

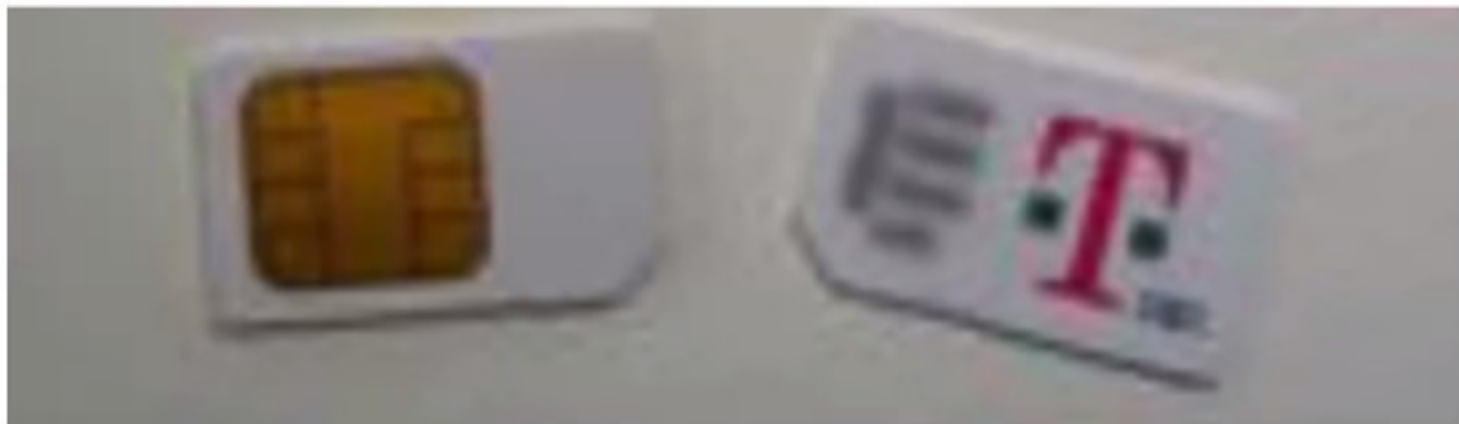
Struttura a cella GSM

- ◆ Quattro tipi di celle: *macro*, *micro*, *pico* e *umbrella*
- ◆ Macro: le più grandi, sopraelevate rispetto agli edifici (raggio massimo: **35 km**)
- ◆ Micro: cella più piccola, altezza fino al tetto di un edificio
- ◆ Pico: molto piccole, usate per aree molto dense anche *indoor*
- ◆ Umbrella: piccola estensione, usate per coprire i "buchi" tra le celle principali



Altre caratteristiche del GSM

- ◆ L'uso della **SIM** "**Subscriber Identity Module**"
- ◆ Varie taglie, da **4Kb** fino a **>512Kb**
- ◆ Contiene varie informazioni, ma le due più importanti sono la **IMSI** e la **Ki**



IMSI e Ki

◆ IMSI:

International Mobile Subscriber Identity, è l'identificativo della SIM

◆ Ki:

è la ***chiave di autenticazione***
(→ GSM supporta
***autenticazione crittografica
a chiave condivisa***)



Collegamento crypto GSM

- ◆ Il cellulare manda l'IMSI della SIM all'operatore
- ◆ L'operatore genera un numero casuale e lo manda al cellulare
- ◆ Il cellulare **firma** il numero con la Ki e lo manda all'operatore
- ◆ L'operatore ha nel suo db l'IMSI e la Ki associata: **firma** anche lui il numero casuale con la Ki, e **controlla** che il numero sia lo stesso di quello inviatogli dal cellulare



CDMA

◆ Passiamo ora al terzo standard 2G:

CDMA

◆ Mentre D-AMPS e GSM sono abbastanza *simili* (come core, FDM e TDM), il CDMA invece funziona in modo diverso:

◆ **Non usa né FDM né TDM (!!!)**

CDMA

- ◆ Usa una tecnologia molto importante, che è usata anche da altri sistemi (ad esempio per reti ***Internet Wireless***)

Come funziona il CDMA?

Party Internazionale



Pensate ad un Party...

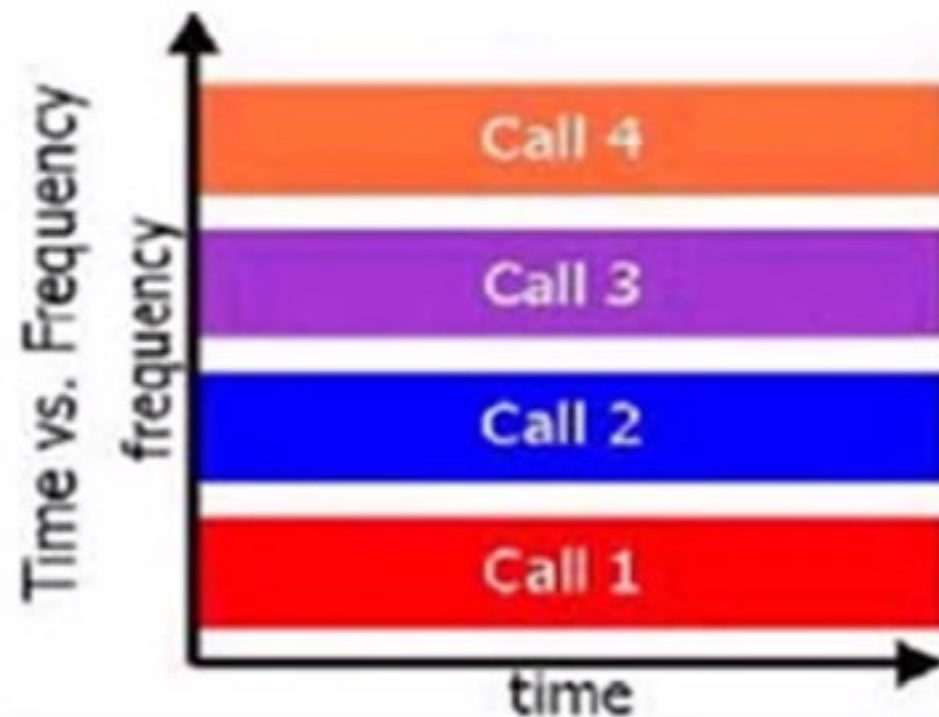
- ◆ Tante persone che parlano... c'è il problema di capirsi.



Come funziona il Party?



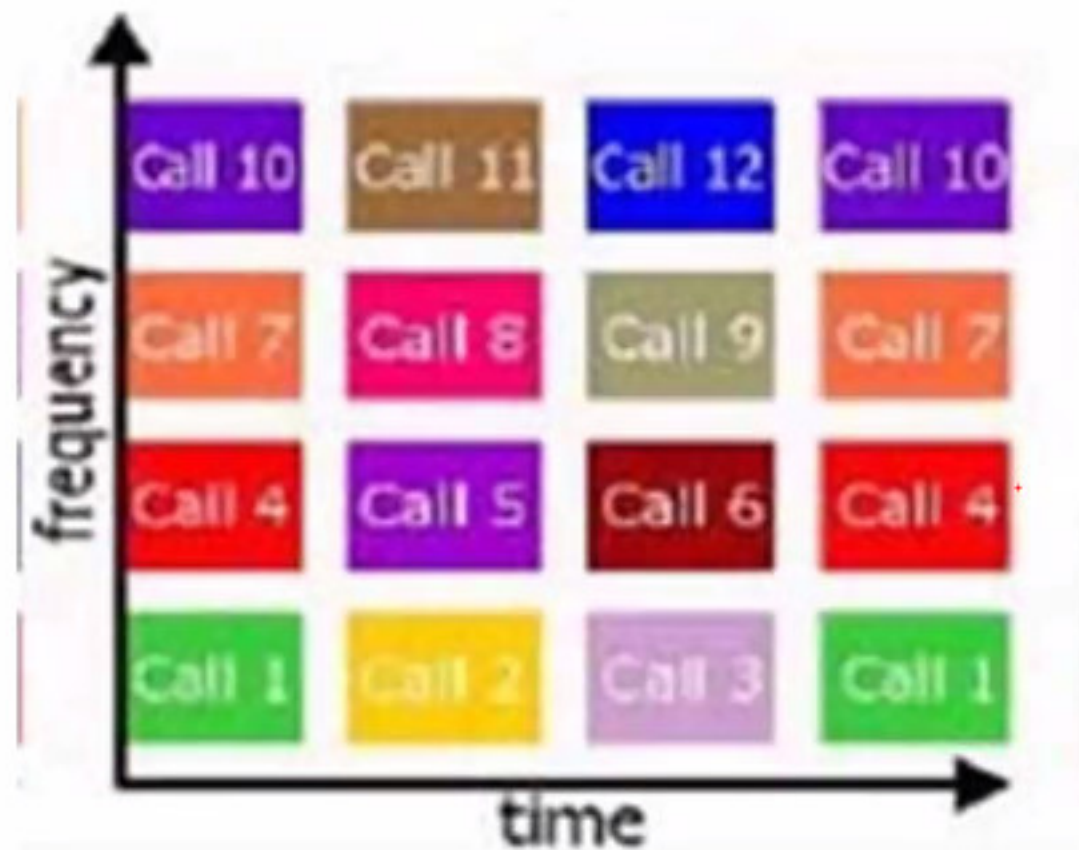
- ◆ Tante persone in una stanza, tutti parlano
- ◆ **FDM**: ogni coppia parla su “toni” diversi



Il Party:



- ◆ Con **TDM**: quando uno parla, tutti gli altri stanno zitti, e si fa a turni



CDMA?

- ◆ Sta per
Code Division Multiple Access

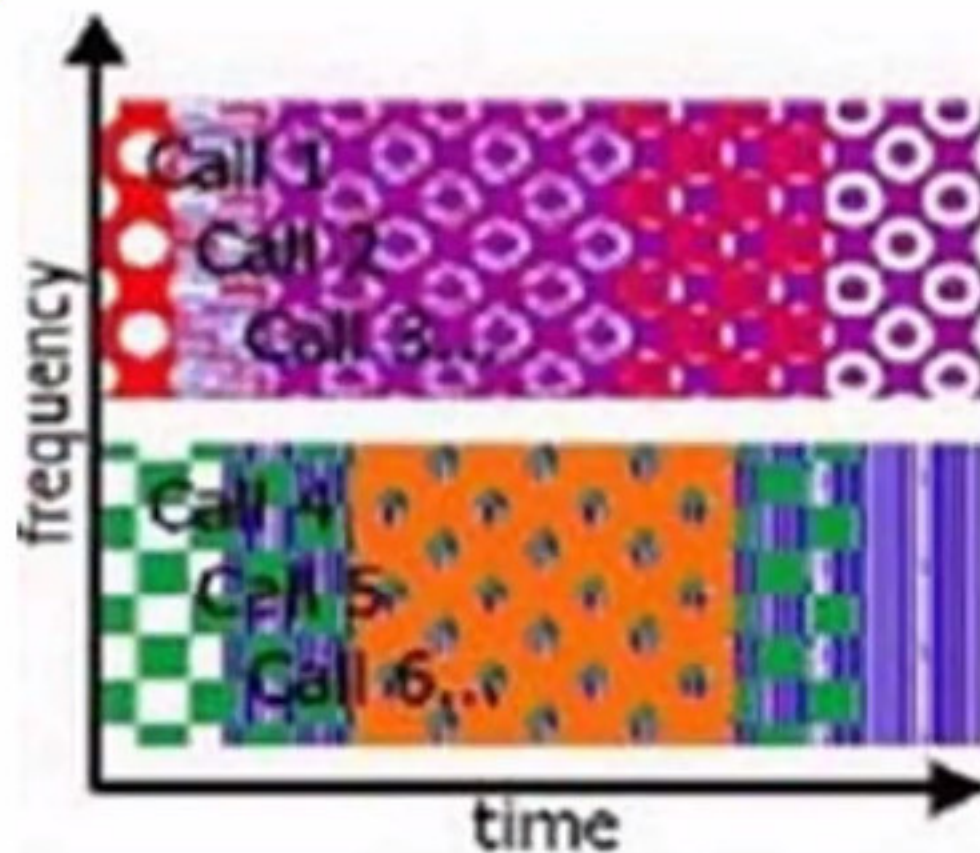
CDMA: C sta per "Casino"!



Il Party CDMA:

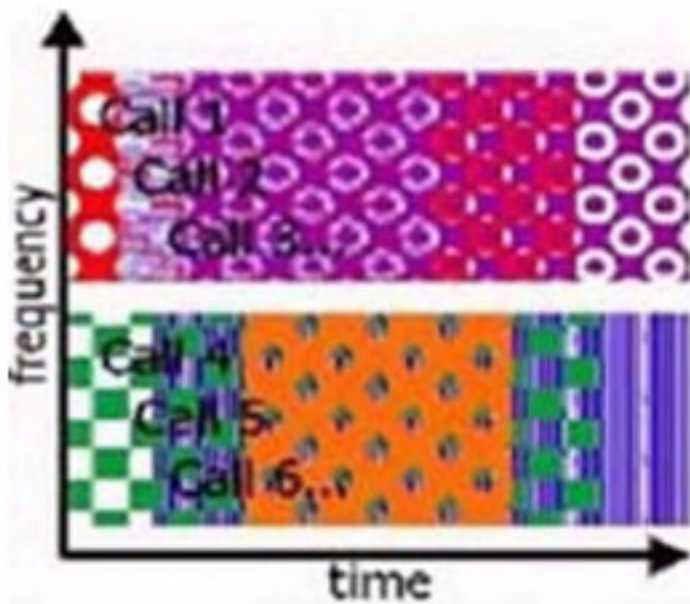


- ◆ **CDMA**: ognuno parla *contemporaneamente* (!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!)



E quindi...?

◆ *Si usano lingue diverse*
("international party")



Come funziona?

- ◆ Tutto sta in come si modella il concetto di "*lingua diversa*"



Come funziona?

- ◆ Tutto sta in come si modella il concetto di "*lingua diversa*"
- ◆ Una lingua è composta da un certo numero di *parole* (oggetti)



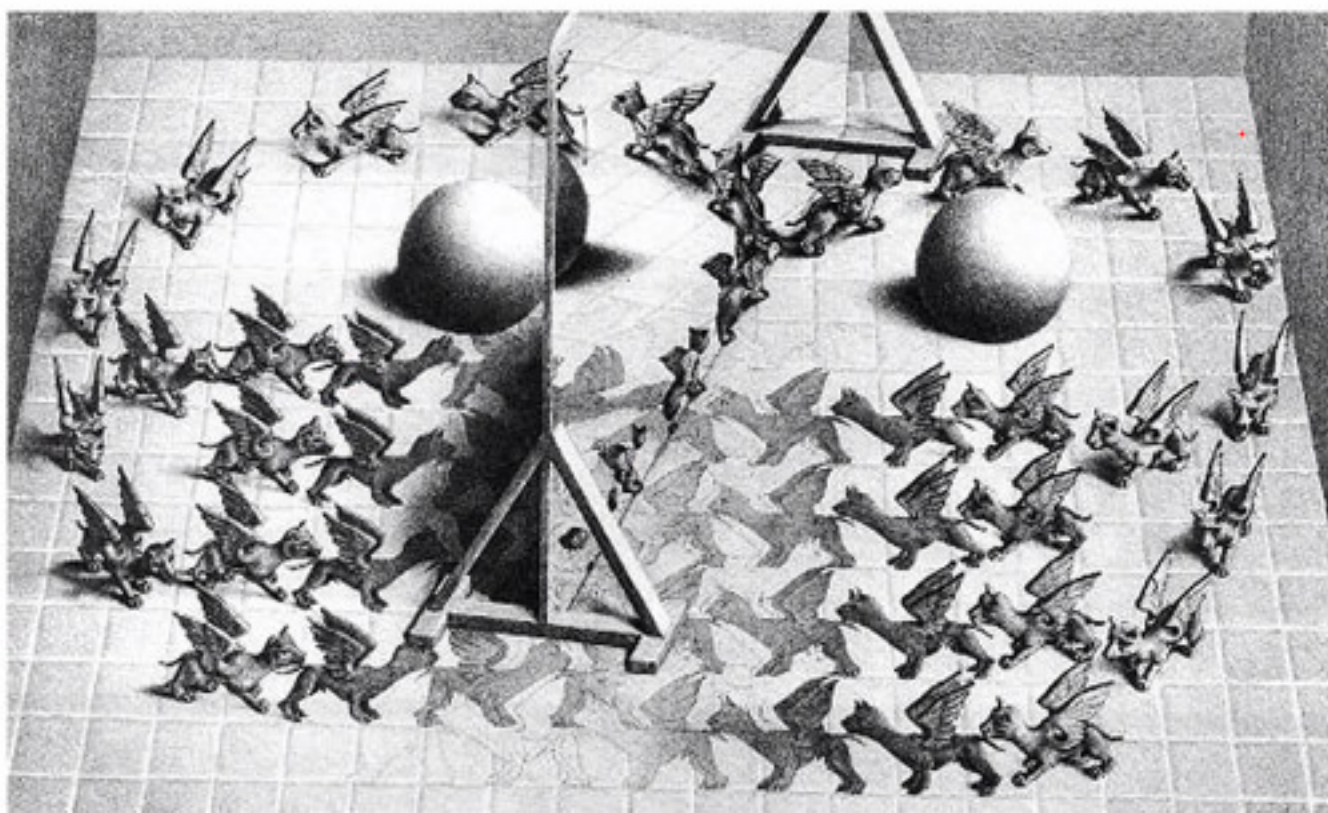
Come funziona?

- ◆ Tutto sta in come si modella il concetto di "*lingua diversa*"
- ◆ Una lingua è composta da un certo numero di *parole* (oggetti)
- ◆ Quello che ci serve è un *modo* per stabilire se *due parole stanno o meno nella stessa lingua*

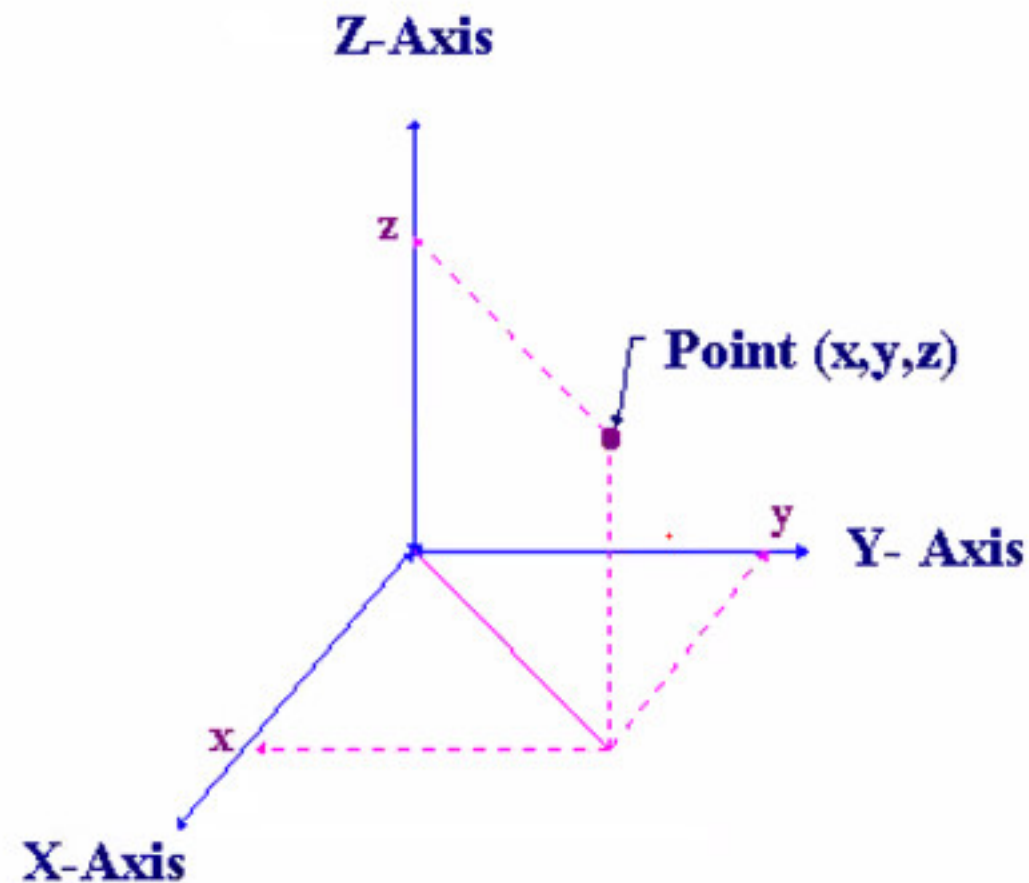
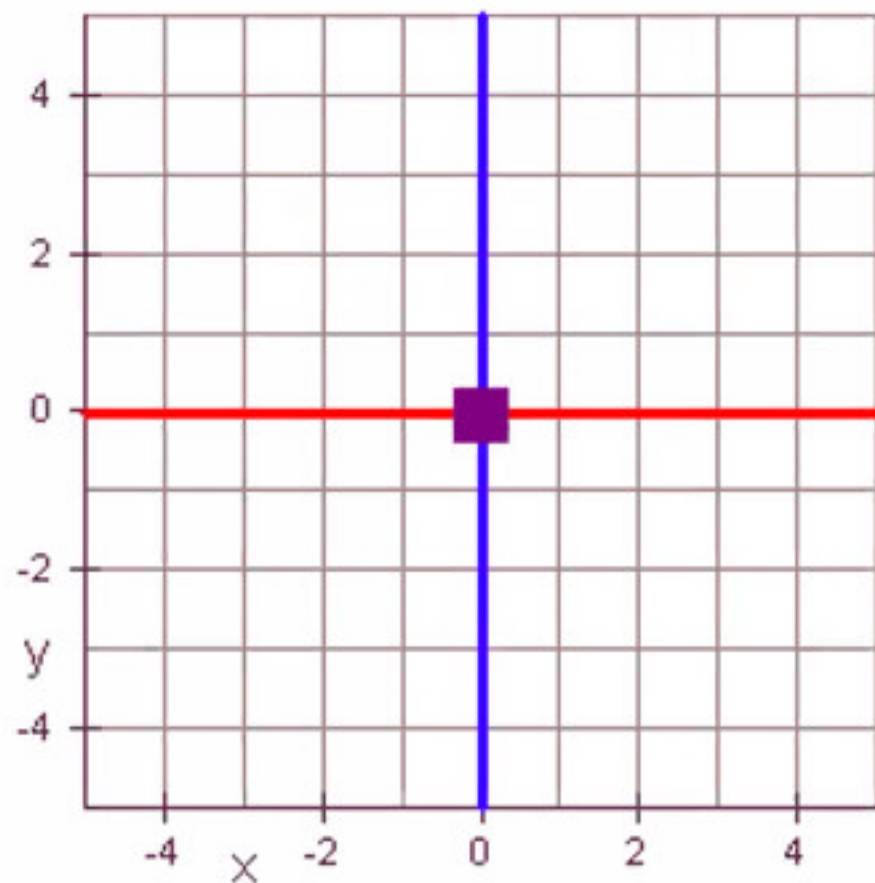


Lingue... spazio di parole...

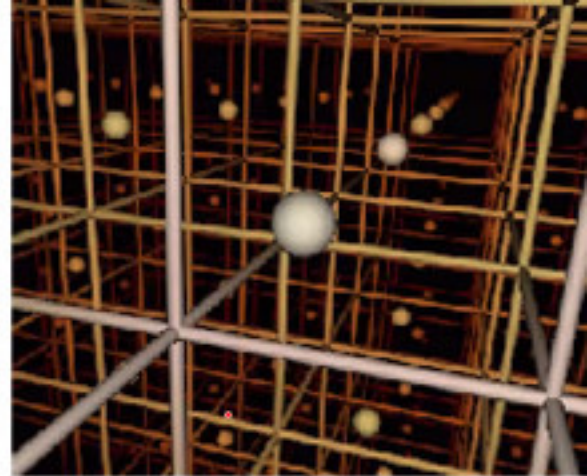
- ◆ Possiamo vedere una lingua come uno spazio... come facciamo ad avere spazi che siano interoperabili ma separabili?



Ma lo sappiamo già fare...: spazi dimensionali



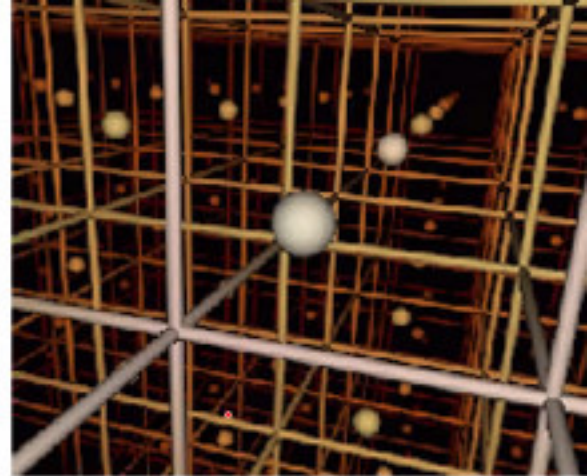
Quindi, idea...



- ◆ Se vedessimo una “lingua” come una coordinata, ed avessimo uno spazio multi-dimensionale?



Quindi, idea...



- ◆ Se vedessimo una “lingua” come una coordinata, ed avessimo uno spazio multi-dimensionale?
- ◆ Ogni parola in una certa lingua starebbe sull’asse corrispondente



La creazione degli assi

- ◆ In teoria, per avere n assi, potremmo semplicemente usare

1, 0, 0, 0, ...

0, 1, 0, 0, ...

0, 0, 1, 0, ...

Ad esempio...

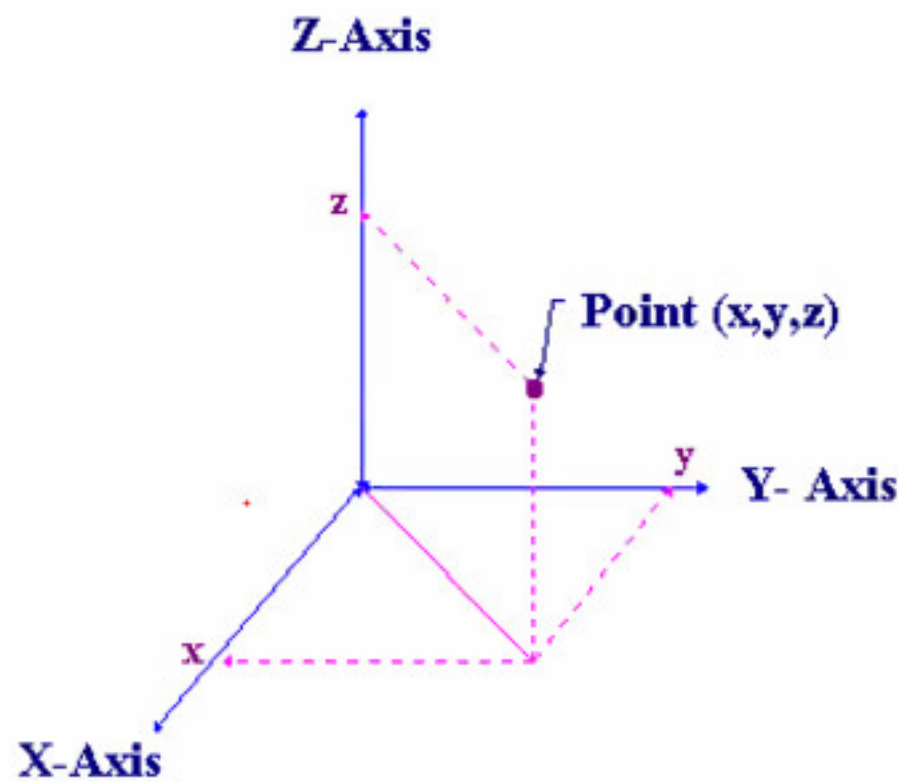
- ◆ Con due assi (due canali informativi) potremmo avere:

Canale 1: 1, 0

Canale 2: 0, 1

Bene, ma quando nel party parlano tutti?

- ◆ Cosa succede quando più persone parlano?
- ◆ Che le “parole” si sommano
- ◆ → che i corrispondenti vettori nello spazio multidimensionale si sommano



Però...

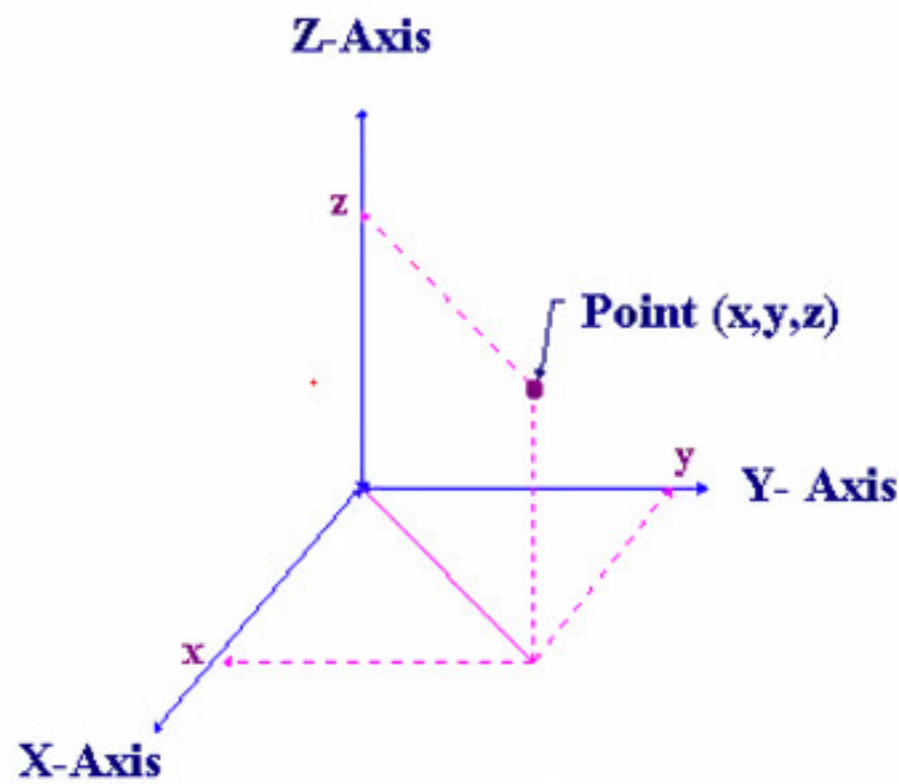
- ◆ Così facendo ognuno può dire una sola parola, ma per avere un ***alfabeto minimale*** ci servono ***due simboli*** (***codice binario***), gli equivalenti dello "0" e dell' "1".

Risposta

- ◆ Usiamo ad esempio il segno (verso) dell'asse che ci siamo scelti:
- ◆ Segno **positivo**, una parola, segno **negativo** l'altra
- ◆ Quindi ad esempio nel primo canale potremo usare
 $(1, 0)$ come prima parola, e
 $(-1, 0)$ come seconda

E come facciamo poi ad ascoltare solo in una lingua?

- ◆ Beh, selezioniamo solo la componente che ci interessa
- ◆ → la coordinata che ci interessa



Tutto bene quindi...

- ◆ Senonchè, dalla teoria passiamo alla pratica:
qualcuno deve trasmettere l'informazione
 $(1, 0, 0)$

Tutto bene quindi...

- ◆ Senonchè, dalla teoria passiamo alla pratica: qualcuno deve trasmettere l'informazione
 $(1, 0, 0)$
- ◆ Siccome la trasmissione avviene nello strato fisico, quello che possiamo fare è quindi inviare un'onda che sia rappresentativa di questa informazione
- ◆ Abbiamo Fourier e quindi nessun problema!

Tutto bene quindi...

- ◆ Senonchè, dalla teoria passiamo alla pratica: qualcuno deve trasmettere l'informazione
 $(1, 0, 0)$
- ◆ Siccome la trasmissione avviene nello strato fisico, quello che possiamo fare è quindi inviare un'onda che sia rappresentativa di questa informazione
- ◆ Abbiamo Fourier e quindi nessun problema!

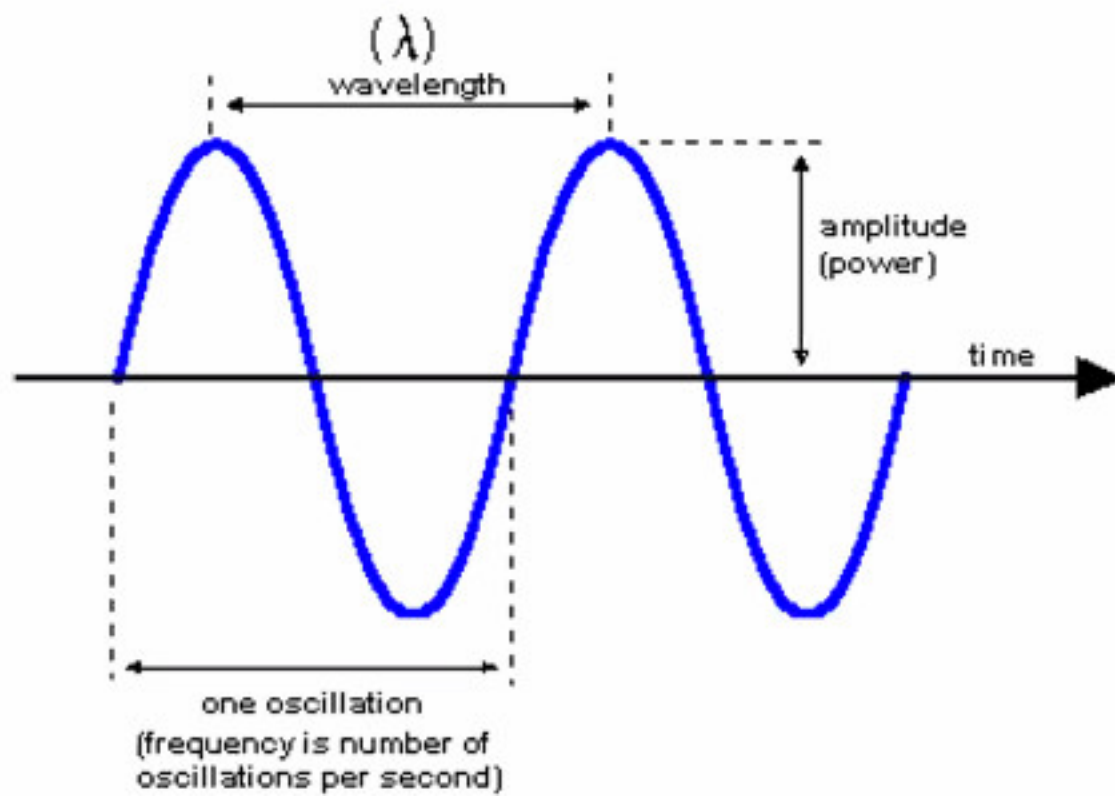
Però...

- ◆ Usare Fourier costa, nel senso che stiamo usando vari simboli matrix...
- ◆ Per essere efficienti dovremmo quindi usare una rappresentazione efficiente, che usi cioè pochi simboli matrix

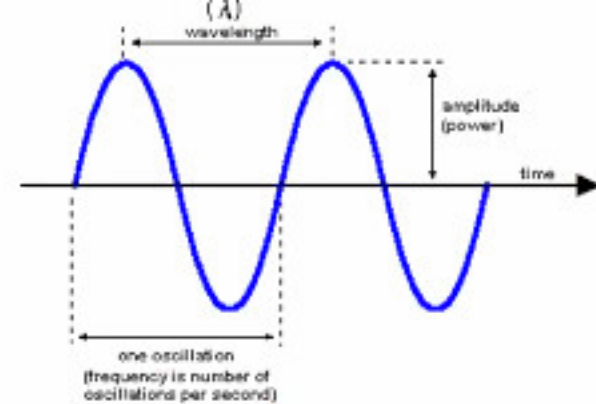


Forma delle onde...

- ◆ La rappresentazione migliore è quella che associa un "1" ad un picco alto, ed uno "0" ad un picco basso



Quindi...



- ◆ ... in termini di onde energetiche, le nostre onde sono fatte con "1" (picco alto) e "-1" (picco basso)
- ◆ → però allora gli assi che avevamo prima, tradotti in onde non vanno bene (!!)

MORALE



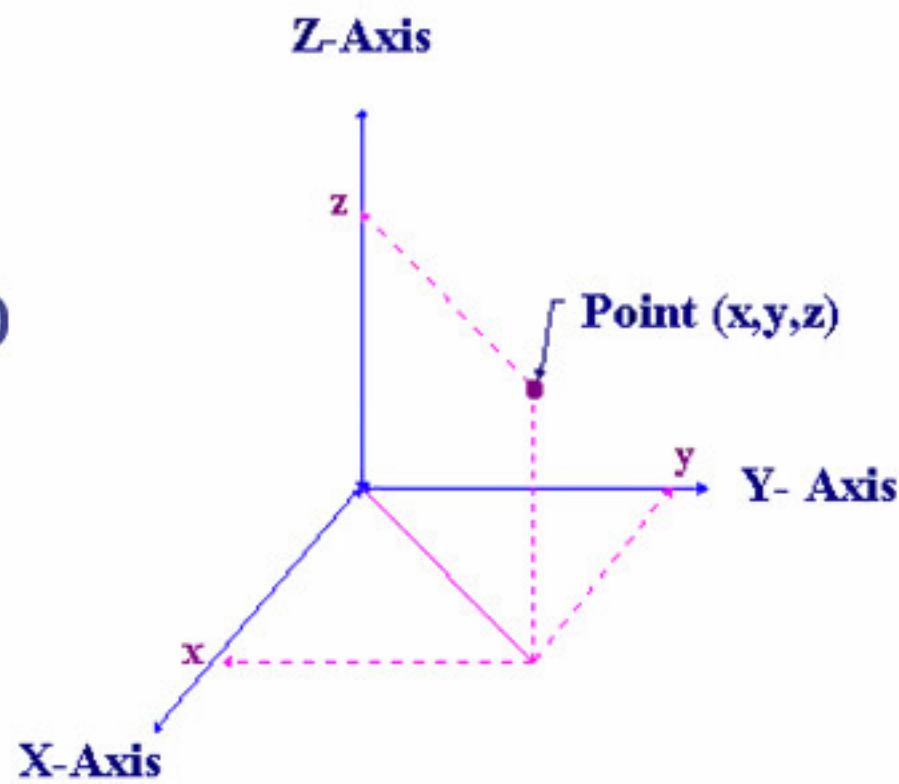
- ◆ L'idea è giusta, ma purtroppo non possiamo usare come assi quelli semplici fatti da 0 e 1:
- ◆ Siccome partiamo dal mondo fisico, dobbiamo usare assi fatti diversamente, fatti da 1 e -1

E quindi...

- ◆ Dobbiamo ragionare più in generale, uno ***spazio dimensionale*** che abbia degli ***assi*** (***perpendicolari*** fra loro) e che permetta di ***estrarre*** le componenti di ogni asse

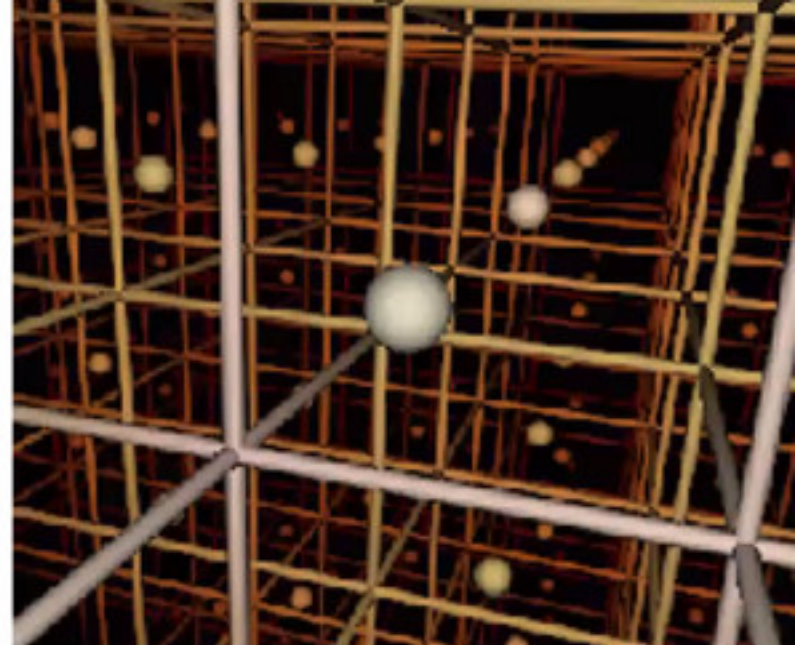
E come facciamo poi ad ascoltare solo in una lingua?

- ◆ Selezioniamo solo la componente che ci interessa...
- ◆ ... facendo la **proiezione** del vettore "multilingua" solo su un asse
- ◆ → facciamo il prodotto scalare del vettore per un'asse



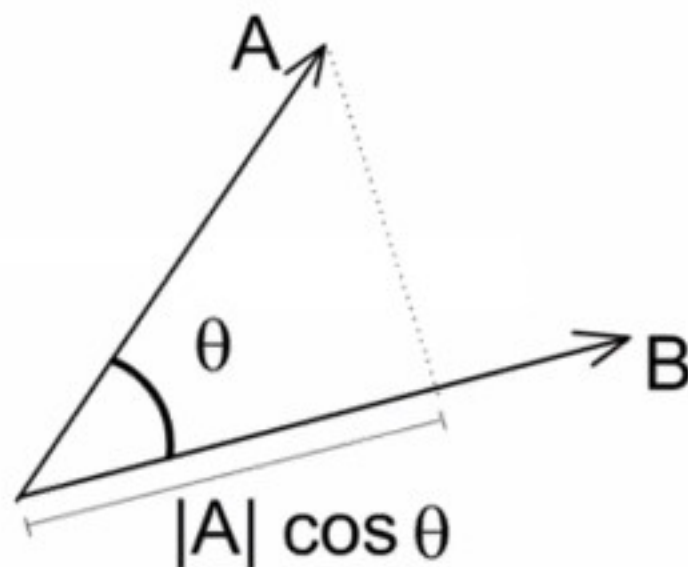
Il prodotto scalare!

◆(ARGH!)



$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \sum_{i=1}^n a_i b_i = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \cdots + a_n b_n$$

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \theta$$



CDMA

- ◆ CDMA quindi funziona allo stesso modo:
- ◆ Si lavora su uno spazio multidimensionale
- ◆ Si stabiliscono degli assi adeguati
- ◆ E poi si usano le regole di ***composizione*** (somma) e ***proiezione*** (prodotto scalare) per fare encoding/decoding



La creazione degli assi per il CDMA

- ◆ Abbiamo visto dobbiamo creare assi (vettori perpendicolari
→ prodotto scalare zero)
che usino solo $+1$ e -1
- ◆ Si può fare? E come?

La creazione degli assi per il CDMA



- ◆ Si usano le cosiddette matrici di Walsh, che sono essenzialmente derivate dalle ***matrici di Hadamard***

La creazione degli assi in pratica

◆ Come si costruiscono? Metodo classico:

$$H_1 = [1], \quad H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix},$$

$$H_{2^k} = \begin{bmatrix} H_{2^{k-1}} & H_{2^{k-1}} \\ H_{2^{k-1}} & -H_{2^{k-1}} \end{bmatrix} = H_2 \otimes H_{2^{k-1}},$$



Più comprensibile...:

$$H_1 = [1] \quad H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} H & H \\ H & -H \end{bmatrix}$$