

SPECTRUL FRECVENȚELOR MODERNE ÎN COMUNICAȚII MOBILE

Victor ZMUNCILĂ

Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, grupa IMTC-201,
Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Victor Zmuncilă. victor.zmuncila@tse.utm.md

Îndrumător/coordonator științific: **Roman GRITCO**, I. univ, FET UTM

Rezumat. În acest articol sunt studiate frecvențele utilizate în telecomunicațiile mobile, de la 2G la 5G, unde ele sunt vitale pentru conectivitatea și performanța rețelelor. În cadrul 2G, există două benzi principale: GSM-900 și GSM-1800. Unde GSM-900 oferă acoperire extinsă în zonele rurale, în timp ce GSM-1800 este preferată în mediile urbane pentru viteze de date ridicate. În 3G, UMTS utilizează benzi precum banda 1 (2100 MHz) și banda 5 (850 MHz), B1 având o capacitate mai mare, iar B5 având o acoperire extinsă. În LTE, LTE800 asigură o acoperire bună în zonele rurale, LTE1800 fiind populară global, iar LTE2600 oferă rate de date ridicate, dar cu acoperire limitată. În 5G, FR1 (sub 6 GHz) furnizează acoperire extinsă, în timp ce FR2 (mmWave) oferă rate de date mari. Benzile B7 (2,6 GHz) și B78 (3,5 GHz) sunt obișnuite pentru 5G, dar China explorează și banda de 6 GHz. Aceste frecvențe sunt esențiale pentru evoluția continuă a rețelelor mobile și pentru a răspunde nevoilor diverse ale utilizatorilor într-o lume conectată tot mai bine.

Cuvinte cheie: GSM, UMTS, LTE, NR

Introducere

În lumea în care trăim astăzi, în care comunicarea este la fel de rapidă și esențială precum aerul pe care-l respirăm, spectrul frecvențelor moderne este coloana vertebrală a conectivității noastre. De la telefonie mobilă la internetul wireless, de la televiziune la radiodifuziune, spectrul frecvențelor formează fundația pe care se bazează toate formele de comunicații moderne. În rețelele GSM, benzile de frecvențe B8 (900 MHz) și B3 (1800 MHz) sunt fundamentale pentru transmiterea comunicațiilor de voce și date în cadrul tehnologiei 2G. Trecând la tehnologia 3G, Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) utilizează o gamă variată de frecvențe, incluzând B1 (2100 MHz) și B5 (850 MHz), fiecare aduce avantaje specifice în ceea ce privește capacitatea și acoperirea rețelelor. În LTE (Long-Term Evolution), benzile precum B20 (800 MHz), B3 (1800 MHz), B7 (2600 MHz) sunt esențiale pentru furnizarea de servicii mobile de înaltă calitate. 5G New Radio (NR) operează în două game de frecvență principale, fiecare având avantaje și dezavantaje specifice. Prin analiza detaliată a frecvențelor utilizate în fiecare standard de comunicații mobile, se înțelege mai bine modul în care acestea contribuie la conectivitatea globală și la evoluția tehnologică în domeniul comunicațiilor fără fir.

Frecvențele utilizate în GSM

În rețelele GSM frecvențele utilizate sunt o componentă fundamentală în asigurarea conectivității mobile. Acestea sunt esențiale pentru transmiterea comunicațiilor de voce și date în cadrul tehnologiei 2G. În acest context, GSM-900 și GSM-1800 se evidențiază ca fiind două dintre benzile de frecvență principale.

GSM-900 reprezintă una dintre benzile de frecvență principale în cadrul rețelelor GSM, fiind utilizată pentru transmiterea comunicațiilor de voce și date în cadrul tehnologiei 2G. Datorită capacității sale de a oferi o acoperire extinsă și o bună penetrare a semnalului în interiorul clădirilor și în zonele rurale, GSM-900 este esențială pentru asigurarea conectivității la scară largă. Frecvențele de uplink sunt situate în intervalul 880 - 915 MHz, în timp ce cele de

downlink se încadrează între 925 și 960 MHz, cu un spațiu duplex de 45 MHz. Lățimile de bandă de canal acceptate variază între 0,2 și 10 MHz. GSM-900 utilizează banda de frecvențe B8(900MHz). Această bandă de frecvență este preferată în special în regiunile mai puțin populate și în zonele rurale, furnizând o soluție robustă pentru comunicare.

Pe de altă parte, GSM-1800, cunoscută și sub denumirea de banda B3(1800 MHz) , a fost introdusă pentru a extinde capacitatea rețelelor GSM și pentru a oferi viteze de transfer de date superioare. Cu toate că acoperirea sa este mai restrânsă decât cea a GSM-900, GSM-1800 este eficientă în zonele dens populate. Frecvențele de uplink variază între 1710 și 1785 MHz, în timp ce cele de downlink sunt cuprinse între 1805 și 1880 MHz, cu un spațiu duplex de 95 MHz. Lățimile de bandă de canal acceptate includ intervalul de la 1,4 la 20 MHz. Banda GSM-1800 este preferată în mediile urbane, unde cererea mare de trafic și nevoia de viteze de date ridicate sunt mai pronunțate. Astfel, GSM-1800 reprezintă o soluție adecvată pentru a răspunde necesităților de conectivitate în aceste medii dens populate [1-4].

Frecvențele utilizate în UMTS

UMTS, sau Universal Mobile Telecommunications System, este un standard de rețea mobilă 3G care utilizează diferite benzi de frecvență pentru a furniza servicii de voce și date. Cele mai frecvent utilizate benzi de frecvență UMTS sunt Banda 1 (1920-1980 MHz uplink și 2110-2170 MHz downlink, cunoscută și ca B1 2100 MHz), Banda 2 (1850-1910 MHz uplink și 1930-1990 MHz downlink, cunoscută și sub numele de B2 1900 MHz), Banda 5 (824-849 MHz uplink și 869-894 MHz downlink, cunoscută și sub denumirea de B5 850 MHz) și Banda 8 (link up 880-915 MHz și 925-960 MHz downlink, cunoscută și sub numele de bandă de 900 MHz sau bandă E-GSM).

Banda 1 operează în intervalul de 2100 MHz, în timp ce banda 5 operează în intervalul de 850 MHz. Banda 1 are o lățime de bandă mai mare și poate suporta rate de date mai mari și mai mulți utilizatori, dar are o rază mai scurtă și o pierdere de propagare mai mare. Banda 5 are o lățime de bandă mai mică, poate suporta rate de date mai mici și mai puțini utilizatori, dar are o rază de acțiune mai mare și o pierdere de propagare mai mică.

Banda de 2100 MHz a fost aleasă ca bandă de frecvență UMTS principală în Europa datorită numeroaselor sale beneficii. Era o bandă nouă care nu interfera cu serviciile 2G existente, care foloseau benzile de 900 MHz și 1800 MHz și avea o lățime de bandă mare de 60 MHz, permițând rate și capacitate ridicate de date. În plus, a fost armonizat în majoritatea țărilor din Europa pentru a facilita roaming-ul și interoperabilitatea și a fost aliniat cu recomandarea ITU pentru standardul global IMT-2000, având ca scop crearea unei platforme 3G unificate [5-6].

Frecvențele utilizate în LTE

Una dintre cele mai populare benzi de frecvență pentru implementarea rețelelor LTE este LTE800, cunoscută și sub denumirea de banda 20 (800 MHz). Această bandă este recunoscută pentru capacitatea sa de a oferi acoperire extinsă în medii regionale și rurale, precum și în interiorul clădirilor. Cu un spectru care variază între 791 MHz și 862 MHz pentru downlink și între 832 MHz și 862 MHz pentru uplink, LTE800 oferă un compromis excelent între acoperire și capacitate.

Duplexul spațial de -41 MHz asigură o separare adecvată între canalele de uplink și downlink, în timp ce suportul pentru lățimi de bandă de 5, 10, 15 și 20 MHz oferă flexibilitate în implementare și are o zonă de acoperire de aproximativ 147,40 km². Pe lângă avantajele sale de acoperire, LTE800 beneficiază și de un ecosistem considerabil de dispozitive LTE, făcându-l o opțiune atractivă pentru operatori și utilizatori.

În ceea ce privește banda de frecvență LTE1800, cunoscută și sub denumirea de banda 3, este considerată cea mai populară bandă globală pentru LTE. Cu un spectru cuprins între 1710 MHz și 1785 MHz pentru uplink și între 1805 MHz și 1880 MHz pentru downlink, LTE1800 oferă o capacitate ridicată și o lățime de bandă suficientă pentru a susține un număr mare de

utilizatori și rate de date ridicate. Această bandă are unul dintre cele mai mari ecosisteme de dispozitive LTE, aproximativ 65% dintre dispozitivele LTE fiind compatibile cu spectrul de bandă 3. Implementările LTE1800 reprezintă mai mult de 48% din toate rețelele LTE la nivel global, ceea ce demonstrează popularitatea și eficacitatea acestei benzi de frecvență.

O altă bandă de frecvență importantă pentru LTE este LTE2600, cunoscută și sub denumirea de banda 7. Cu un spectru cuprins între 2500 MHz și 2570 MHz pentru uplink și între 2620 MHz și 2690 MHz pentru downlink, LTE2600 oferă o lățime de bandă considerabilă și suport pentru rate de date extrem de ridicate.

Cu toate acestea, cu toate avantajele sale în ceea ce privește capacitatea și performanța, LTE2600 poate să nu ofere acoperirea extinsă pe care o oferă alte benzi de frecvență, cum ar fi LTE800 sau LTE1800. De asemenea, ecosistemul de dispozitive pentru LTE2600 poate să nu fie la fel de extins ca în cazul altor benzi de frecvență, ceea ce poate influența decizia operatorilor în ceea ce privește implementarea [7-12].

Frecvențele utilizate în 5G (NR)

5G New Radio (NR), cea mai recentă generație de tehnologie de comunicații fără fir, operează în două game de frecvență principale: Frecvență Range 1 (FR1) și Frecvență Range 2 (FR2). FR1 include frecvențele sub 6 GHz, unele dintre acestea fiind deja utilizate în mod tradițional de către standardele anterioare. În schimb, FR2 cuprinde frecvențe de unde milimetrice (mmWave), între 24,25 GHz și 71,0 GHz. Alegerea intervalului de frecvență este crucială, având un impact semnificativ asupra acoperirii, capacității și performanței rețelei.

Benzile de frecvență inferioară (FR1) oferă o acoperire mai extinsă și o penetrare mai bună prin obstacole, însă lățimea lor de bandă este limitată. În contrast, benzile de frecvență mai înalte (FR2) furnizează lățimi de bandă mai mari, ceea ce duce la rate de date mai mari, dar au o acoperire mai restrânsă și sunt mai susceptibile la atenuarea semnalului.

Spectrul de bandă cuprins între 1 GHz și 6 GHz este considerat ideal pentru 5G, datorită capacității sale de a transporta o mare cantitate de date pe distanțe semnificative. GSMA identifică intervalul de la 3,3 GHz la 3,8 GHz ca fiind ideal pentru 5G, fiind deja desemnat pentru această tehnologie în multe țări din întreaga lume.

De obicei, frecvențele medii din benzile B7 (2,6 GHz) și B78 (3,5 GHz) sunt utilizate pentru implementările 5G. Cu toate acestea, există și excepții notabile, cum ar fi China, care s-a concentrat pe utilizarea benzii de 6 GHz pentru a răspunde cerințelor crescute ale tehnologiei 5G [13-14].

Concluzii

Frecvențele utilizate în comunicațiile moderne sunt esențiale pentru asigurarea conectivității și pentru furnizarea serviciilor de voce și date către utilizatori. În cadrul tehnologiei 2G, benzile de frecvență GSM-900 și GSM-1800 reprezintă principalele benzi, fiecare având avantaje distincte în funcție de necesități și mediu. De exemplu, GSM-900 oferă o acoperire mai extinsă și o bună penetrare în interiorul clădirilor și în zonele rurale, în timp ce GSM-1800 este eficientă în medii dens populate și oferă viteze de date mai mari.

În ceea ce privește tehnologia 3G, UMTS utilizează o varietate de benzi de frecvență, cu Banda 1 (2100 MHz) fiind una dintre cele mai importante datorită capacității sale de a susține rate de date mari și interoperabilității la nivel global.

Pentru LTE, banda LTE800 oferă o acoperire extinsă și este preferată în medii regionale și rurale, în timp ce banda LTE1800 este cea mai populară global și susține rate de date ridicate, fiind preferată în mediile urbane. Pe de altă parte, banda LTE2600 oferă o capacitate și performanță excelente, dar poate avea o acoperire mai limitată și un ecosistem de dispozitive mai restrâns.

În ceea ce privește 5G, tehnologia NR operează în două game de frecvență principale, FR1 și FR2, fiecare având avantaje și dezavantaje specifice. FR1, cu frecvențe sub 6 GHz, oferă o acoperire mai extinsă, în timp ce FR2, cu frecvențe de unde milimetrice, furnizează lățimi de bandă mai mari pentru rate de date superioare.

Referințe

- [1] “HB Radiofrequency technologies” [Online]. Available: <https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b8-900-mhz>
- [2] “TechTarget” [Online]. Available: <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/GSM>
- [3] “Wikipedia” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands#:~:text=GSM%2D900%2C%20EGSM%2FEGSM%2D900%20and%20GSM%2D1800,GSM%2D900%20and&text=In%20common%20GSM%2D900%20is,Cellular%20System%22%20\(DCS\)](https://en.wikipedia.org/wiki/GSM_frequency_bands#:~:text=GSM%2D900%2C%20EGSM%2FEGSM%2D900%20and%20GSM%2D1800,GSM%2D900%20and&text=In%20common%20GSM%2D900%20is,Cellular%20System%22%20(DCS))
- [4] “Medium” [Online]. Available: <https://medium.com/@bintorosoft/a-beginners-guide-to-gsm-frequency-bands-and-how-they-work-bb20fb9ae5b9>
- [5] “HB Radiofrequency technologies” [Online]. Available: <https://halberdbastion.com/technology/cellular/3g-umts/umts-frequency-bands/b1-2100mhz>
- [6] “electronics-notes” [Online]. Available: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/3g-umts/frequency-bands-channels-uarfcn.php>
- [7] “everything RF” [Online]. Available: <https://www.everythingrf.com/community/lte-frequency-bands>
- [8] P. M. SAINJU “LTE performance analysis on 800 and 1800 MHz bands” [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/196554158.pdf>
- [9] “HB Radiofrequency technologies” [Online]. Available: <https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b20-800-mhz>
- [10] “Wikipedia” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands
- [11] “Sierra Wireless” [Online]. Available: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2012/03/whitepapersierrawirelesslte1800.pdf>
- [12] “HB Radiofrequency technologies” [Online]. Available: <https://halberdbastion.com/technology/cellular/4g-lte/lte-frequency-bands/b38-2600-mhz>
- [13] “Nokia” [Online]. Available: [https://www.nokia.com/thought-leadership/articles/spectrum-bands-5g-world/#:~:text=Mid%2Dband%20spectrum%20\(1%20GHz,already%20designated%20it%20for%205G](https://www.nokia.com/thought-leadership/articles/spectrum-bands-5g-world/#:~:text=Mid%2Dband%20spectrum%20(1%20GHz,already%20designated%20it%20for%205G)
- [14] “HB Radiofrequency technologies” [Online]. Available: <https://halberdbastion.com/technology/cellular/5g-nr/5g-frequency-bands/n78-3500-mhz>