

Managementul frecvențelor (canalelor) radio

Mr.instr.șef Gheorghe OLAN

Managementul de repartizare a frecvențelor (canalelor) este o componentă importantă și delicată a rețelelor de telecomunicații. Atribuțiile sale sunt foarte eterogene, atât funcțional, cât și ca nivel de complexitate. Un sistem evoluat de gestiune asigură proiectarea, instalarea, întreținerea, operarea și administrarea unei rețele. Organizarea celulară a sistemelor de comunicații radio a fost impusă de necesitatea creșterii capacității de trafic în condițiile unui spectru limitat de frecvență, adică sporirea eficienței utilizării frecvenței alocate sistemului. Eficiența este apreciată prin numărul de canale (frecvențe) de comunicație definite în banda alocată și prin gradul de utilizare a lor.

Prin definirea unui număr mare de canale (frecvențe) se permite accesul simultan în sistem a unui număr mare de utilizatori și, de aceea, tehnica prin care sunt definite canalele (frecvențele) de comunicație se numește tehnică de **acces multiplu**. O dată definite, canalele (frecvențele) trebuie distribuite în sistem, în funcție de necesitățile reale de trafic. Această distribuție se face prin tehnici mai mult sau mai puțin sofisticate de **alocare a canalelor (frecvențelor)**.

Tehnici de acces multiplu

Diversele tehnici de acces multiplu diferă prin **flexibilitatea, calitatea comunicației și capacitatea** sistemului. În ceea ce privește flexibilitatea, ea se reflectă în abilitatea de a transmite semnale (voce/date/video) având benzi de frecvență diferite și de a gestiona corect mobilitatea globală a utilizatorilor.

Există câteva scheme fundamentale de **acces multiplu** (*MA – Multiple Access*):

- **cu diviziune de frecvență** (*FDMA – Frequency Division MA*), un canal de comunicație se obține prin divizarea benzii totale;
- **cu diviziune în timp** (*TDMA – Time Division MA*) care permite folosirea întregii benzi;
- **cu diviziune de cod** (*CDMA – Code Division MA*) care repartizează puterea emisă în mod uniform într-o bandă largă de frecvențe;
- **cu rezervare de pachete** (*PRMA – Packet Reservation MA*) care impune sistemelor radio creșterea performanțelor de viteză și capacitate, astfel încât să permită toate tipurile de comunicații: voce/video/date.

Alte două tehnici aplicate în celelalte sisteme de comunicații nu sunt potrivite sistemelor radio:

– **cu diviziune de polarizare** (*PDMA – Polarisation Division MA*), deoarece în mediul radiomobil polarizarea se modifică aleatoriu în timp și spațiu prin reflexii și refracții multiple;

– **cu diviziune în spațiu** (*SDMA – Space Division MA*), deoarece reutilizarea spațială a canalelor este deja realizată în sistemele celulare, dar în altă formă.

Tehnica DS/SS (CDMA)

Comunicațiile cu spectru extins utilizează o bandă de frecvență cu mult mai mare decât cea necesară volumului de informație transmis. O comunicație se definește ca fiind cu spectru extins atunci când capacitatea canalului exprimată în biți pe eșantion Nyquist este mult mai mică decât 1.

Metodele de extindere a benzii de frecvență urmăresc ca:

– extinderea de bandă să se facă în conformitate cu un cod;
– utilizatorii ce comunică între ei să fie sincronizați;
– unele semnale să nu fie înecate de altele din cauza distanțelor diferite față de stația de bază (eliminarea efectului de apropiere);

– codificarea sursei de informație și a canalului (frecvenței) de transmisie să se facă în ideea optimizării performanțelor globale și maximizării cantității de informație vehiculate de sistem.

Există două tehnici de transmisie cu spectru extins: prin **salt de frecvență** (*FH/SS – Frequency Hopping/Spread Spectrum*): – *rapidă* (se realizează două sau mai multe salturi de frecvență pe fiecare simbol transmis), – *lentă* (se transmit două sau mai multe simboluri pe aceeași frecvență) și cu **secvență directă** (*DS/SS – Direct Sequence/Spread Spectrum*).

Tehnica CDMA este utilizată în comunicațiile prin **satelit**, ea neputând poate fi utilizată ca atare în sistemele mobile celulare. Fiecare comunicație ocupă un canal în frecvență sau o fereastră în timp. Pe timpul desfășurării comunicației nici un alt utilizator nu poate accede la acel canal de frecvență sau fereastră de timp.

Capacitatea sistemului, adică numărul maxim de comunicații simultane, se poate determina pe baza estimării interferenței în cel mai defavorabil caz.

Gestionarea puterii de emisie

Gestionarea puterii se referă la alegerea puterii de emisie atât a stației de bază, cât și a mobilului (stației) în funcție de distanța ce le separă. Pe cale directă este necesară pentru ca nivelul puterii de emisie să nu fie mai

mare decât cel minim necesar unei recepții de bună calitate. Se evită astfel interferența cu ceilalți utilizatori.

Gestionarea puterii pe cale inversă (receptor-emisător→stația de bază) este necesar pentru evitarea blocării semnalelor de putere mică sosite de la receptor, aflate la distanță mare de stația de bază, față de semnalele de putere mare generate de receptoarele-emisătoare aflate în apropiere. O gestionare adecvată a puterii de emisie pe cale inversă asigură putere constantă recepționată de stația de bază indiferent de distanța receptor-emisător față de bază. Gestionarea puterii de emisie are ca scop crearea aceluiași nivel al câmpului în punctul H, în care se află stația de bază de către toate receptoarele-emisătoare din celulă indiferent de distanța lor față de stația de bază.

Obiectivul acestei gestiuni constă în reducerea puterii de emisie până la valoarea ce asigură un nivel la recepție, numai cu puțin peste pragul minim necesar. Aceasta înseamnă că puterea de emisie scade pe măsură ce receptoarele-emisătoare se apropie de stația de bază, adică puterea de emisie este proporțională cu distanța r a receptoarelor-emisătoarelor față de stația de bază.

$$P = \alpha r^n$$

unde α este un coeficient de proporționalitate, iar n este un exponent a cărui valoare se alege pentru obținerea capacității maxime a sistemului.

Calitatea comunicației este determinată de **nivelul raportului semnal/zgomot**, la nivelul receptorului, fie el fix sau mobil. **Nivelul puterii de emisie** trebuie ales astfel ca **raportul semnal/zgomot să fie peste nivelul de prag** al receptorului.

Se consideră că **nivelul P , al puterii recepționate** de stația de bază este corect ales dacă el conduce la micșorarea cu cel mult o unitate a capacității sistemului.

Pe **calea directă**, controlul puterii de emisie este necesar pentru a evita creșterea nivelului semnalului de interferență la extremitățile celulei, unde datorită fadingului sunt posibile variații puternice ale puterii câmpului produs de diversele stații de bază.

Tehnica **CDMA** are **o serie de proprietăți foarte utile** pentru sistemele radio:

- nu necesită algoritmi de alocare a canalelor (frecvențelor);
- transferul inter-radio se face mai simplu, modificându-se doar codul de multiplicare;
- nu necesită frecvențe sau intervale de timp, de gardă între canale pentru reducerea interferenței cu canalul adiacent;
- separarea canalelor (frecvențelor) CDMA se face cu circuite de corelație;

- beneficiază în mod natural de caracterul intermitent al comunicațiilor vocale;
- sectorizarea celulelor conduce la creșterea capacității;
- capacitatea totală a unui sistem CDMA este net superioară altor sisteme (FDMA sau TDMA);
- coexistența cu sistemele analogice;
- performanțele unui sistem CDMA scad treptat atunci când numărul utilizatorilor crește.

Tehnica CDMA are, însă, **dezavantajele că produce autobruiaj** și este afectată de efectul de apropiere. Folosind coduri proprii de acces mai mulți utilizatori pot comunica independent în aceeași bandă de frecvență, interferențe reciproce. Neidentitatea codurilor de acces nu este însă o condiție absolut necesară pentru eliminarea interferențelor.

Tehnici de alocare a frecvențelor (canalelor)

Tehnicile de alocare a frecvențelor (canalelor) optimizează repartizarea acestor resurse pe celule, în vederea creșterii performanțelor sistemului. Există două categorii de metode: **statice și dinamice**.

Repartizarea statică a frecvențelor (canalelor) de comunicație este o metodă acceptabilă pentru sistemele din prima generație, în care ariile celulelor sunt suficient de mari pentru ca variațiile de trafic să fie mici în cadrul fiecărei celule.

O dată cu implementarea celei de-a doua generații de sisteme mobile, dimensiunile celulelor s-au micșorat, iar nivelurile de trafic și variabilitatea acestuia au crescut. O repartizare a frecvențelor (canalelor) pe celule, satisfăcătoare distribuției traficului în sistem la un moment dat, poate deveni cu totul neadecvată în momente ulterioare, când distribuția de trafic se modifică semnificativ.

Repartizarea dinamică se bazează pe patru strategii și diferă între ele prin gradul de flexibilitate pe care îl introduc:

- **strategia macrodiversității**, unde frecvențele (canalele) sunt alocate permanent celulelor, însă utilizatorii ierarhizează stațiile de bază în funcție de nivelul semnalului recepționat de la ele;

- **strategia împrumutului de frecvențe (canale)** – dacă toate frecvențele (canalele) unei celule sunt ocupate și apare o nouă cerere de comunicație, *BS* (Base Station) „împrumută” o frecvență (canal) de la una din *BS* vecină, dacă nu are, solicitarea este blocată. În funcție de acțiunile ce însoțesc acest împrumut strategia are mai multe variante:

- **împrumutul simplu** (frecvența împrumutată este blocată pe întregul cluster din care face parte celula ce o utilizează);

– **împrumutul hibrid** (frecvențele repartizate unei celule sunt împărțite în două grupe: frecvențe proprii și frecvențe împrumutabile);

– **împrumut cu ordonarea frecvențelor** (toate frecvențele unei celule sunt împrumutabile, dar fiecărei frecvențe i se atașează o valoare a probabilității de a fi împrumutat și se recuperează la sfârșitul comunicației).

Strategia împrumutului de frecvențe conduce la creșterea efortului de gestionare a sistemului datorită necesității de a ține evidența stării canalelor (liber, ocupat, împrumutat, blocat) și poate conduce la instabilitate deoarece un împrumut generează, de regulă, noi împrumuturi în celulele vechi.

Strategia alocării flexibile – numai o parte din frecvențe sunt repartizate celulelor, celelalte fiind reținute la nivel strategic.

Strategia autoadaptivă – fiecare celulă poate utiliza orice frecvență din sistem, cu condiția nedepășirii pragului de interferență, decizia fiind luată de *BS* împreună cu utilizatorul pe baza măsurărilor locale efectuate separat și independent de fiecare.

Mijloace de gestionare automată a spectrului de frecvență

Domeniul frecvențelor (canalelor) radio cuprinde oscilații electromagnetice de la 3 Hz la 3.000 GHz împărțit conform Regulamentului radiocomunicațiilor, în 12 game (benzi) de frecvență (domeniul de frecvențe cuprins între $0,3 \cdot 10^n$ Hz la 10^n Hz), unde $n=1, 2 \dots 12$ este numărul gamei.

Mijloacele de gestionare automată a spectrului de frecvență ajută la evaluarea și gestionarea schimbărilor permanente din lista frecvențelor, care pot fi restricționate sau nerestricționate. Actualizarea listei cu frecvențele restricționate sau nu, în timp și spațiu, se face folosind un pachet de programe care analizează următorii factori:

- puterea de emisie (depinde de parametrii emițătorului);
- sensibilitatea receptorului (alegerea corectă a parametrilor sau folosirea de reglaj automat);
- tipurile stațiilor (pe U.L., U.S., U.U.S. etc.) – figura 1;



Fig. 1 Stație radio cu emisia în salt de frecvență

- modurile de lucru (simplex, semiduplex, duplex etc.);
- terenul;
- locul de dispunere;
- distanța (atenție la distanța dintre emițător și receptorul cu obstacol, raportul de 1/3);
- timpul (zi/noapte; anotimp; intemperii etc.).

Respectarea măsurilor tehnice, organizatorice și de exploatare este condiția de bază pentru protecția comunicațiilor, mijloacelor radio împotriva perturbațiilor electromagnetice.

La analiza incompatibilității electromagnetice trebuie să se țină seama de următorii factori: frecvență, dispunere spațială și timp.

Managementul transferurilor de frecvențe

Transferul intracelular sau intercelular este un fenomen specific sistemelor de comunicații celulare. Transferul se realizează atunci când calitatea comunicației scade sub o limită acceptabilă, când utilizatorul depășește limitele celulei sau când se realizează o redistribuire a frecvențelor (canalelor) în sistem pentru a servi unui nou apel. În oricare dintre situații, transferul cuprinde două faze distincte: una de ***inițiere*** – când se constată îndeplinirea uneia din condițiile menționate, și o alta de ***execuție efectivă*** – când comunicația este transferată pe noua frecvență (canal). Criteriul pentru aprecierea calității comunicației este cel al raportului ***CI*** (semnal util/interferență) care este mult mai relevant decât cel al semnalului util.

O dată inițiată procedura de transfer trebuie executată, ceea ce înseamnă că trebuie găsită o nouă frecvență (canal) pentru comunicația de

transferat. Dacă transferul nu se poate executa din lipsă de frecvențe disponibile, comunicația se întrerupe deoarece nivelul raportului C/I scade sub pragul impus. Aceasta deranjează utilizatorul, de aceea sistemul trebuie să acorde prioritate transferurilor în raport cu apelurile de noi comunicații.

Există trei modalități de implementare a acestei priorități:

– **rezervare de canale:** în fiecare celulă, un număr de frecvențe (canale) sunt rezervate exclusiv pentru transferuri și nu pot fi ocupate pentru servirea unor apeluri noi;

– **încercări repetate de execuție:** în caz de eșec, execuția transferului se încearcă succesiv de mai multe ori. Aceasta se bazează pe faptul că între momentul inițierii transferului și până când nivelul raportului C/I scade sub valoarea de prag există un interval de timp în care o frecvență (canal) poate deveni liberă și poate prelua comunicația de transferat;

– **memorarea transferurilor eșuate:** pe baza observației anterioare se memorează toate transferurile nereușite și la eliberarea unei frecvențe (canal) este efectuat unul dintre acestea în ordinea memorării și cea a calității comunicației.

În funcție de unitatea care controlează transferul există patru categorii de transferuri (controlat de MSC , asistat de unitatea mobilă, controlat de unitatea mobilă, transfer lin).

Transferul lin este categoria cea mai complexă, utilizatorul având posibilitatea să comunice simultan cu două BS până când calitatea comunicației pe noua frecvență (canal) devine acceptabilă și se poate renunța la vechea frecvență (canal) de comunicație.

Bibliografie

1. Angheloiu, I., Gyorfı, E., Patriciu, V., *Securitatea și protecția informației în sistemele electronice de calcul*, București, Editura Militară, 1986.
2. Mihalcea, Al., Ștefănescu, Al., Tabarcea, P., *Sisteme moderne de comunicații*, București, Editura Militară, 1992.
3. Sofron, E., Bogdan, I., Pohoată, P., *Radiocomunicații speciale*, București, Editura Militară, 1998.