

dove P_r è la potenza del segnale ricevuto e P_i la potenza associata all'interferenza, mentre $N_0 B$ è la potenza del rumore Gaussiano additivo.

In genere (e qui useremo questa tecnica), la probabilità di errore si calcola utilizzando il SINR in luogo del SNR, assumendo che il rumore e l'interferenza abbiano una statistica Gaussiana.

Se il SINR si riduce, la probabilità di errore aumenta. L'interferenza può essere diminuita aumentando la distanza tra le celle cocanale, ma questo diminuisce la capacità del sistema. Quindi, un sistema cellulare ottimo utilizza una separazione tra celle cocanale tale da mantenere l'interferenza intercella appena al di sotto del massimo tollerabile per una data probabilità di errore e una data velocità di trasmissione. Un sistema cellulare ben progettato è limitato dall'interferenza, nel senso che la potenza di questa è preponderante rispetto a quella del rumore Gaussiano, cosicché il SINR si riduce al rapporto segnale interferente (SIR):

$$SIR = \frac{P_r}{P_i}$$

Un importante parametro per il progetto di un sistema cellulare è la **distanza di riuso D** tra celle cocanale, definita come la distanza tra i centri delle celle che usano gli stessi canali. È funzione delle dimensioni della cella e del numero di celle intermedie tra le due celle cocanale. Dato un SIR richiesto dalla qualità di servizio del sistema, possiamo determinare la distanza di riuso corrispondente che consente di raggiungere l'obiettivo in termini di prestazioni.

In Fig. 2 è visualizzato un esempio di distanza di riuso nel caso di celle esagonali e quadrate.

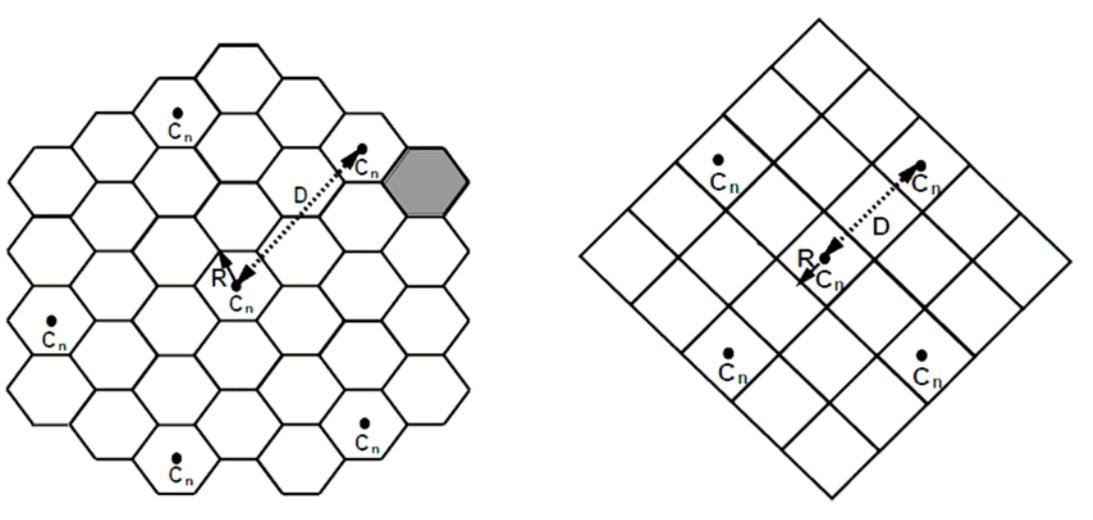


Fig. 2 . Distanza di riuso per celle esagonali e quadrate

Determinata una minima distanza di riuso accettabile D_{min} , per mantenerla in tutto il territorio coperto dal sistema occorre ripetere spazialmente i **cluster di celle** in modo da riutilizzare i canali con la maggior frequenza possibile. Occorre cioè **tassellare il territorio** con i cluster di celle. Nel caso di celle quadrate, l'operazione è mostrata in Fig. 3.

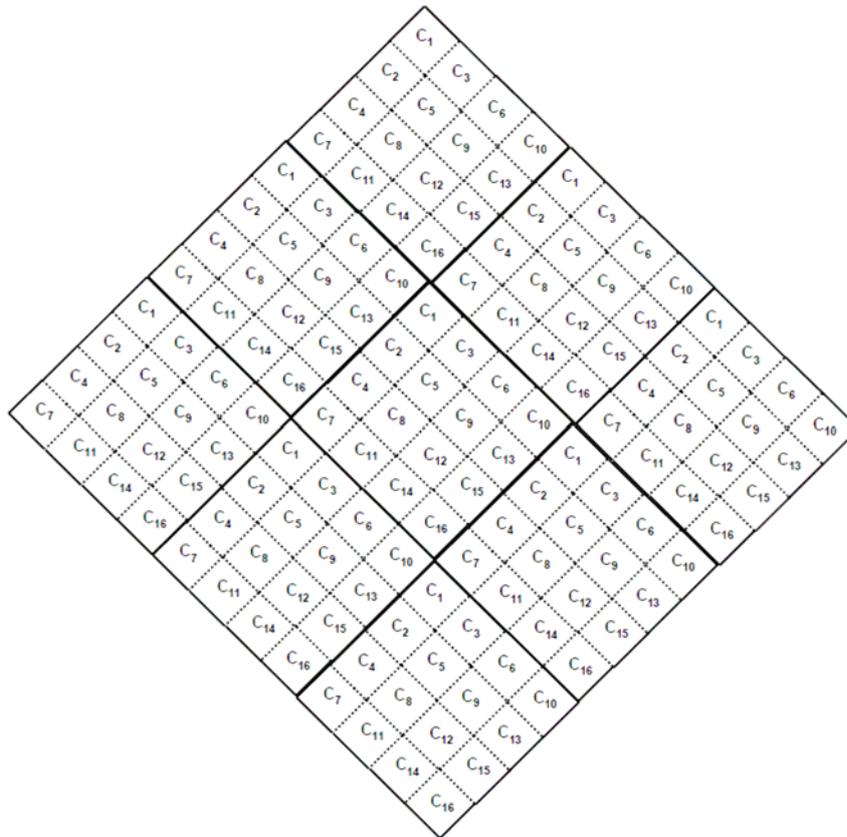


Fig. 3 . Tassellatura con celle quadrate

Il cluster di celle forma un altro quadrato, con un lato pari a $K=4$ celle nella figura. In questo modo, la distanza di riuso minima è pari a $D_{\min} = 2KR$, essendo R il raggio della cella. Il numero di celle nel cluster costituisce il **fattore di riuso**, e in questo caso è pari $N=K^2$.

Nel caso di celle esagonali, la tassellatura è mostrata in Fig. 4. Si ottiene nel modo seguente. Una volta assegnato il primo insieme di canali C_1 a una cella arbitraria, ci spostiamo di i celle lungo una catena di esagoni in ogni direzione, ruotiamo in senso antiorario di 60 gradi e ci spostiamo di j celle lungo la catena di esagoni nella nuova direzione. L'insieme di canali C_1 è poi assegnato alla cella j -esima. La procedura è mostrata in Fig. 4 nel caso di $i=3$ e $j=2$.

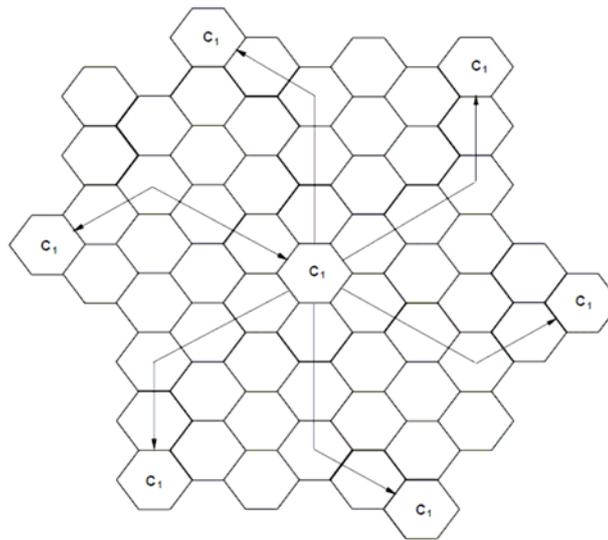


Fig. 4 . Tassellatura con celle esagonali

Si ottiene così il risultato mostrato in Fig. 5.

Domanda 1. a) Si calcoli la distanza di riuso in funzione del raggio della cella R per i due casi di Fig. 2.
 b) Si calcoli il fattore di riuso nel caso di tassellatura esagonale in funzione del raggio della cella R , e dei parametri i e j .

Domanda 2. Assumendo:

a) un modello semplificato di attenuazione di canale in tutte le celle, caratterizzato dalla formula:

$$P_r = P_t k d^{-\gamma}$$

dove k è una costante pari all'attenuazione alla distanza convenzionale $d=d_0=1$ m e γ è l'esponente di attenuazione (pari a 2 nello spazio libero), e

- b) che l'influenza delle celle interferenti sia limitata alla prima fascia di celle cocanale
- c) che l'utente interferito si trovi sul bordo cella ($d=R$) che tutti gli interferenti si trovino alla distanza di riuso
- d) che tutti trasmettitori delle stazioni radio base usino la stessa potenza P_t ,

si calcoli il rapporto segnale-interferente SIR nel caso di canalizzazione ortogonale e di celle esagonali e quadrate in funzione del fattore di riuso N .

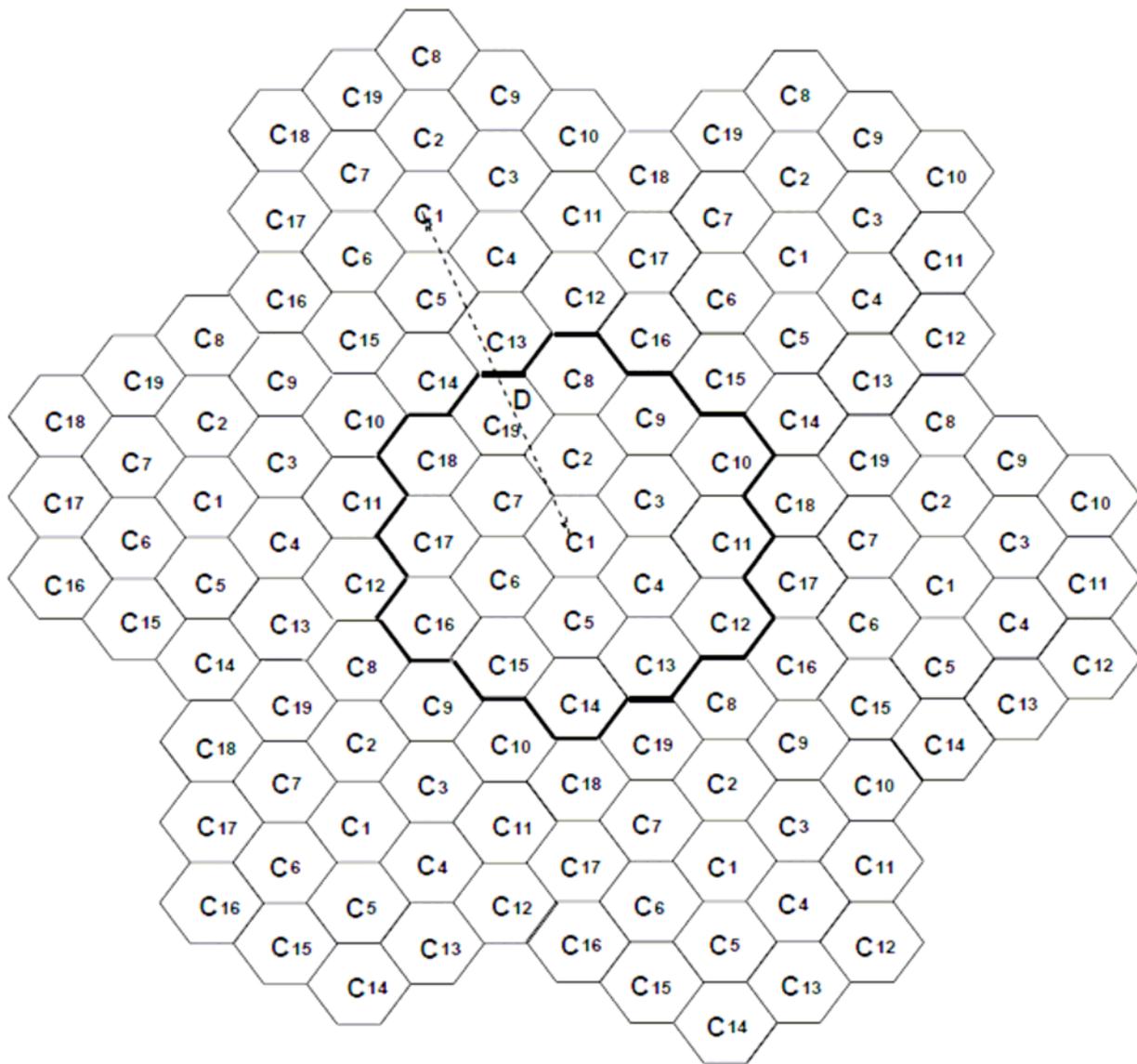


Fig. 5. Cluster di celle con celle esagonali

Si definisca ora la **capacità C_u** come il numero totale di utenti attivi per cella che il sistema può servire mantenendo la qualità di servizio richiesta (probabilità di errore) per tutti gli utenti.

Domanda 3. Con le posizioni di interferito e interferenti della domanda 2, si confrontino le minime distanze di riuso e le capacità C_u di due sistemi cellulari che utilizzano celle esagonali e quadrate, e che sono caratterizzati da:

- canalizzazione ortogonale
- esponente di attenuazione di canale $\gamma = 2$
- modulazione BPSK
- sistema limitato dall'interferenza
- qualità del servizio corrispondente a una probabilità di errore sul bit pari a 10^{-6}
- banda totale $B = 50$ MHz
- banda per utente di 100 KHz.

Domanda 4. Nelle condizioni delle domande 2 e 3, ma volendo ottenere una efficienza spettrale di 2.5 bit/simbolo utilizzando la modulazione 16-QAM in luogo della BPSK, si progetti un codice di canale binario con il “rate” e guadagno di codifica opportuni.