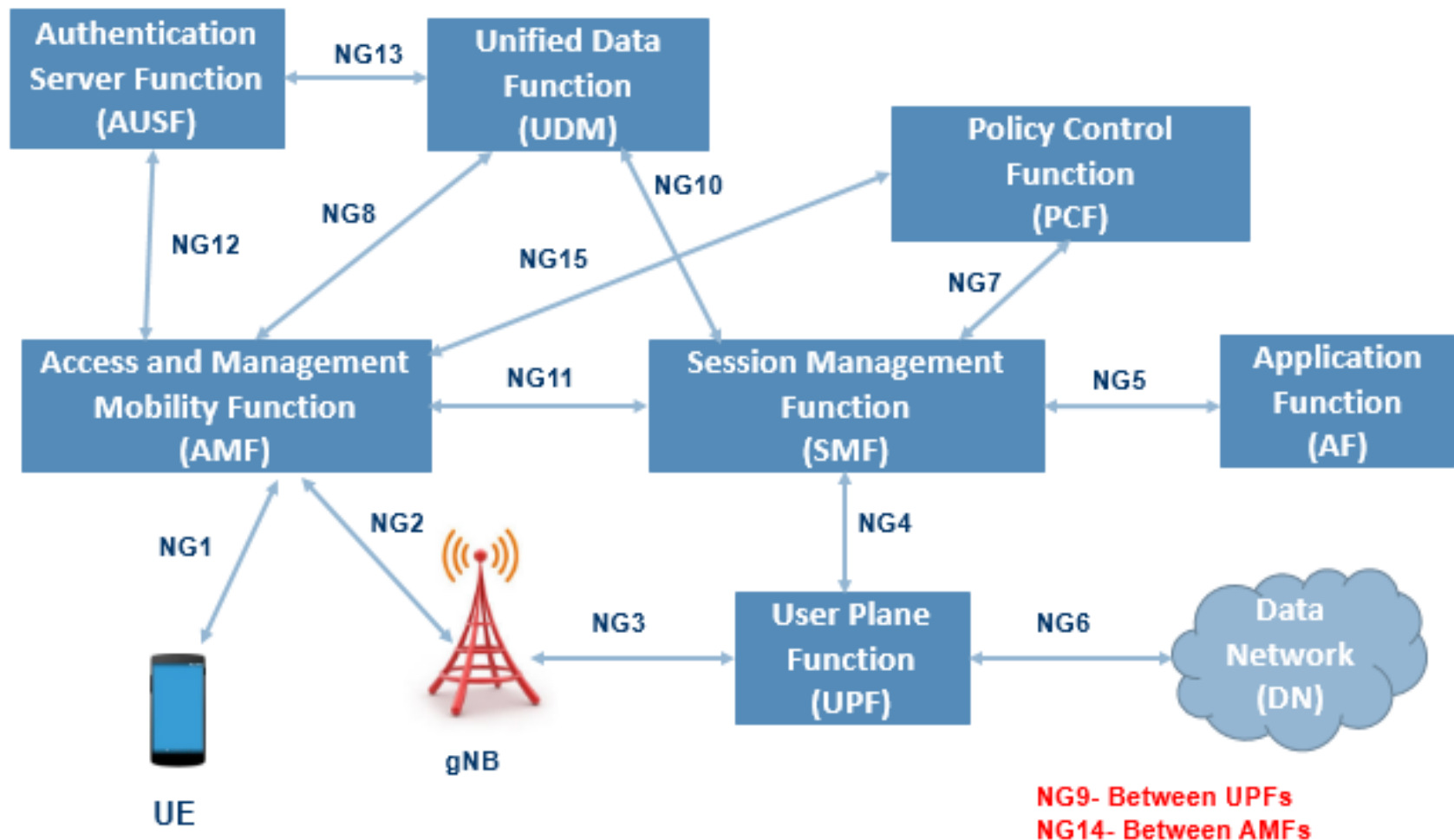
Împreună cu multiplexarea spațială, pot fi utilizate variațiile tehnologiei N-OFDM (Non- Ortogonal) pentru a crește eficiența spectrală.

5G NETWORK ARCHITECTURE



Funcțiile rețelei

Arhitectura de rețea 5G fără roaming



Funcțiile rețelei

User plane Function (UPF) – Planul UTILIZATOR

- QoS pentru planul user
- Rutare de pachete și redirectionare
- Controlul pachetelor și aplicarea regulilor de politică
- Interceptarea legală (Planul de utilizator)
- Contorizare și raportare de trafic
- Punct de acces pentru mobilitate intra-inter-RAT (dacă este cazul)
- Suport pentru interacțiunea cu DN extern – (transportul semnalizări pentru autorizarea / autentificarea sesiunii PDU prin DN)

Funcțiile rețelei

Core Access and Mobility Management Function (AMF) – Accesul în rețea și funcția de mobilitate



- Terminație pentru interfața RAN Control Plane (NG2)
- Terminație pentru NAS (NG1), criptarea NAS și protecția integrității
- Managementul mobilității
- Interceptarea legală (pentru evenimentele AMF și interfața cu sistemul legal de interceptare)
- Proxy transparent pentru rutarea autentificării accesului și a mesajelor SM
- Autentificare de acces
- Autorizație de acces
- Funcția de ancoră de securitate (SEA): interacționează cu UDM și UE, primește cheia intermediară care a fost stabilită ca urmare a procesului de autentificare al UE; în cazul autentificării bazate pe USIM, AMF preia datele de securitate din UDM
- Managementul contextului de securitate (SCM): primește o cheie de la SEA pe care o folosește pentru a obține chei specifice rețelei de acces


Funcțiile rețelei

Session Management Control Function (SMF) – Funcția de control și gestiune a sesiunii

- Managementul sesiunilor
- Alocarea și gestionarea adreselor IP UE (inclusiv autorizarea opțională)
- Selectarea și controlul funcției plan de utilizator
- Terminația interfețelor către funcțiile de control a politicii și de încărcare
- Controlul unei părți legislative și a politicilor de QoS
- Interceptarea legală (pentru evenimentele de gestionare a sesiunilor și interfața cu sistemul de interceptare legală)
- Terminația părților de gestionare a sesiunilor și a mesajelor NAS
- Notificări pe downlink
- Inițiatorul informațiilor specifice de gestionare a sesiunii din Nodul de acces, trimise către AMF prin NG2 către Nodul de acces

Funcțiile rețelei

Data Network (DN): Servicii de operator, acces la Internet sau alte servicii



Authentication Server Function (AUSF) – : Efectuează procese de autentificare cu UE

Unified Data Management (UDM) :

- Authentication Credential Repository and Processing Function (ARPF): stochează datele de securitate pe termen lung utilizate în autentificare pentru AKA (*Authentication and Key Agreement*)
- Stocarea informațiilor despre abonament

Policy Control Function (PCF) – Funcția de control a politicii

- Înființarea cadrului de politică pentru gestionarea comportamentului rețelei
- Reguli de politică pentru controlul funcțiilor (planurilor)

Application Function (AF) – Solicită politici dinamice și / sau control de tarificare