

Si parla dell'apparato che permette la propagazione dell'onda elettromagnetica nello spazio. La sua capacità di irradiare energia dipende da frequenza di trasmissione, dimensione e leggibilità.

Vengono definiti due importanti parametri caratteristici:

• L'WADAGNO dice se un'antenna irradia lungo tutto lo spazio, solo alcune direzioni o una direzione

• IMPEDIMENTA IMPORTANTE per la linea che alimenta l'antenna

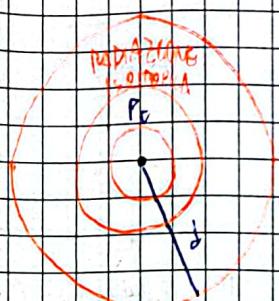
Il funzionamento di un'antenna è basato sul principio per cui un conduttore percorso da corrente

variabile genera un campo elettromagnetico ed, viceversa, un conduttore immerso in un campo elettromagnetico viene percorso da corrente variabile nel tempo. La stessa antenna può funzionare sia

in ricezione sia in trasmissione

ANTENNA ISOTROPICA

Tipo di antenna che irradia uniformemente in tutte le direzioni (non è applicabile nel mondo reale poiché solo fornendo segnale si provocano disturbi ed alterazioni della geometria sferica)



Densità di potenza a distanza d dall'origine della sfera

$$P(d) = \frac{P_E}{4\pi d^2} \rightarrow \text{potenza isotropica}$$

L'ANTENNA NON È DOTATA DI POTENZA PROPRIA, MA IRRADE POTENZA FORNITA DA UN APPARATO ESTERNO

AREA EFFILAGE

È data dal rapporto tra la potenza emessa e la densità di flusso incidente. Rappresenta l'efficienza di un'antenna a ricevere e trasmettere energia elettromagnetica. Si può

dimostrare che l'area effilage è uguale geometrica Σ_0 in relazione: $A_E = \eta A_g$,

dove A_g è l'area di effilage che evidenzia che non tutta la potenza incidente viene esitata. Indicativamente, $\eta \approx 0,5$

ANTENNA DIRETTIVA

È un tipo di antenna in cui la radiazione avviene lungo una direzione preferenziale. Si definisce il wadagno di antenna il rapporto

potenza fornita antenna isotropa

quando uguali

concedendo la stessa densità di potenza alla stessa distanza

GUADAGNO DI ANTENNA

$G = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$ E' RAZIONE DELLE COORDINATE ANGOLARI CALCOLATO DAL IMPOSSO PMA.
 PMA NELLA ISOTROPIA E DIRETTA IMPRESA CON LA STESSA DENSITA DI POTERIA A STESSA DISTANZA.
 POSSANO USARE I DIAGRAMMI DI MAPPAMENTO, PER VISUALIZZARE IL VALORE DEL GUADAGNO A SECONDA DI
 DIREZIONE IN MODO SISTEMATICO. IN PRatica MAPPIERA IL VALORE MASSIMO DI G NEGLI DIREZIONI DI
 MAPPAMENTO. AL GUADAGNO CONSEGUENTI LA QUALITA DELL'ANTENNA DI IMPREZZARE L'ONDA. SI LEGGE IL
 GUADAGNO PREFERENZIALE DI TRASMISSIONE DOVE SI HA DENSITA DI POTERIA MASSIMA.
 ETENDUTO ALL'AREA EFFICACE DALLA RELAZIONE: $\frac{A_{\text{eff}}}{G} = \frac{\pi^2}{40}$. PER UN RIFLETTORE PARABOLICO
 $A_{\text{eff}} = Q \cdot A_g = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \Rightarrow A_{\text{eff}} = \text{Costante} \cdot G$. DA QUESTA VENNE UNA
 DIMENSIONE DI ANTENNA MAGGIORA CONDOTTA CHIAMATA PARABOLA.

TIPOLOGIE DI ANTENNA

• DIPOLO VERTICALE:



FORMATO

SI APPLICA UNA DIFFERENZA DI POTENZIALE CHE FA SÌ CHE IL CORRENTE
 IRRADIA IN MODO UNIFORME



• DIAGRAMMA A ROMBA

ANTENNA GENERALE

IRRADA UNO MURO DI DIREZIONI E SI COSTRUISCE QUASI UNA SCATOLA (MORO) ("FORMATO DI
 ROMBA") PER DIREZIONARE L'IRRADIAZIONE

• PARABOLICA ANTENNA FORTEMENTE DIRETTIVA

SFRUTTA LA GEOMETRIA DI UNA PARABOLA, FADE PER CI PRENDENDO UNA SUPERFICIE E FUMI I RADIOSI CHE

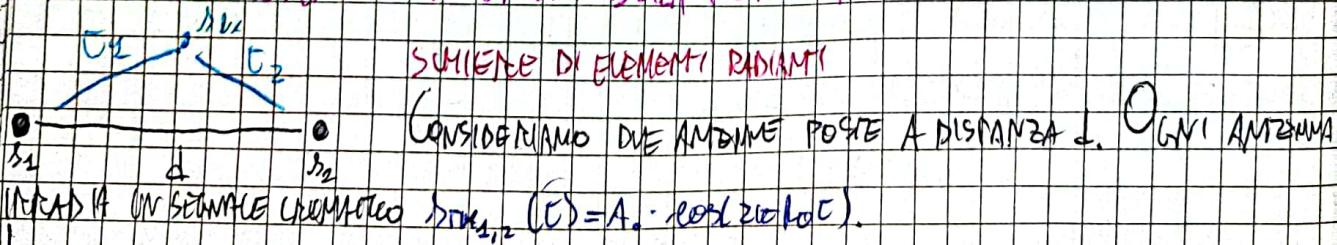
PASSANO DA UN PUNTO (FUCCO DEL VERTICE) SENSO DI PROFONDO, FUMO LA STESSA

UNGHIAZZA. L'ANTENNA RIFLETTE PARALLELAMENTE UNO UNICA DIREZIONE, L'ASSE DELL'PARABOLA

POTERIA IRRAIDATA ISOTROPICA EFFICACE

$P_{\text{iso}} = P_d \cdot G_d$. Si definisce LI EISCP = $P_d \cdot G_d$ COME LA POTERIA DA FORMARE ALL'ANTENNA

DIRETTIVA PER OTTENERE LO STESSO EFFETTO DELL'ISOTROPICA



SUMMARE DI ELEMENTI RADIANTI

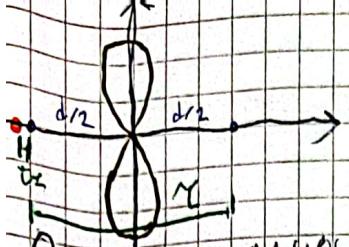
CONSIDERAMO DUE ANTENNE POSTE A DISTANZA d . OGNI ANTENNA

INDICA UN SETTIMALE CROMATICO $S_{\text{tot},1,2}(E) = A_0 \cdot \cos(2\pi f_0 t_0 \theta_1)$.

IN QUALSIASI PUNTO NELL'SPAZIO IL SEGNALE S_{tot} , OTTENUTO LA SOMMA DEI SETTIMALI HUO

DUIS DUE ANTENNE $S_{\text{tot}} = A_0 \cos(2\pi f_0 t_0 \theta_1) + A_0 \cos(2\pi f_0 t_0 \theta_2)$. SE SIA A DISTANZA

UFFICIALEMENTE UNA SI HA LA STESSA FASE $\theta_1 = 2\theta_2$



SUCCESSENDO UN MURO NEL PIANO CHE CREA UNO SHOT CONCONEGENTE
 NELL'UNA ANTENNA, $b_{\text{tot}}(t) = A_0 \cdot \cos(\pi d/c t + \phi_0) \cos(\omega t + \psi)$, CON $\tau_c = \frac{d}{c}$ IL TEMPO NECESSARIO PER PERCORSO DI
 QUESTO MURO DA UNO AD UNA COMPOSIZIONE DI FASE QUANDO $2\pi \tau_c / \tau_c = 1$, CON τ_c CONSEGUENTA
 UNA OPPOSIZIONE DI FASE TRA I DUE SISTEMI $\rightarrow 2\pi \tau_c / \tau_c = 1 \Rightarrow 2 \cdot \frac{c}{2} \cdot \frac{d}{c} = 1 \Rightarrow d = \frac{\lambda}{2}$

AD ANTENNE DI MONTI $\frac{\lambda}{2}$, LA RADIAZIONE SI CONCENTRA SUL ASSE E SI ANNULLA SUL CONCONEGENTE. IL RISULTATO È UNA ANTENNA DIRETTA

SI PUÒ DEMONSTRARE CHE PIÙ AUMENTA IL NUMERO DI ANTENNE E PIÙ LA COMBINAZIONE, DETTA SUMMA DI ANTENNE, PUÒ INIZIARE L'ANTENNA UNO UNA DIREZIONE

CALCOLO TEORICO DELLA POTERZA RICEVUTA

$$P_r = \varphi(d) \cdot A_{\text{eff}} \quad A_{\text{eff}} = G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad \varphi(d) = \frac{P_t \cdot G_t}{4\pi d^2}$$

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t}{4\pi d^2} \cdot G_r \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r}{FSL} \quad FSL = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2, \text{ Free Space Loss, è l'ATTENUAZIONE DI SPAZIO}$$

Si definisce $\xi = \frac{P_r}{N_{\text{noise}}}$ come il BER (Bit Error Ratio), parametru util per conoscere

IL TASSO DI ERRORE RELATIVO AL DENOMINATORO IMPLEMENTATO, IN GENERALE NELLO SPAZIO

LIBERO, $P_r = P_t + G_t + G_r - FSL - A_{\text{attenuazione atmosferica}} - A_{\text{attenuazione antenna}}$, misurate nello spazio libero.

QUESTO RENDE LA COMUNICAZIONE RADIO PIÙ COMPLESSA RISPETTO ALLA FIRMA OTTICA IN CI LI
 SEGNALI NON VENGONO IN RICEZIONE. LE VARIAZIONI IN COMUNICAZIONE RADIO SONO DOWIE A:

- VARIAZIONE DELLA SENSIBILITÀ \Rightarrow $N \cdot \frac{S}{N} = \text{BER} \Rightarrow$ VARIAZIONE DEL TASSO DI ERRORE
- DISTANZE MOLTO ELEVATE
- FREQUENZE MOLTO ELEVATE (UTIPI PER TRASMETTERE ALL'INTERNO DI EDIFICI)

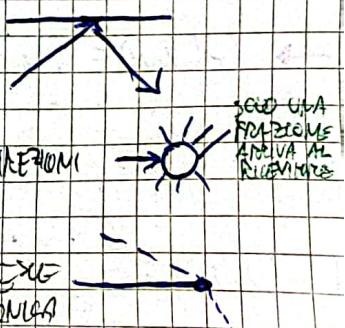
PROPAGAZIONE RANDOMOBILE

PROPAGAZIONE IN CI ALMENO UNO TRA RICEVITORE E TRASMETTORE È LIBERO DI MUOVERSI.



PRINCIPALI MECCANISMI

- RIFLESSIONE \rightarrow UNA Onda Elettromagnetica RIMBALZA SU UNA PARTE
- SCATTERING \rightarrow UN OSTATO METALLICO CON L'ONDA E LA DIFFONDE IN PIÙ DIREZIONI
- DIFFRAZIONE \rightarrow UN'ONDA ELETTRONICA CHE IMPERSECA UNO SPICCHIO EX: CON TANTI PERCORSI CHE GENERANO UNA SUPERFICIE CONICA



SI MUSCE CONTRO ALCUNA DELLA TRASMISSIONE ATTIVAVIENDO GLI PARZETTI (INTERNE O ESTERNE).

CHE SI SIA IN COMUNICAZIONE WIRELESS O WIRED, MOLTI FENOMENI DESCRITTI HANNO VALIDITÀ.

L'EFFETTO DELWIMMELAZIONE DIPENDE DAL MATERIALE DI CUI È FATTO L'OSTACOLO.

UN'ALTRA PROPRIETÀ TRA PUNTI FISSI RIGUARDA LA TRASMISSIONE IN ATMOSFERA. Ogni segnale

DELL'ATMOSFERA HA UN SUO INDICE DI RIFRAZIONE INDEPENDENTEMENTE DA TEMPERATURA, FREQUENZA E

E' POSSIBILE INTERPRETARLA COME COMPOSTA DA MATERIALI DIVERSI.

PROPAGAZIONE PER CANALE MULTIPATH

SIA LA PROPAGAZIONE TRA PUNTI FISSI CHE LA RADIONOBILE SONO CARATTERIZZATE DAL MULTIPATH (DISTORSIONE DI UN SEGNALE ALLA STESSA AL RICONTATORE SONO FORME DI UN INSIGNE DI REFLEXIONE SEPARATE NEL TEMPO). DOBBIANO MOSTRARE IL CANALE TRASMESSIVO PER VEDERNE GLI EFFETTI DEL MULTIPATH SUL SEGNALE RICEVUTO.

RISPOSTA IMPULSIVA SU CANALE RADIO

PER QUANTO DETTO, A SEGNALE DIVERSI CORRESPONDONO CANALI DIVERSI?

$$s_{Rx}(t) = \alpha_1 s(t-\tau_1) + \alpha_2 s(t-\tau_2) + \dots + \alpha_N s(t-\tau_N) = \sum_{k=1}^N \alpha_k s(t-\tau_k)$$
$$\rightarrow g(t) = \sum_{k=1}^N \alpha_k \delta(t-\tau_k) = g(t) * \sum_{k=1}^N \alpha_k \delta(t-\tau_k)$$

risposta impulsiva del canale radio.

In generale non si ha simmetria $\Rightarrow g(\tau, t)$
Ma se i ritardi di stazarietà sono considerati simmetrici

Il segnale ricevuto è quindi somma di N riflessioni separate nel tempo.

Venne quindi definito il DELAY SPREAD $\Delta_T(t) = \sqrt{\tau^2 - \bar{\tau}^2}$, DOVE:

• $\tau \rightarrow$ VARIABILE ALEATORIA ASSOCIANA AI RITARDI

• $\bar{\tau} \rightarrow$ MESE DI ORDINE 1

• $\tau^2 \rightarrow$ MESE DI ORDINE 2

RISPOSTA IN FREQUENZA DEL CANALE RADIO

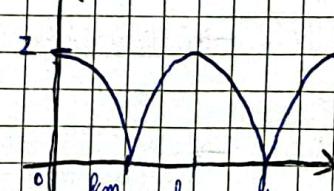
Per semplicità, si lavora con il caso di $N=2$, $g(t) = \alpha_1 s(t-\tau_1) + \alpha_2 s(t-\tau_2)$

$$\rightarrow G(fiw) = \alpha_1 e^{-j\omega\tau_1} + \alpha_2 e^{-j\omega\tau_2} = \alpha_1 e^{-j\omega\tau_1} \left(1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} e^{-j\omega(\tau_2-\tau_1)} \right)$$

RICORDA: $E[\delta(t)] = 1$

Per semplicità, si ha $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$

$$G(fiw) = \begin{cases} 2 & w(\tau_2 - \tau_1) = 2\pi f \Rightarrow f_m = \frac{\pi}{\tau_2 - \tau_1} \\ 0 & w(\tau_2 - \tau_1) = (2k+1)\pi \Rightarrow f_m = \frac{(2k+1)\pi}{\tau_2 - \tau_1} \end{cases}$$



BANDA DI COERENZA

IL CANALE RADIO ABBUSO ALLO STESSO NODO IN TUTTI GLI TEMPI. SI DEFINISCE LA BANDA DI COERENZA $B_c = \frac{1}{4\pi\Delta\tau}$ COME L'AMPLIAMENTO NEI TEMPI DI ARIVO DEI PERIODI TRASMETTITORI-RICEVITORI ED È IMMEDIATO OSSERVARE CHE AL CRESCERE DI $\Delta\tau$ NELL'ISOLA B_c , DI BASSA B_c .

L'EFFETTO DEL CANALE SUL SEGNALE PUÒ ESSERE:

- PIATTO ($B < B_c$) → UNIFORME
- SELETTIVO ($B > B_c$) → SELEZIONE DELL'ONDA ARMONICA DI INTERESSE

NEL TEMPO, $B = \frac{1}{T_s}$ → TEMPO DI SIMBOLI

CONDIZIONE PIATTA

$T_s > 4\pi\Delta\tau \Rightarrow$ ISI INSIGNSIFICATIVA



CONDIZIONE SELETTIVA

$T_s < 4\pi\Delta\tau \Rightarrow$ ISI SIGNIFICATIVA

TEMPO DI COERENZA

PARAMETRO VITALE CHE MISURA QUANTO VELOCEMENTE CAMBIA LE CONDIZIONI DEL CANALE

ATTENUAZIONE DEL SEGNALE

SE MISURIAMO L'ATTENUAZIONE DI UN SEGNALE

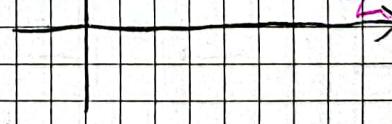
$$\frac{P_r^{\text{attenuata}}}{P_r} \rightarrow$$

SHADOWING

AL VARIARE DELLA DISTANZA, C'È UNA CONSEGUENTE

SITUAZIONE DI DISTANZIAZIONE

OSSERVAZIONI:



$$d (\log)$$

① A DISTANZE MOLTO ELEVATE $P_r \rightarrow 0$ $\lim_{d \rightarrow \infty} P_r = 0$

② IN PROPAGAZIONE, SI PUNTA CONSIDERAZIONI

— SFAVORITIVI → MEGLIO OSCILLARE AL RISMETTORE

— FAVORITIVI → TRASMETTORE IN POSIZIONE DI MINIMA INCANALATURA

L'ATTENUAZIONE È DONDEVA AD UNA COMPONENTE MEDIA ED UNA ALATORIA. ESEMPIO:

$$A_{tot} = A_{pathloss} + A_{multipath} + A_{interference}$$

• $A_{\text{path loss}} \rightarrow$ VALUTAZIONE MEMBRANTE...

... FORMULA ISOPOLARITÀ $P_r = K \cdot I^n$ $n=2 \rightarrow$ SPazio LIBERO

... HATA-COST ($A_{\text{path loss}} > \text{COST}$) , PIÙ PRECISA

• $A_{\text{attenuazione}}$ → DOWNTA AUS PRESENZA DI OBSTACOLI CHE IMPEDISCONO LA RICEZIONE DEI SEGNALI

○ A PARTICOLARI CONDIZIONI PROPAGATIVE CHE LA FAUTOSCOPO. VALUTAZIONE STATISTICA

• $A_{\text{attenuazione}}$ → OCCHIO COME INFLUENZA LA LARGHEZZA DI BANDA DEL SEGNALE TRASMESSO CON LA B_c DEL CANALE

○ CONDIZIONE PIATTA → È SUFFICIENTE CONSIDERARE IN MODO NEL UNO BUDGET

○ CONDIZIONE SELETTIVA → UTILIZZARE TECNICHE DI PROTEZIONE DELL'INFORMAZIONE

VEDIAMO LE PRINCIPALI TECNICHE DI ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE:

① SI DOPPIA L'ANTENNA DI RICEZIONE CON DUE ANTENNE SUCCETTIVAMENTE DISTANTI DA

DA METÀ DELLA LUNGHEZZA DI Onda SI GENERANO DAI IL MASKING E I DUE QUADRANTI

② EQUALIZZAZIONE IN BANDA BASE HA IL COMPLITO DI RIDURRE L'EFFECTO DEL DISTORSIONE,

AZZEMBLO L'EFFECTO NELL'INTERVALLO DI DECISIONE SUCCESSIVO. QUINTO, CAMPIONA LA DISTANZA SI VANTO A PESARE I CAMBIAMENTI MODULANDO UN FILTRO CHE RIDUCE IL PIÙ

POSSIBILE I CAMPIONI DELL'IMPULSI PRECEDENTI

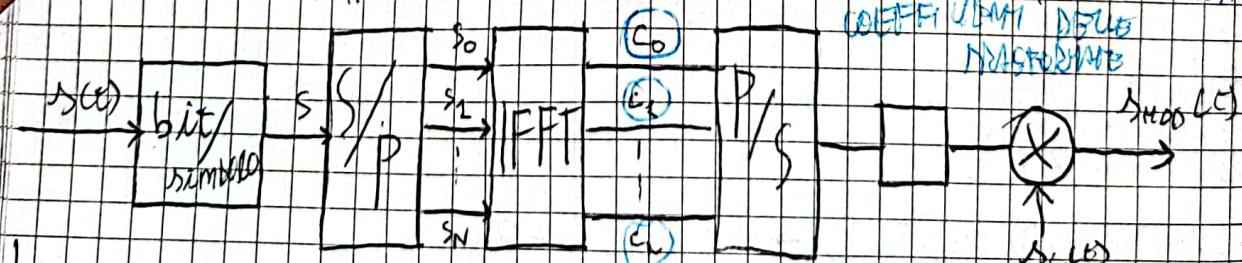
③ MODULAZIONE OFDM L'USO DELLA OFDM IN SELETTIVA PREvede LA SUBDIVISIONE

DI $S_{\text{mod}}(c)$ IN PIÙ FLUSSI GRAZIE AD UN CONVERTITORE SPATI-PARALLACCIO (MODO VOLTA

A DUE FLUSSI PARALLELI DI BIT RATE $\frac{R_{\text{bit}}}{N}$. IN SEGUIMENTO, CONVERSAZIONE BIN/SIMBOLO,

ELABORAZIONI CON CODICI DIVERSI, SOMMA DI TUTTI I FLUSSI QUA LI SI HA $S_{\text{mod}}(c)$

RICORDARE CHE I SIMBOLI DI AMBITO STATIONARY NONNO rappresentati da Fourier



In ricezione, alcune sottocanali sono tendenzialmente ATTENUATE IN RELAZIONE ALLA

RISPOSTA H(C(f)) CHE CHIAMA DISTORSIONE, DI CONSEGUENZA, IN RICEZIONE SI HA UN BER

ERROR RATE BASSO.

Si IMMAGINA APERTA IL TEMPO DI GUARDIA, PROCESSO CHIUSO CON C CAMPIONI.

OSSIA, NEL CONVERSORE RADIANTE-SERIE INSERISCO OGNI N SIMBOLI DI GRUPPO NUMERO N

CAMPIONI CHE ALLEGANO IL SIMPOCO. QUESTO EFFETTO SI ESAURISCE ALL'IMMOBILIA DI QUESTO SIMPOCO DI GUARDA PER NON DISTURBARLE I SENSAI SUCCESSIVI. COSÌ FALEMOSI, PERÒ, ALUNNI SONOPOLARIANNO SONO PIÙ ATTENZIONATE DI PRIMA E SI MICROVOLANO QUINDI I SIMPOCI PUOTI CHE PERMETTONO DI RIUSCIRE IL PROFILO DI ATTENZIONE DEL CANALE E QUINDI A VARE DELLA QUALITÀ, IMMOLTIANO I SIMPOCI COMPATIBILI DURANTE LA RISOPALAZIONE.

PER CORRERNURE AI ERROI SI INTRODUONO DEI CODICI DI CANALE, ALLEGANI CHE CORRELANO Gli ERROI CON L'ATTENZIONE. AD UN INTERLEAVER CHE DISGRADISCE: SUE SOTOPONNEMI I BSI DELL'ERRORE CODIFICATI. SONO NOTO DIFFUSI PER VIA DELLA LORO POTERIA ED EFFICIENZA. IN SIMBI, SI SVENGANO I PASSI PROGETTUALI PER PROGETTARE I COLLEGAMENTI FIDELI:

① STUDIO DELLA GEOMETRIA

② INDIVINAZIONE DEI REQUISITI DI QUALITÀ DEL COLLEGAMENTO

③ CAMBIAMENTO BREI BENTRATA SULLA SINGOLAREZZA DI SPAZIO AL BIPOLARE

④ CALCOLO ATTENZIONE DI PATH LOSS

⑤ DETERMINAZIONE DELL'EVENTUALE ATTENZIONE SUPPLEMENTARE

⑥ DETERMINAZIONE DEL LINK BUDGET

TECNICHE DI ACCÉSSO MULTIPLO

Abbiamo già visto la tecnica OFDM, molto diffusa ed efficiente. In generale, l'accésso multiplo è la strategia per cui i utenti accedono ad uno stesso punto di accésso radio (RADIODRIVE, LAN...). Di seguito si discutono le tecniche principali

FDMA

(Frequency Division Multiple Access)

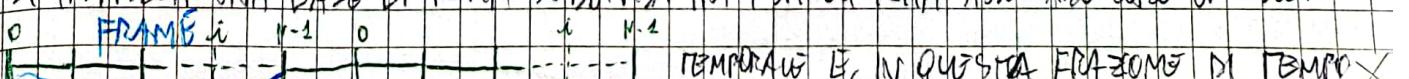
LA BANDA A DISPOSIZIONE DEL PUNTO DI ACCÉSSO (B_w) SI DIVIDE PER N UTENTI.

$B_1 = \frac{B_w}{N}$ In questo modo, ogni utente comunica AVENDO UNA CERTA BANDA A B_w , $B_2 = \frac{B_w}{N}$ DISPOSIZIONE CHE PUÒ ESSERE UMANA PER TUTTI GLI UTENTI O DIVERSA $B_N = \frac{B_w}{N}$ A SECONDA DELLE ESIGENZE

TDMA

(Time Division Multiple Access)

SI INDIVIDUA UNA BASE DI TEMPI SUDDIVISA TRA I SIMBOCI TEMPI ASSEGNAANDO CORPO UNO SUOT



L'UTENTE PIÙ USATO HA LA BANDA. ATTENZIONE!

- NON È POSSIBILE TRASMETTERE SU SOTTO DI FREQUENZE DIVERSE
- NON POSSONO TRASMETTERE CONTEMPORANEAMENTE PIÙ DI N-1 UTENTI
- AGGIUNGA LA TRASMISSIONE SIMULATRICE
- LA TRASMISSIONE, IN QUEL MOMENTO, DI TUTTI I BUT PUÒ PORTARE A RICARDI

QUESTA TECNOLOGIA È A BASE DELLE RETI 2G

NEI REQUISITI 5G SI VOGLIO CHE L'UTENTE ABbia ACCESSO ILLIMITATO; VENE DUNQUE FORMATA UNA BANDA MOLTO GRANDE IN MODO CHE L'UTENTE NON PERDE PISCA IL LIMITE

CDMA

(Code Division Multiple Access)

IMPLEMENTATA NEI SISTEMI 3G ED USATA PER LE LOCALIZZAZIONI CON IL SERVIZIO GPS

PREvede che la risorsa è a disposizione di tutti gli utenti per tutto il tempo

CSMA

(Carrier Sensing Multiple Access)

TECNICA USATA IN LAN E WLAN

L'UTENTE CHE TRASMETTE ASCOLTA IL CANALE RADIO: SE NON È OCCUPATO, LO USURA WI, ALTRIMENTI SI ASPETTA UN TEMPO ADEGUATO E Poi SI RIFETTA LA VERIFICA

PROBLEMA: L'ACCESSO PREVEDE UN USATO TEMPO DI TRASMISSIONE. PUÒ SVEDERE CHE UN SECONDO UTENTE VEDA LIBERO IL CANALE RADIO Mentre IL PRIMO STA TRASMETTERE.

NE CONSEGUO CHE SE INIZIA A TRASMETTERE ANCHE IL SECONDO SI È MAI INTERFERENZA

OFDMA

(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

SEGUENDO LA LOGICA DEGLI OFDM, L'INFORMAZIONE RELATIVA AL SIMBOLO CONTENUTO VIENE IMPACCHETTATA SULLA SPECIFICA SOTTOPORTA

MULTI-USER MIMO

TECNOLOGIA FONDAMENTALE PER IL 5G, PREVEDE L'USO DI DIVERSE ANTENNE IN TRASMISSIONE ED IN RICEZIONE.

PERMITTENDO LE TECNOLOGIE DELL'ANTENNE

TECNOLOGIE PER LA CONNETTIVITÀ RADIO IN AMBITO GEOGRAFICO

LINK BUDGET

SI DEFINISCE UNA CELLA COME AREA GEOGRAFICA IN CUI I CANALI RADIONOBILO POSSONO AVERE
UNA RISORSA DI COMUNICAZIONE E QUINDI, ALL'INTERNO DELL'AREA DI COPERTURA, LA FORZA
RICEVUTA PREGIUDIZIA IL VALORE DISSENSIBILITÀ.

Per determinare il rapporto di copertura, considerando tutte le grandezze in mano.

$$P_{\text{Progressa}} = S + L \cdot \frac{\text{Mittelwert}}{S_{\text{Max}}} + M \cdot \frac{\text{Mittelwert}}{V_L}$$

$$[SEMPLIG] \quad L_{M,2} = \frac{1}{3} \cdot 3 \text{ km}^{-2} \quad \text{DOP 1: UPLINK}$$

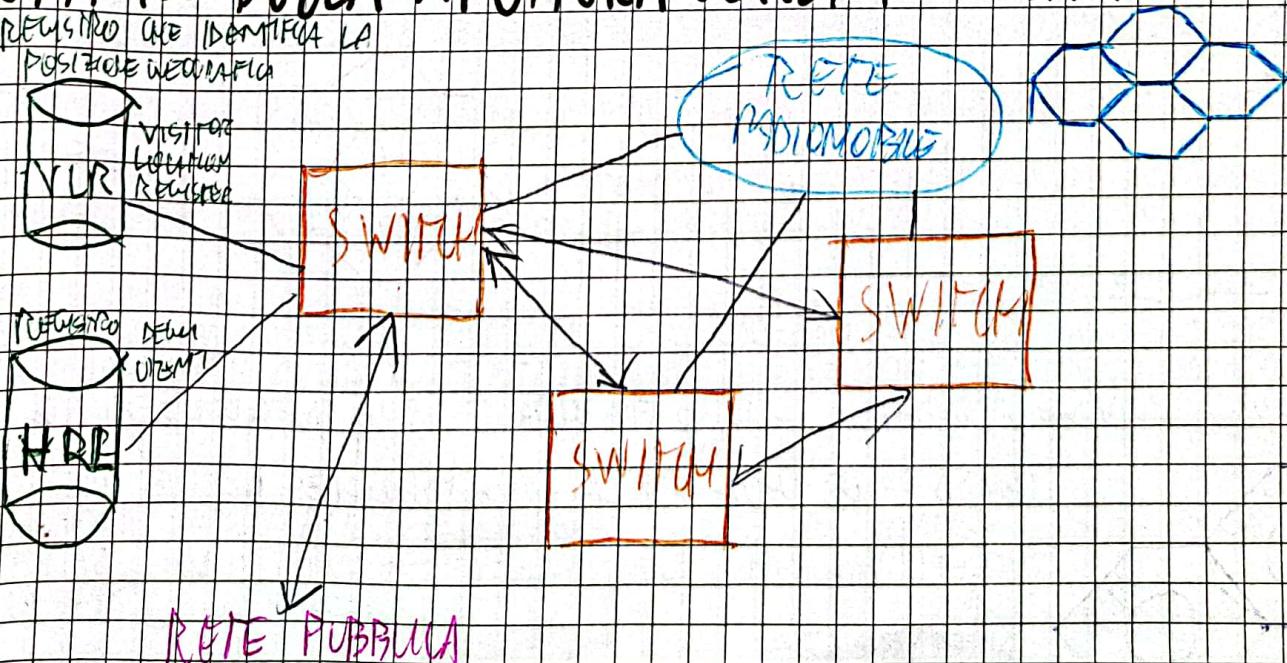
I RECOMMEND THAT THE MO OPERATOR BE SOMED

- PL) UNIFORMITÀ DELLA COPERTURA RADIO
 - 2) SERVIZIO DI CONNETTIVITÀ DEFETTO IN ZONE A DIFFERENTE RICHIESTA DI MIGRAZIONE
 - 3) STESSA QUALITÀ DI SERVIZIO

PER FAMMIRE CG, SONO ESEGUITE LE SEGUENTI OPERAZIONI:

- COPERTURA GENERALE DEL TERRITORIO
 - NUOVO DI RICORSI DI COMUNICAZIONE
 - RETE DI NUCLEI TRASMETTENTI OPPORTUNAMENTE POSIZIONATI E DIMENSIONATI

GRAFICO DELLA STRUTTURA GENERALE DI UNA RETE RADIOMOBILE



PROCEDURA DI HAND-OVER

PROCEDURA CHE RENDE ATTIVA LA COMUNICAZIONE INDEPENDENTEMENTE DALL'OPERATORI

PROCEDURA DI LOCATION UPDATING

SISTEMA CHE MIGRA ALLO STERNO MOBILI E CHIAMATE AD ESSI IMPONEZZE STRUTTURANDO DI LOCALIZZARE PER AGGIORNARE LA POSIZIONE NUOVO USERT

ROAMING

Possibilità di sfuggire un OPERATORE diverso in determinate condizioni, esempio un utente TIM in Francia può accapponarsi a Bouygues

PROCEDURA DI AUTENTICAZIONE

PROCEDURA A GARANZIA DELL'IDENTITÀ DELL'UTENTE. ACCEDENDO ALLA RETE SI VERIFICA L'IDENITÀ E IL RISULTATO PER:

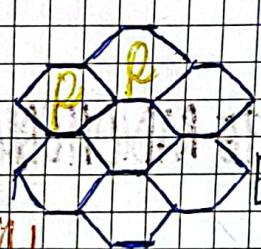
- ENTARE DI "PAGARE TRAFFICO NON PAGATO"
- EVITARE FUMI DI IDENTITÀ

L'IDENTITÀ RISIDE NELLA SIM

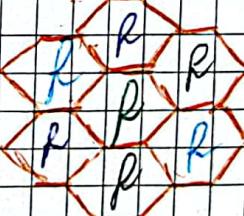
PROCEDURA DI CRIPTOGRAFIA

SEGUREZZA DI INFORMAZIONI INViate E RICEVUTE

RIUSO DELLE FREQUENZE



SE SU DUE CELLE ADiacenti si MAGNETTA LA STESSA FREQUENZA
SI HA INTERFERENZA. SI DEFINISCE L'EDDIO SINR = $\frac{S}{N + I}$
E, OVIAMENTE, USANDO LA STESSA f IN TUTTE LE CELLE L'EDDIO È PIÙ ALTO



UNA SOLUZIONE È SUDDIVIDERE LA BANDA IN

CAMPUS ED ASSASSINARE FREQUENZE DIVERSE ALLE VIE DI MARCANTI

SUDDIVISIONE NOMA AD UNA

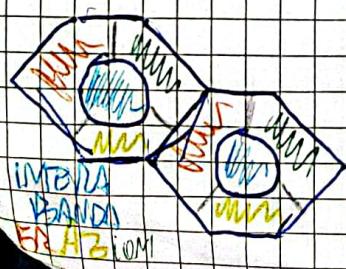
QUESTO TIPO DI BANDA PARTE A $\frac{B}{2}$ PER OGNI CELLA, LIMITANDO LA CONNETTIVITÀ NEGLI US

UNA SOLUZIONE CHE VIENE ADOTTATA È IL RIUSO FAZIONALE DELLE FREQUENZE: AL

CENTRO DELLE CELLE USO LA STESSA FREQUENZA DESTINATA AI

UTENTI VICINI ALLA STANTE. AL BORDO DI CELLA SI FA

DIFERENZIAZIONE.



L'INTERFERENZA È UN'INTESA CON LA TECNICA OFDMA

EVOLUZIONE TECNOLOGICA

1980) 1G → TECNOLOGIA ANALOGICA, MOLTI LIMITI DI VELOCITÀ E CRIPTOGRAFIA

1990) 2G → INTRODUZIONE RETI DIGITALI, USO SIM-CARD PER IDENTIFICATIVI, NASCITA SERVIZI SM.

2000) 3G →

2014) 4G → TECNOLOGIE LTE → ACCESSO A BANDA LARGA IN RADIOMOBILE

2019) 5G → TECNOLOGIE BEAM-FORMING, SICMA, MIMO...

2G

LEGATA ALLA TECNICA TDMA ABBIANO IL CONCETTO DI TIMING ADVANCE.

IN TRASMISSIONE NON SI MANNO PROBLEMI PARTICOLARI, MA IN RICEZIONE SI POSSONO ASSOCIARE TEMPI PIÙ VULNI O VOLANTI A SECONDA DELLA DISTANZA DALLA RADIO BASE. IL TIMING ADVANCE SI INTRODUCE PER ANTICIPARE IL TEMPO DI TRASMISSIONE PER UN MASSIMO DI $316 \mu s$ (E QUIUDI 32 Km)

LA SIM CARD È UNA CARTA AL QL'INTERNO SI HA UNA CAPACITÀ ELABORATORIA (PROCESSORE, MEMORIA RAM/ROM) FONDAMENTALE PER L'ESECUZIONE DI ALGORITMI PER LA GESTIONE, CODICI DI Sblocco PIN/PUK.

NEL SIM È MEMORIZZATA LA CHIAVE DI IDENTIFICAZIONE KI ASSOCIAVA ALL'INDIO DI UNA RISPOSTA DI BIT CASUALE AD UNA SFIDA. IL TELEFONO ELABORA UNA SQUA DI BIT USANDO KI È UN ALGORITMO DI CRIPTURA PIRE POI INVIAZ LA RISPOSTA ALL'UTENTE. IN QUESTO MODO, INTERCETTANDO SFIDA E RISPOSTA NON SI PUÒ RISALIRE ALL'IDENTITÀ.

L'ALGORITMO PUÒ ESSERE AGGIORNATO INVIANO SAME RICHIESTE. LA SIM, INFATTI, NON È PROGETTATA PER RISPONDERE A MOLTE SFIDE: UN CONTINUO FUSSO SFIDA-RISPOSTA PERMETTE, PROBLEMA A NITOSO, DI ESMONDRE L'IDENTITÀ. TORNATAMENTE, LE SIM ATTUALI SUPERANO QUESTO PROBLEMA.

MESSAGGI CHE VIAGLIANO SONO PROTETTI DA DIFETTI DI ALGORITMI DI CIFRATURA CHE USANO UNA CHIAVE DI CIFRATURA K C, COSTITUITA DALLA KI.

DA EVIDENZIARE ANCHE IL 2.5G, CHE INTRODUCE LA RETE A PAUCHEZZO DI SINTESI DI

4G (TECNOLOGIE LTE)

AUMENTA IL DATARATE E, DI CONSEGUENZA, LA MOBILITÀ. SI APPoggia alle tecnologie:

• OFDMA (IN DOWNLINK)

• FDMA (IN UPLINK) → TECNICA SC-FDMA PER TRASMETTERE GLI OFDM SU UNO SLOT DI FREQUENZA.

Test Taker Name
Appointment #
Appointment Status
Test Title
Test Date/Time
Test Center
Address

IL 4G INCONTRA NUOVE TECNOLOGIE CHE SONNO CONTRIBUICI PER IL 5G:
• BEAM-FORMING → SAGOMATURA DEL FASCI RADIO IN MODO DA DIRIGIRE L'ONDA ELETROMAGNETICA DIRETTAMENTE ALLA STATION

- SDMA
- MIMO

IL 4G SI TRAMUTE SOTTO UN CONNUTAZIONE A PUNZETTO ED È CENTRALE ANCHE LA TECNOLOGIA VOLTE (POSSIBILITÀ DI TRASMETTERE INFORMATO SU 200 VOLTI).

AREE DI COPERTURA 4G:

- 2600 MHz
 - 1800 MHz
 - 900 MHz
- VELOCITÀ DI PICO MA COPERTURA LIMITATA
→ VELOCITÀ UMIMA MA ELEVATA COPERTURA

5G

RETE IDRORIMOBILE CHE PREVEDE PERFORMANCE PIÙ EVOLUTE PER LA CONNESSIONE SU PERSONE E COSE (AD ESEMPIO SMART CAR, CONNECTED HOME...).

CARATTERISTICHE:

- ENHANCED MOBILE BROADBAND EMBB → BANDA LARGA MILITARE CHE CONSENTE UNA ELEVATA VELOCITÀ DI TRASMISSIONE PER GLI UTENTI FINALI
- MASSIVE MACHINE TYPE COMMUNICATION MTC → COMUNICAZIONE MASSICIA CON VARIOSI DISPOSITIVI CONNESSI (SISTEMI DI MONITORAGGIO, SENSORI)
- ULTRA-RELIABLE AND LOW LATENCY COMMUNICATION URLLC

INDICATORI KPI:

EMBB

- 10/20 Gbps DI PICO SU RADIO-BASE

- INTERCONNESSIONE CHE COLLEGÀ LA RADIO-BASE ALLA RETE

- 100 Mbps DI VELOCITÀ DI CONNESSIONE DA UTENTE → 1000 volte più rapido

- SUPPORTO MOBILITÀ VELOCE

- TECNOLOGIA GREEN

URL

- ELEVATA COPERTURA SPAZIALE

- ELEVATE DISTANZE DI TRASMISSIONE $MCC = P_r - P_t$ MASSIMA PERDITA DI ACCOPPIAMENTO
- TEMPO DI VITA DI UNA BATTERIA DI CIRCA 10 ANNI **SLUM NON MUORE MAI SI OPPONE**

TRELLI

- AFFIDABILITÀ QUASI DELL'1%, ALL'99,999%
- DATA RATE DI 0,5/10 MB/s
- MIGLIORI ELEVATE

NON SONO MOLTO DIFFUSI (NO LIOPPO RENO PRO 5G QUANDO CONFERMO (7) DISPOSITIVI SONO) CHE SONO MOLTO DIFFUSI (NO LIOPPO RENO PRO 5G QUANDO CONFERMO (7) DISPOSITIVI SONO) SONO IMPLEMENTATI CON UNA INTERFACCIA CANALE RADIO 5G MA CON CONNESSIONE DI TIPO 4G 4G+.

IL 5G PUÒ ESSERE CARATTERIZZATO DA:

- USO DI FREQUENZE BASSE => **BASSA ATTENZIONE, ALTA CAPACITÀ**
- Usare meno piccole
- FWA DEDICATA

- USO DI FREQUENZE ELEVATE => **COPERTURA CONTINUA**
- Usare più omnidi

LE TECNOLOGIE ABILITANTI CHE CONSENTONO L'USO DEL 5G SONO:

- NEW RADIO NR → L'UTILIZZO DELLO SPETTO È DIFFERENZIALE
USO DELLA TECNICA OFDM PER TRASMETTERE SEGNALI CON NUMERI DIVISI

- NEW BANDS NB → USO DI FREQUENZE BASSE

- MASSIVE MIMO → USO DI N ANTENNE DI TRASMISSIONE ED IN DI RICEZIONE

- NEW CORE NETWORK → RETE VIRTUALE 23A

GESTIONE DEL PATH-LOSS: $P_r = \frac{P_t G_t G_r}{(4\pi)^2} \cdot \text{DISTANZA}$ → cresce $\text{DISTANZA} \Rightarrow$ cresce $P_r \Rightarrow$ cresce G_t e G_r

LIMITE A BASSE FREQUENZE:

- NON riescono a superare ostacoli FISICI

- PROBLEMA ANCHE "TEMEMO IL TELEFONO IN MANO": A FREQUENZE MOLTO BASSE, LA PELLE UMANA RIESCIE RITRAZIONE TUTTA L'ONDA ELETROMAGNETICA

QUANDO IL 5G SARÀ TOTALMENTE DIFFUSO, SI SARÀ IN CASO DI SACCHETTARE IL FASCIO **FRIZZ**

DIRETTAMENTE VERSO GLI UTENTI PER MINIMIZZARE IL COGLIO PRECARIO. LE ANTENNE USATE PER

IL 5G PRESENTANO AL LORO INTERNO ASPECTI ELETROMAGNETICI, ELETTRONICI, RADOMMATTIVI E DI VESPAZIANT DEL SEGNALE

RIPARAZIONE DEL CORTE NETWORX:

- COMPLETAMENTE IP
 - COMPLETAMENTE VIRTUALIZZATA

IL WI-FI

DEFINIZIONI:

- DISTRIBUTION SYSTEM → COLEGAMENTO VERSO ALTRI DISPOSITIVI DI RETE DI GENERAZIONE PREVIA
- BASIC SERVICE SET → INSIEME DI DISPOSITIVI WIRELESS CHE SI RACCOLGONO ALL'INTERNO DELL'AREA COPERTA DA UN SERVIZIO WIRELESS
- EXTENDED SERVICE SET → GRUPPO DI AP INTERCONNESSE AMMANSO UN'INFRASTRUTTURA DI RETE IN MODO DA AUMENTARE L'AREA COPERTA DA UN SERVIZIO

STANDARD

IL WIFI SI INSTAURA CON LE BANDE 2.4 GHz o 5 GHz. UNA TRANSMISSIONE O CUPA 20 Mbps.

ED È RICHIESTA ORTOPEDIALITÀ. PROBLEMA DELL'OVERLAPPING: IN 2.4 GHz, SOLO 3

CANALI SONO PURAMENTE SEPARATI. IN 5 GHz, SI POSSANO AVERE UN NUMERO DI CANALI MAGGIORI

PROBLEMI:

- LA TECNOLOGIA FUNZIONA SOLO SE TUTTI I DISPOSITIVI SONO A 5G
- A BANDA MINORE SI HA UNA FREE SPACE LOSS MAGGIORA, QUINDI L'AREA DI COPERTURA È RIDUCA CON IL SIMBOLICO ACCESS POINT DI 5G

IEEE 802.11

INSIEME DI STANDARD PER LE COMUNICAZIONI WLAN. I PROTOCOLLI PRINCIPALI SONO IL

a, b, g, h;

b, g) SPECTRUM 2.4 GHz. USATO SOLO PER L'EIRP < 20 dB

a) SPECTRUM 5 GHz. MA NON RISPONDE ALLA NOMINA
EUROPEA

h) LE RISPOSTA

o-x) WIFI 6

- DA 20 A 160 MHz
- MODULAZIONE 1024 QAM
- USO BANDA 6 GHz (WIFI 6 = EXTENDED)

IRTIME: TRASMISSIONE IN CANALE LIBERO

INDOOR

DESCRIVRE LE ARQUITETTURE DI ACCESS POINT PRINCIPALI:

• **FAT** → DISPOSITIVI AUTONOMI CON DIVERSE FUNZIONALITÀ

• **FIT** → LIGHTWEIGHT. BASATA SULLE COMUNICAZIONI WLAN, MA NON SONO AUTONOME E NECESSITANO QUINDI DI SERVER DEDICATI. HA IL VANTAGGIO DI AVERE UNA GESTIONE UTENTI AVANTAGE E PREVEDE UNA REALIZZAZIONE RAPIDA DELLA RETE

APPROCCIO PLANNING

• **ASATO SULL'ORMING**, È LA FASE FINALE DEL PROCESSO DI ASCOLTO E COMPRENSIONE DELL'INFORMAZIONE RICEVUTA GARANTISCE UN NIVELLO DI SEGUIMENTO TALE CHE IL CLIENTE RICEVA A MASSIMIZZARE IL DATO RICEVUTO

ROAMING

IMPOSTA LA RETE PER FARLE IN MODO CHE VI SIA COPERTURA CONTINUA CON I LIVELLI DI SEGNALE NECESSARIO.

CENNI AGLI INCONTRI CON LE TECNOLOGIE SATELLITARI

UN SATELLITE È UN CORPO CHE PUÒ NELLO SPAZIO SEGUIENDO ORBITE PRECISE. IN PARTICOLARE, I SATELLITI ARTIFICIALI SONO PROGETTATI E POSIZIONATI DALL'UOMO A SCOPO ANALITICO. ALUNE IMPORTANTI APPLICAZIONI SONO:

• **TRADIZIONALI (TEMPERATURA, LUM, METEOROLOGIA)**

• **TELEMICROSCOPIA (CONNESSIONI PER COMMUNICAZIONE DA REMOTO...)**

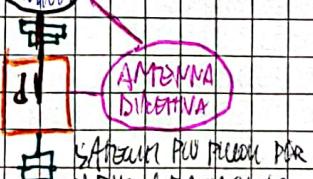
IN CASO DI GUERRA SI PREFERISCE L'USO DELLA RETE TELESCOPICA. NEI CASI IN CUI CI SOLO NON SIA POSSIBILE (GUERRA, DESERTO...) SI SOSTITUISCE LA RETE SATELLITARE, PIÙ DIFFICILE DA REALIZZARE



MOTORE DI ROTAZIONE → MANTEGGERE IN ORBITA IL SATELLITO



PANNELLI SOLARI



$D \approx 40.000 \text{ Km} \Rightarrow f_{SI} = 2000 \text{ GHz} \Rightarrow$ NECESSARIO ANTENNA A WADRO

SATELLITE PIÙ PICCOLO PER
ORBITA A BASSA ALTEZZA

MOLTO ANTO

TIPOLOGIE DI COMUNICAZIONE:

• UPUNK TERRA → SATELLITE

• DOWNLINK SATELLITE → TERRA

A FREQUENZE AURE si richiede l'uso di SATELLITI CON TECNICHE DI PREZIONALI

LA RETE SATELLITARE SI DIVIDE IN:

• STAZIONE A TERRA

INNA

SEMPRE IN

COMBINAZIONE

• SATELLITE IN ORBITA

NUOVO

SPIEGATO

• UTENTE (FISSO/IN MOTU)

ATTIVITA'

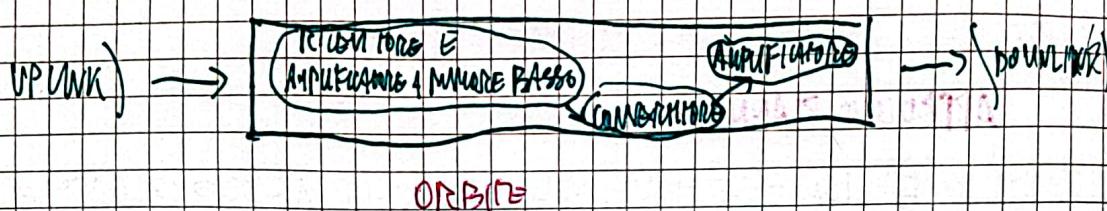
L'ATTIVITA' CHE SVOLGE QUESTO

ATTIVITA' È IL "RISPOSTA".

ATTIVITA' DELL'

- TRANSPONDER → AMPLIFICATORI & CONVERTITORI. IN UP/DOWNLINK SI USANO INTEGRATED PER VIA DELLE

- PROCESSORI → AMPLIFICA, CONverte IN SEQUENZA, TRASMETTENDO L'INFORMAZIONE



I SATELLITI POSSONO PERCORSIERE:

• ORBITE EQUATORIALI CON LA TERRA SU UNO DEI FUORI

• ORBITE CICLOIDALI

L'INCIDENZA DELLA TERRA TANGENTIALE SUPERFICIE TERRESTRE E PASSANTE PER IL SATELLITO

L'ARCO DI ELEVAZIONE, E SE OLTRE IL SATELLITE È FUORI ORBITA È NON UTILIZZABILE.

POSSONO DISTINGUEREE LE SEGUENTI TIPOLOGIE DI ORBITA:

• GEOSTAZIONARIA → SATELLITE VISTO DA TERRA SULLA STESSA POSIZIONE

BASSA MA

DA FSL E NON HA ROTAZIONE

• IEO (ESTERNA QUOTA) → COPERTURA CONTINUA grazie all'uso di PIÙ SATELLITI. Rende la connettività mobile (MPSL)

• MEO (MEDIA QUOTA) → COPERTURA CONSIDERABILMENTE NUOVA AMPIA

SISTEMI SATELLITARI MOBILI

PREVEDONO:

① ARCHITETTURA UTENTE → SATELLITO → STAZIONE

② INTER-SATELLITE TRANSFER: DATI DI VALUTAZIONE PER MINIMIZZARE IL NUMERO DI SATELLITI

③ TEMPO DI VISIBILITÀ DIPENDENTE DA ALTITUDINE ED AMPIZZA DI ELEVAZIONE

LIMITATA QUOTI, UTENTE NECESSITA DI DIVERSI SATELLITI E QUINDI DI DIVERSE POSIZIONI

TECNICA DI POSIZIONAMENTO GNSS

Fiscal Navigation System

CPT MA I PIÙ MODERNI GPS, PRINCIPALMENTE SVILUPPATO PER IL DIPARTIMENTO DI CINTURA DI PESA DEGLI USA.

L GPS GENERAL STANAGI OTADMUNAN BME WOSIFCMI ED LABOUR, WORKING
AEROFORCE USAF AB UN MILITARY C4E

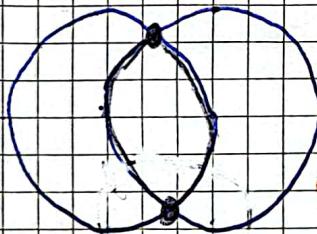
FORMULARE LA POSIZIONE.

Ogni servizio trasmette un segnale con una informazione contenente il destinatario, posizione sonora e i dati temporali di trasmissione del messaggio.

Il ricevitore elabora il segnale del satellite e determina il tempo impiegato per percorrere il tratto satellite - ricevitore. Su una base del rimando di propagazione si determina la distanza ricevitore - trasmettitore.

↳ WORK IN MEMO AL RICEVITORE PER VIA SIA PROFSSIONE CHE CONFRONTATE MESSAGGI; NE CONSEGUENTE CHE IL GPS NECESSITA DI UNA BASE TEMPORALE MOLTO PRECISA.

Calcolo della posizione: se il ricevitore conosce la sua distanza dal satellite e la sua posizione, è in una superficie sferica di $R = d_{\text{sat-sat}}$ con il centro nel satellite.



SE ABBIANO DUE SATELLITI IL RICEVITORE È IN DUE SUPERCELLI SFERMICHE E
IL RICEVITORE A TEMPO CAMBIA SULLA INTERSEZIONE DELLE DUE SFERME (UNA UNA

SI USA UN COTONEO DA WI SI RICAVA IL PACCIO E IL RIZZIORE, CONOSCE

LE COORDINATE NELLO SPAZIO DEI 3 STATUTI PUÒ RSOLVERE IL SISTEMA DI 4 EQUAZIONI

BUT I SAW IT IN MY DREAM

$$P_1 = \sqrt{(x_1 - x_c)^2 + (y_1 - y_c)^2 + (z_1 - z_c)^2} = b_1$$

$$P_2 = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + (z_2 - z_0)^2} - b_2$$

$$P_3 = \sqrt{(X_3 - X_0)^2 + (Y_3 - Y_0)^2 + (Z_3 - Z_0)^2} - b_0$$

$$P_4 = \sqrt{(x_4 - x_0)^2 + (y_4 - y_0)^2 + (z_4 - z_0)^2} = 24$$

CAUSE DI ERRORI:

- 1 RUMORE TERMICO**
 - 2 ERRORE SISTEMATICO CHE "SPOGLIA" LA POSIZIONE**
 - 3 POSIZIONE RELATIVA DEI SATELLITI DA QUI SI ESTRAE L'INFORMAZIONE**
 - 4 ATTIVAMENTO DELL'AMMOSFERA**
 - 5 ERRORE SUGLI OROLOGI DEI SATELLITI**
 - 6 TEORIA DELLA RELATIVITÀ (CIRCONFERENZA E GENERALE)**

Per migliorare le performance, si può utilizzare il chip nel ricevitore mobile da questo modo, di cui:

- SI CONOSCE LA POSIZIONE, CHE RESTA IMMUTATA NEL TEMPO
- RICEVE SEGNALI GPS E CALCOLA LA DISTANZA ESATTA
- DETERMINA VELOCITÀ NELLE RUEZZONI
- INVIA UNA INFORMAZIONE DI CONNEZIONE

SISTEMA GALILEO

È UN SISTEMA DI NAVIGAZIONE PRIVATO (UE) CHE LAUCA A DISTANZE PIÙ ELEVATE DELL'AL GPS. INTRODUCE IL SEGNALE DI INTEGRITÀ PER ASSICURARE LA QUALITÀ DEI SEGNALI.