

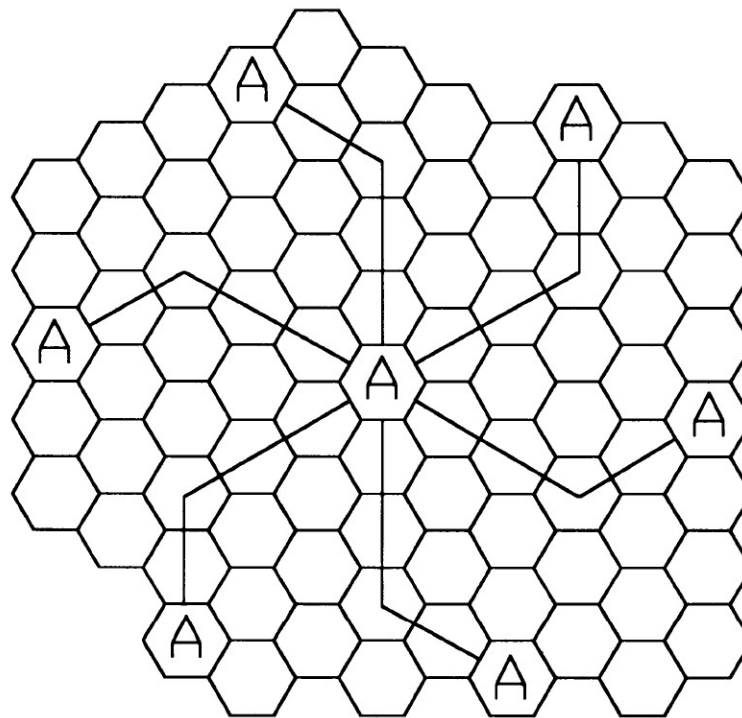
Frequency Reuse

Može se dokazati da za šestouganu strukturu važi:

$$N = i^2 + ij + j^2$$

gde su i, j proizvoljni nenegativni celi brojevi (0, 1, 2, 3 ...)

Da bi se došlo do najbliže ćelije koja sadrži isti set kanala potrebno je: kretati se i ćelija u nekom pravcu pa skrenuti 60 stepeni u smeru suprotnom od kazaljke na satu. Na slici je prikazan primer za $i=3, j=2, N=19$.



Interferencija i kapacitet sistema

Smetnje na istom kanalu i kapacitet sistema

Frequency reuse podrazumeva da u određenom području postoji nekoliko ćelija koje koriste isti skup frekvencija. Ove ćelije se nazivaju ćelijama na istom kanalu, a interferencija signala između ovih ćelija naziva se smetnja (interferencija) na istom kanalu.

Da bi se smanjile smetnje na istom kanalu, ćelije na istom kanalu moraju biti fizički odvojene toliko da je jačina signala usled interferencije ispod određene granice.

Kada je veličina svake ćelije približno ista i bazne stanice emituju istu snagu, veličina smetnji na istom kanalu ne zavisi od emitovane snage i postaje funkcija poluprečnika ćelije (R) i udaljenosti između centara najbližih ćelija na istom kanalu (D).

Što je odnos D/R veći udaljenost između ćelija na istom kanalu je veća te je uticaj smetnji zbog interferencije manji.

Ovaj odnos predstavlja parametar Q , nazvan co-channel reuse ratio (koeficijent ponovne upotrebe frekvencije na istom kanalu), i povezan je sa veličinom klastera. Za šestougao geometriju on iznosi:

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

Mala vrednost Q znači da je veličina klastera N mala – ovo omogućava ukupni veći kapacitet, budući da je potreban veći broj ćelija da se pokrije ista oblast. Velika vrednost Q znači veće rastojanje između ćelija - bolji kvalitet prenosa zbog manjeg nivoa smetnji na istom kanalu. Pri projektovanju ćelijske mreže potrebno je postići odgovarajući kompromis između ova dva cilja.

Smetnje na istom kanalu i kapacitet sistema

Neka je i_0 broj ćelija na istom kanalu koje prave smetnje. Tada se odnos signal/smetnja (S/I ili SIR) za mobilni prijemnik može izraziti kao:

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{i=1}^{i_0} I_i}$$

Gde je S željena snaga signala od željene bazne stanice, a I_i je snaga smetnje uzrokovana od strane i -te ometajuće ćelije na istom kanalu.

Uzimajući u obzir jednačinu propagacije EM talasa, kao i pretpostavku da je emitovana snaga baznih stanica ista dolazi se do jednačine:

$$\frac{S}{I} = \frac{R^{-n}}{\sum_{i=1}^{i_0} (D_i)^{-n}}$$

Pri čemu je i_0 broj ćelija na istom kanalu, dok je n "path loss exponent" – tj eksponent gubitaka pri prostiranju i obično se kreće između 2 i 4.

Smetnje na istom kanalu i kapacitet sistema

U ćelijskom sistemu u obliku šestougona, uvek postoji šest ćelija na istom kanalu u prvom sloju (tj. $i_0 = 6$).

Većina interferencija na istom kanalu potiče iz prvog sloja.

Interferencija od drugih i viših slojeva čini manje od 1% ukupnih smetnji (zanemarljivo).

Kada se razmatra samo prvi sloj ćelija na istom kanalu, ako su sve bazne stanice podjednako udaljene od željene bazne stanice i ako je ta udaljenost jednaka udaljenosti D između centara ćelija, tada se jednačina pojednostavljuje na:

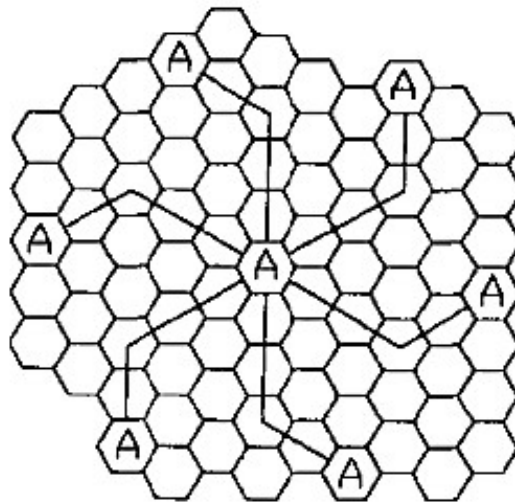
$$\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^n}{i_0} = \frac{(\sqrt{3}N)^n}{i_0}$$

Pri čemu je i_0 broj ćelija na istom kanalu, dok je n "path loss exponent" – tj eksponent gubitaka pri prostiranju i obično se kreće između 2 i 4.

Ova jednačina povezuje S/I sa veličinom klastera N , koja zauzvrat određuje ukupni kapacitet sistema na osnovu jednačine $C = MkN$ (k – br. Kanala, M – broj multiplikacija klastera).

Primer 1

Za celularni sistem sa ukupno 396 dodeljenih govornih kanala izračunati srednji odnos S/I i br. kanala za faktor ponovne upotrebe ćelija N jednak 4, 7 i 12. Tabelarno prikazati N , br kanal po ceji i S/I . Ustanoviti da li sa povećanjem N dolazi do rasta ili pada odnosa signal/smetnja. Kakva je situacija sa brojem kanala po celiji i odnosom signal/sum? Pretpostaviti da su antene omnidirekcione i da je broj interferencija na istom kanalu u prvom sloju jednak šest. Za modelovanje gubitaka pri prostiranju uzeti koeficijent $n=4$.



Primer 1

Koristiti sledeci odnos:

$$\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^n}{i_0} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{i_0}$$

Resenje

za $N = 4$, broj kanala po celiji je $= K/N = 396/4 = 99$.

$$\frac{S}{I} = 24 \text{ (13.8 dB)}$$

Primer 1

za $N = 7$, broj kanala po celiji je $= K/N = 396/7 = 56$.
 $S/I = 73.5 \rightarrow 18.7 \text{ dB}$

za $N = 12$, broj kanala po celiji je $= K/N = 396/12 = 33$.
 $S/I = 216 \rightarrow 23.3 \text{ dB}$

N	Br kanala po celiji	Sr. S/I (dB)
4	99	13.8
7	56	18.7
12	33	23.3

Iz rezultata je evidentno da povećanjem faktora ponovne upotrebe frekvencije sa $N = 4$ na $N = 12$, srednji odnos S/I je poboljšan sa 13,8 na 23,3 dB.

Smetnje na istom kanalu i kapacitet sistema

Primer 3

Ako je za zadovoljavajuće performanse downlink kanala ćelijskog sistema potreban odnos signala i smetnji od 15 dB, koji koeficijent ponovne upotrebe frekvencija (Q) i veličinu klastera N treba koristiti za maksimalni kapacitet ako je eksponent gubitaka pri prostiranju (a) $n = 4$, (b) $n = 3$?

Pretpostavite da ima šest ćelija na istom kanalu u prvom sloju, i sve su na istoj udaljenosti od mobilnog uređaja. Koristite odgovarajuće aproksimacije.

Rešenje

(a) $n = 4$

Prvo, razmotrimo šemu ponovne upotrebe sa sedam ćelija, tj. $N = 7$.

Koristeći

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

koeficijent ponovne upotrebe frekvencija na istom kanalu $Q = D/R = 4.583$.

Koristeći jednačinu

$$\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^n}{i_0} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{i_0}$$

odnos signal/smetnje je

$$S/I = (1/6) \times (4.583)^4 = 75.3 \Rightarrow 18.66 \text{ dB}$$

Pošto je ovaj broj veći od minimalno potrebnog S/I , može se koristiti $N = 7$.

Smetnje na istom kanalu i kapacitet sistema

(b) $n = 3$

Prvo, razmotrimo šemu ponovne upotrebe sa sedam ćelija, tj. $N = 7$.

Koristeći

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

koeficijent ponovne upotrebe frekvencija na istom kanalu $Q = D/R = 4.583$.

Koristeći jednačinu $\frac{S}{I} = \frac{(D/R)^n}{i_0} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{i_0}$

odnos signal/smetnje je

$$S/I = (1/6) \times (4.583)^3 = 16.04 \Rightarrow 12.05 \text{ dB}$$

Pošto je ovaj broj manji od minimalno potrebnog S/I , moramo koristiti veći N .

Sledeća moguća vrednost N je 12, ($i = j = 2$).

Odgovarajući koeficijent ponovne upotrebe frekvencija na istom kanalu je $D/R = 6.0$

Odnos signala prema smetnjama je:

$$S/I = (1/6) \times (6)^3 = 36 = 15.56 \text{ dB}$$

Pošto je ovaj broj veći od minimalno potrebnog S/I , koristićemo $N = 12$.