



Motivi (cont.)

- ◆ Altro motivo (paradossale):
- ◆ La grande competizione negli USA della ***telefonia fissa***, e conseguenti tariffe *molto basse* (!)
- ◆ In Europa invece (specialmente in Italia) il contrario (!), e quindi mercati alternativi (*mobile*) sono fioriti molto più velocemente

La telefonia mobile: 0G, 1G, 2G, 3G, 4G...

- ◆ Si distingue tecnicamente in varie "generazioni"
- ◆ Le prime generazioni (0G e 1G) ***analogiche***, le altre ***digitali***

Premessa: tutta la telefonia mobile...

- ◆ Si basa su un problema fondamentale:
la divisione del territorio
- ◆ In altre parole, come gestire
l'infrastruttura ***fissa*** che permette il
miracolo della connessione ***mobile***

L'appiglio fisso...

- ◆ ... è lo switching center ("centralino"),
che copre una certa zona di territorio: la
cella telefonica



0G: Analogica (1950 circa)

- ◆ Deriva dalle trasmissioni radio (che vedremo), che si sono poi evolute nei cosiddetti sistemi **PTT**
- ◆ PTT = **Push To Talk** (l'equivalente delle moderne radioline walkie-talkie o amatoriali: si preme per parlare)
- ◆ ***Un solo*** canale per ricevere e trasmettere, quindi **half-duplex** → “push” per trasmettere senza ricevere!

Corsi e ricorsi della storia

- ◆ 0G, il PTT, è stato poi reintrodotta in alcuni cellulari (es. "Moto talk")
- ◆ → essenzialmente un cellulare può anche funzionare da "walkie-talkie" ! 😊



1960s: il sistema IMTS

- ◆ **Improved Mobile Telephone System**
- ◆ Passa a due frequenze, quindi non serve il push to talk
- ◆ Aumenta il livello di privacy: finalmente *non si sentono le comunicazioni degli altri*
(pensate ad esempio alle radio dei taxi in uso ancora oggi, o ai PTT).

IMTS (cont.)

- ◆ Super-trasmettitori ad altissima potenza
- ◆ Per evitare interferenze, “celle” di ***centinaia di chilometri***
- ◆ ***23 canali*** nella banda 150-450 MHz → troppo limitativo (!!)



Però...

- ◆ Ancora in uso in certe zone remote, ad esempio in Canada (vantaggio: servono pochi ripetitori!) 😊



1G: Vent'anni dopo...1982

- ◆ I Bell Labs introducono l'**AMPS** (Advanced Mobile Phone System), anche conosciuto come **TACS** in Italia (**Total Access Communication System**)
- ◆ Differenza fondamentale rispetto all'IMTS, ora ***le celle sono molto piccole***, 10-20 Km

Vantaggi

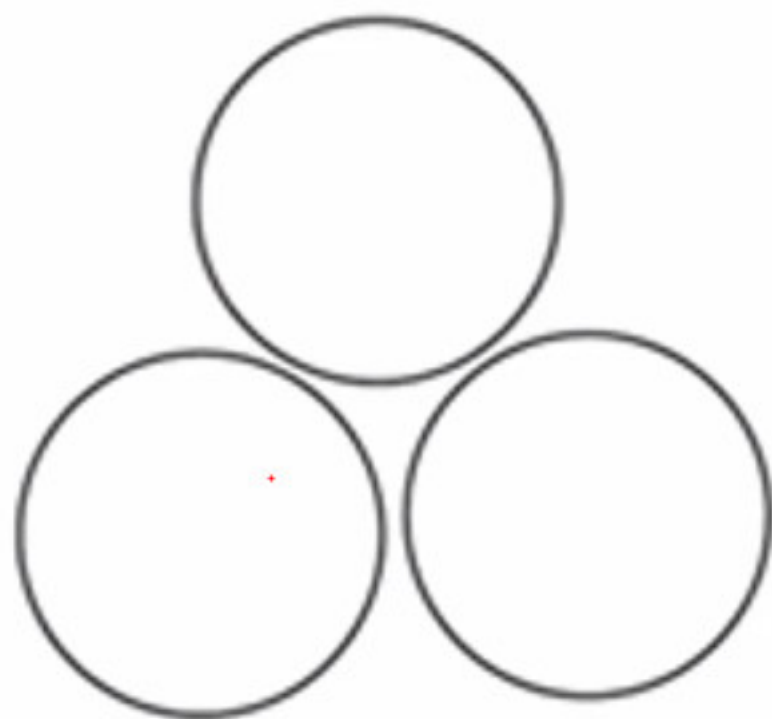
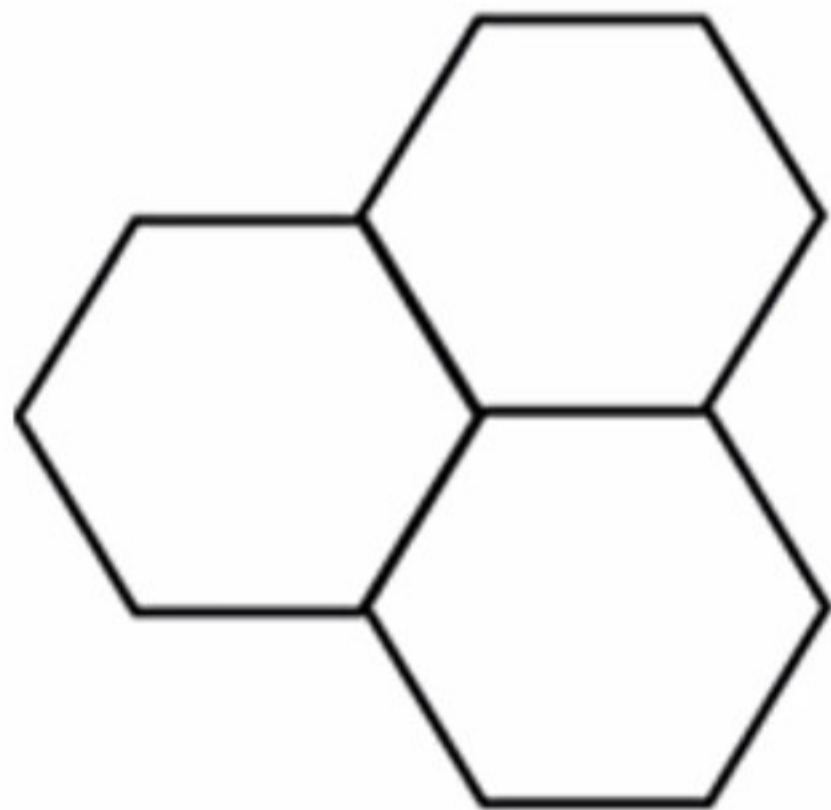
- ◆ → la **capacità** (utenti serviti) aumenta di un ordine di grandezza
- ◆ → E, **diminuisce la potenza** richiesta per la trasmissione (in ambo i versi), quindi minor costo, ed apparecchi telefonici più leggeri



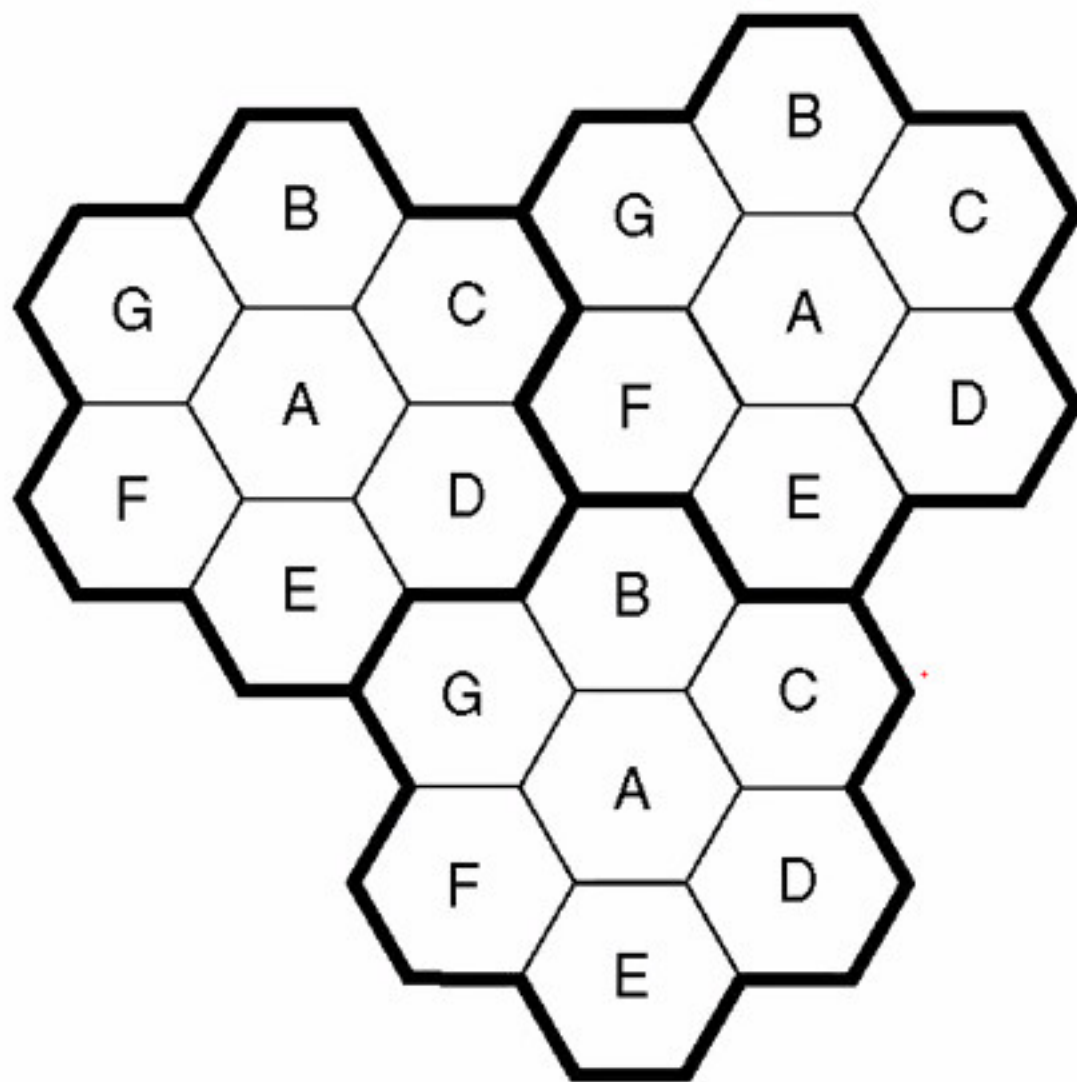
Però...

- ◆ Celle più piccole portano all'amplificazione di un problema già presente in 0G...
- ◆ L'interferenza tra celle (!)

Come gestiamo la situazione??



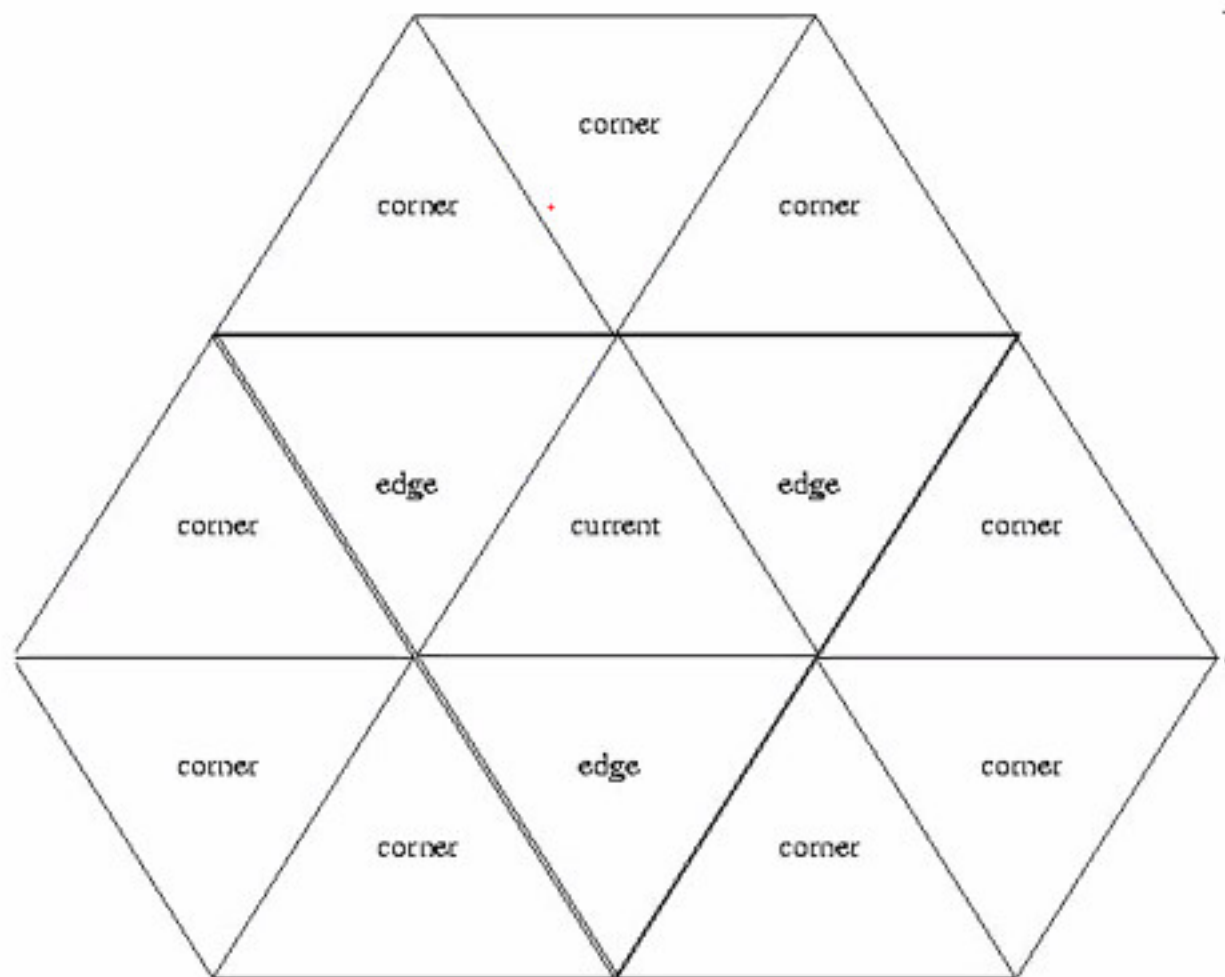
Soluzione:
separazione di frequenza (!)



Problema...

- ◆ Quante frequenze usiamo?
- ◆ In teoria, più frequenze usiamo per separare le celle, meno banda abbiamo per singola cella (!)
- ◆ Occorrerebbe trovare un numero basso di frequenze che basti a separare tutte le celle...

Beh... non è facile?



Hmm....



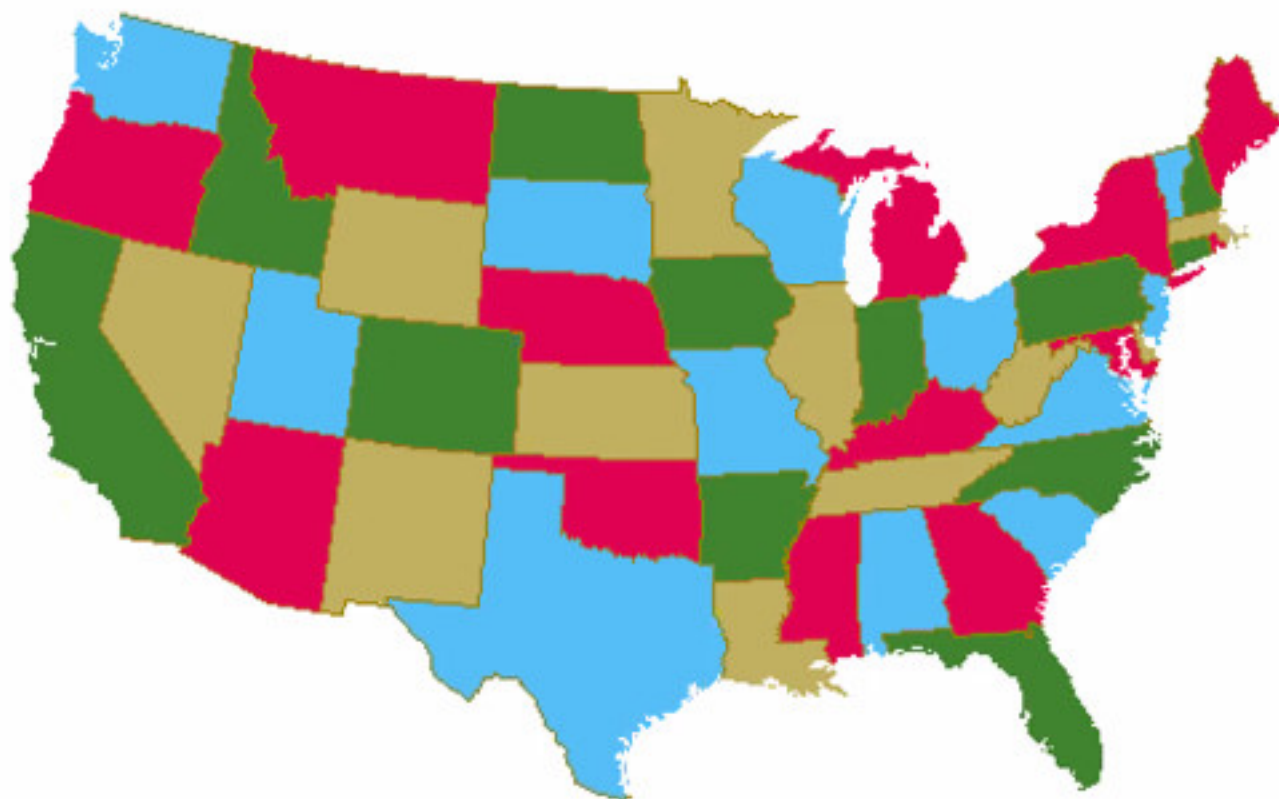
Il problema...

- ◆ (oltre ad un altro che vedremo dopo), è che nella grande maggioranza dei casi non abbiamo controllo totale sul terreno
- ◆ Pensate a città strade fiumi colline etc etc (!)
- ◆ Occorre quindi trovare il numero minimo per ogni situazione...



Questo numero...

- ◆ Deriva da un teorema famoso... e da un altro problema pratico:



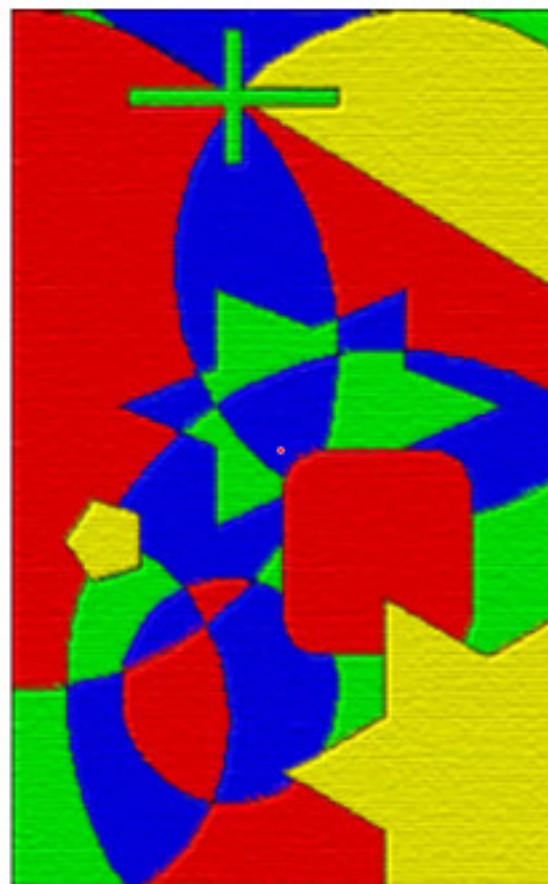
1852

◆ **Francis Guthrie,**
cercando di colorare la
mappa dell'Inghilterra,
nota che sono sufficienti
solo quattro colori, e
congettura che sia
sempre così



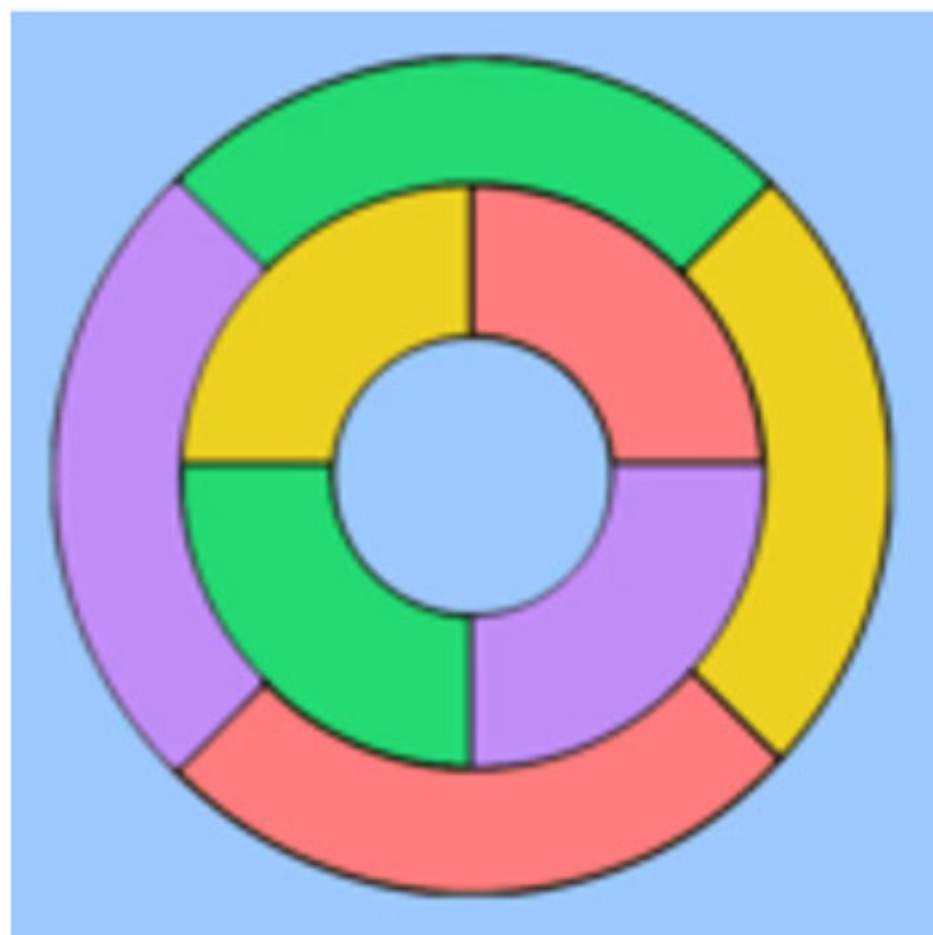
La sfida...

- ◆ Varie persone dimostrano il teorema...
- ◆ Alfred Kempe nel **1879**...
- ◆ Nel **1890** ci si accorge che la dimostrazione è sbagliata (!!)



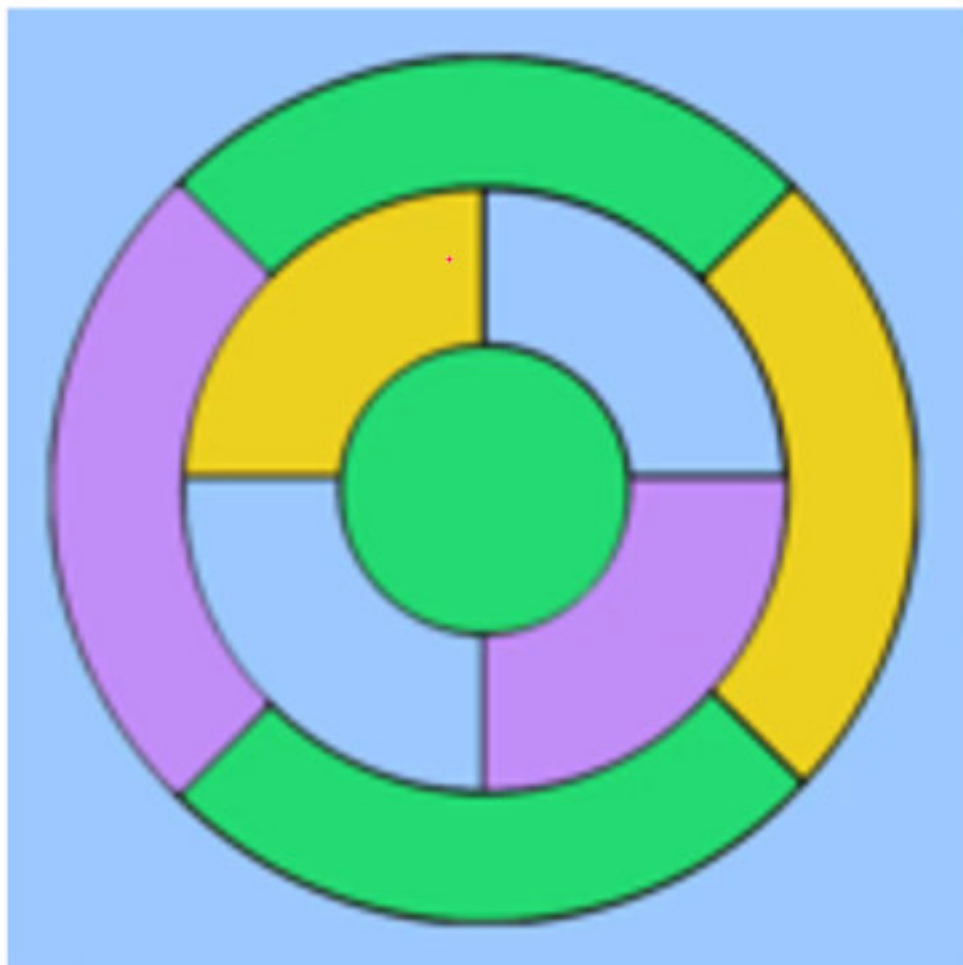
La sfida continua

◆ Alcuni provano che è falso:



Continua...

◆ Per poi essere "sdimostrati":



1976



- ◆ Il problema resta aperto per ***ventiquattro anni*** (!), finchè non viene dimostrato nel 1976:
- ◆ bastano quattro colori (***“teorema dei quattro colori”***)...
- ◆ ... con una ***famosa dimostrazione*** di Kenneth Appel e Wolfgang Haken dell'Università dell'Illinois (...)

Dimostrazioni e computers...

- ◆ **1976: 500 pagine, 1936 casi...(!)**
- ◆ Nel **2004**, prova formalizzata usando **Coq** (un ***proof assistant***), da parte di Benjamin Werner e Georges Gonthier
- ◆ (INRIA-Microsoft)



Esempio

- ◆ Supponiamo di aver buon controllo sul territorio (quindi, di poter più o meno decidere dove mettere gli switching center)

Occorre capire...

◆ Il terreno (→ la società !!)

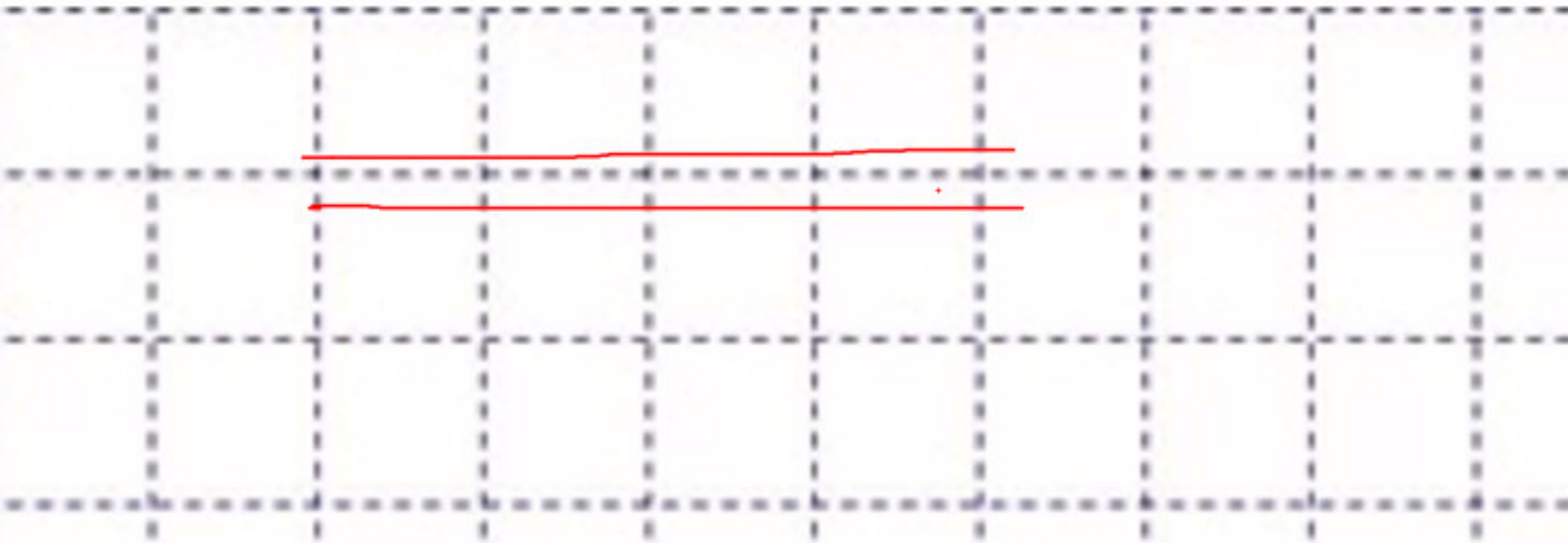


Le città hanno una struttura(!)



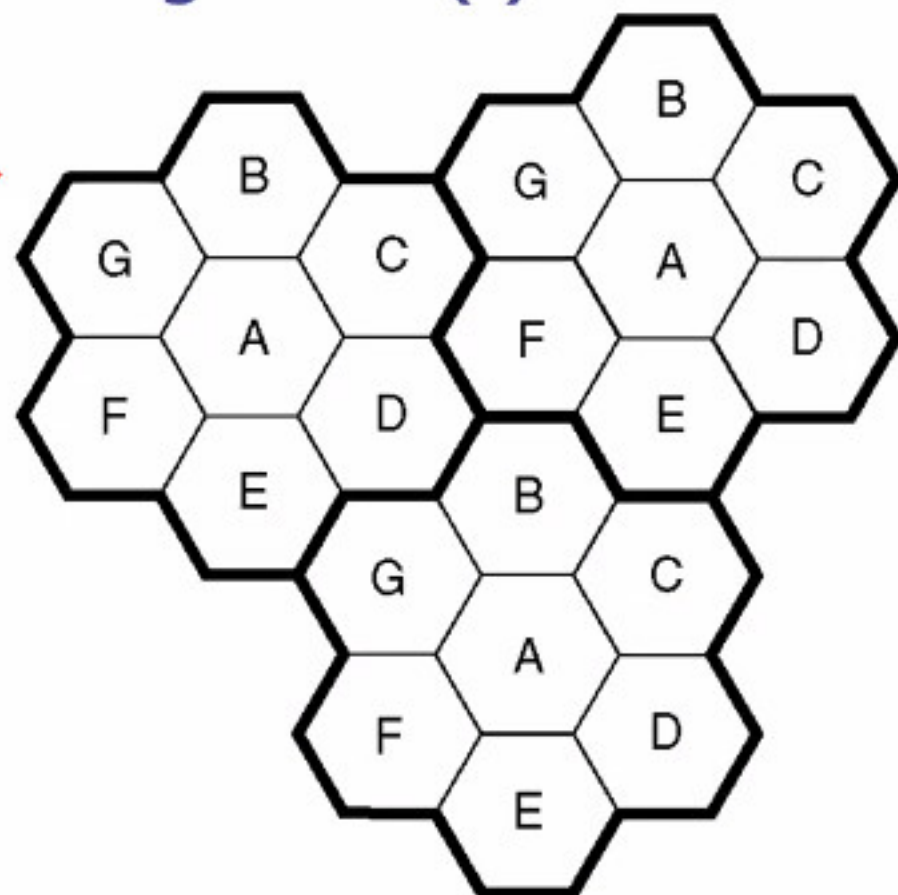
Torniamo al foglio quadrettato...

◆ Come interagirebbe con le strade?

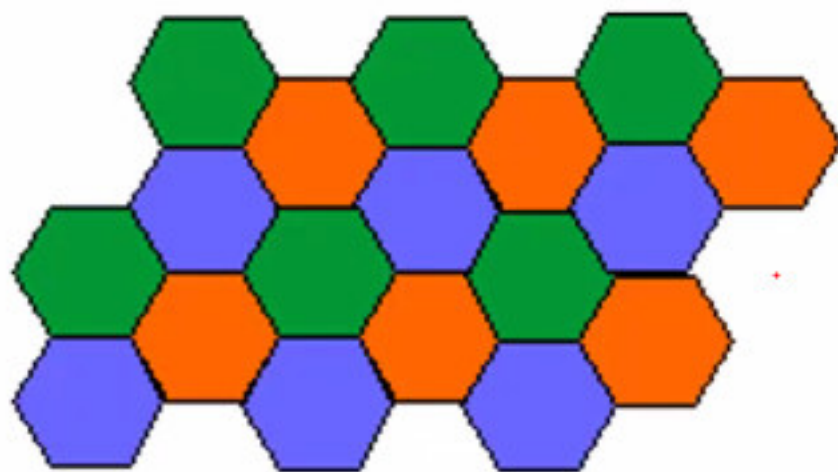


Quindi, usando nella pratica...

- ◆ In città, si sfasano le celle cercando di usare una matrice esagonale (!)

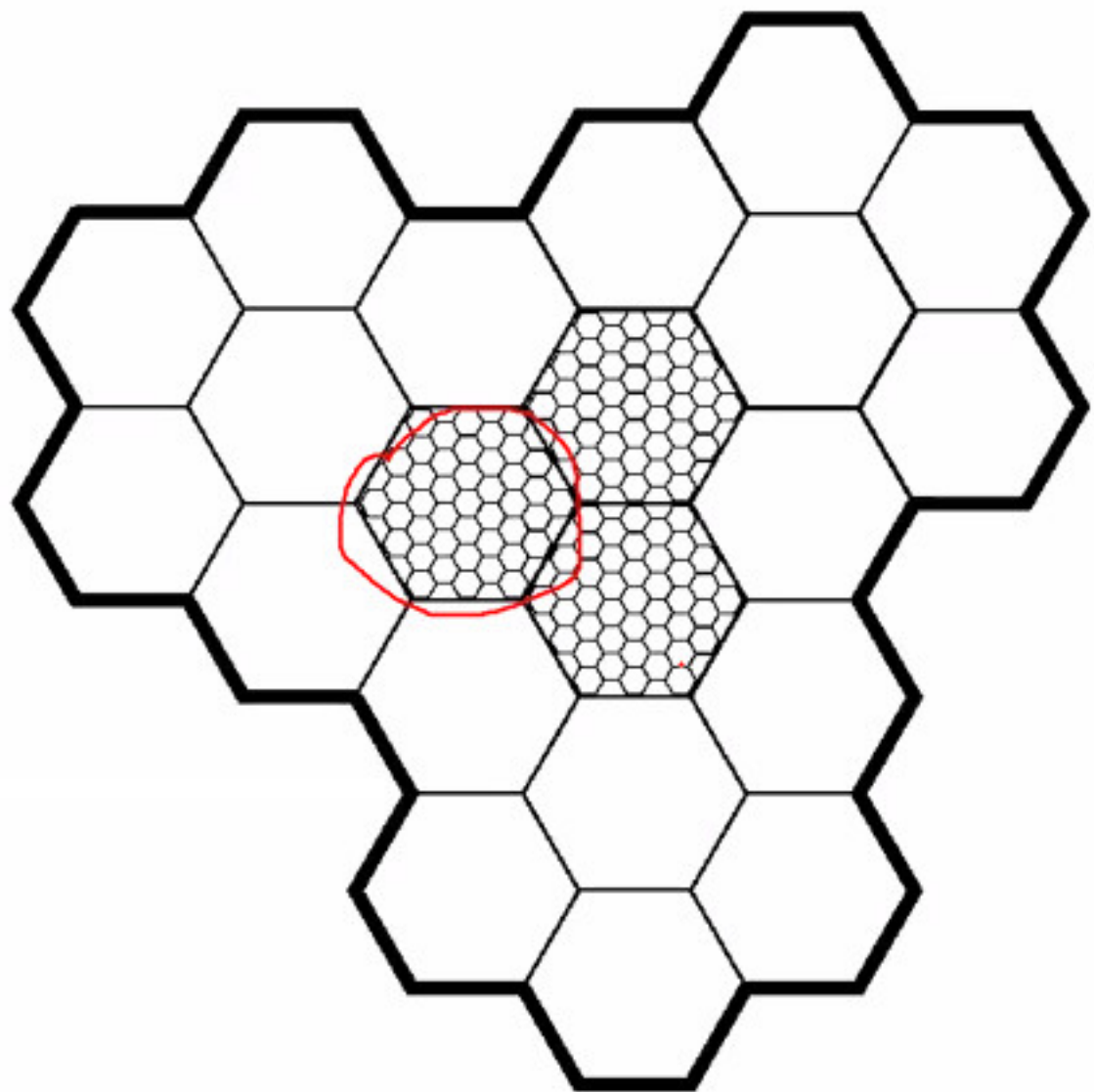


E quindi... quanti colori?



Ma quando il sistema in certe zone va in overload...

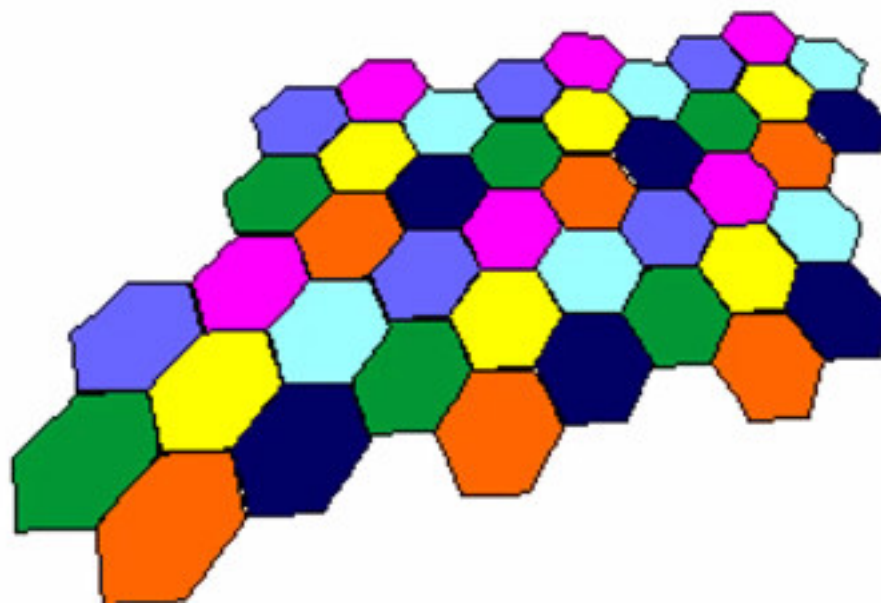
- ◆ Si cambia la struttura a celle creando **microcelle**



Morale



- ◆ Il numero di “colori” dipende a seconda delle zone, della densità d’uso, e delle necessità di espansione
- ◆ Tipicamente si usano **3** o **7** colori, ma il numero può variare



Ogni cella...

- ◆ Ha quindi al centro la stazione base (lo ***switching center***)
- ◆ Un cellulare è sempre ***connesso*** ad una sola cella, finchè non si sposta
- ◆ E quindi in qualche modo deve passare il segnale ad un'altra cella
- ◆ Quello che si chiama ***handoff***



L'handoff classico (1G)



- ◆ Quando il segnale è troppo debole, lo switching office chiede alle celle vicino ***quanta potenza*** ricevono dal cellulare
- ◆ Alla cella con ***potenza più alta*** viene ***assegnato*** il cellulare



L'handoff...

- ◆ Nell'***hard handoff*** la vecchia stazione "molla" il cellulare, e poi la nuova lo riaggancia
- ◆ → c'è del ***lag***, e in qualche raro caso (sfiga) la linea cade
- ◆ richiede in media circa ***300msec*** (***0.3s!***), che sono tanti se c'è una chiamata in corso

L'handoff "soft"



- ◆ L'handoff può anche essere **soft**: la nuova cella acquisisce il cellulare prima che la vecchia lo lasci
- ◆ Il problema è che il cellulare deve sapersi collegare a **due frequenze** (due celle) **contemporaneamente**, cosa che aumenterebbe i costi e la potenza