**LEZIONE 14 – RETI CELLULARI**

Ogni area è suddivisa in più celle, ciascuna servita da un trasmettitore di debole potenza su frequenze destinate ad essere riutilizzate in celle non contigue. Quando ci si muove tra le celle, il sistema cellulare commuta agganciando automaticamente il segnale più intenso in quel punto, questo è il cosiddetto **handover** tra le celle.

Abbiamo tre aspetti importanti da considerare quando si parla di reti wireless:

* **Attenuazione del segnale**: le radiazioni elettromagnetiche si attenuano quando attraversano determinati ostacoli; nello spazio libero l’intensità del segnale si attenua al crescere della distanza percorsa (path loss).
* **Interferenze** da parte di altre sorgenti: frequenze wireless standard (es. 2,4 GHz) condivise da altri dispositivi (es. telefonini); anche rumori ambientali (es.motori) causano interferenza.
* **Propagazione** su più cammini: una parte delle onde elettromagnetiche si riflette su oggetti e sul terreno, compiendo cammini di diversa distanza tra trasmittente e ricevente.

Quindi, abbiamo diversi fenomeni che potrebbero causare problemi alla rete, che sono:  
***Riflessione, diffrazione, assorbimento, rifrazione e diffusione***

**CDMA, FDMA e TDMA**

Agli utenti di uno stesso servizio l'accesso simultaneo al mezzo trasmissivo è consentito mediante tecniche di divisione:

* di *frequenza* (**FDMA**): utenti diversi trasmettono contemporaneamente su frequenze diverse.
* di *tempo* (**TDMA**): utenti diversi trasmettono in tempi diversi sulla stessa frequenza.
* di *codice* (**CDMA**): utenti diversi trasmettono contemporaneamente sulla stessa frequenza usando codici diversi.

CDMA

È il protocollo di accesso al canale condiviso più diffuso nelle reti wireless e nelle tecnologie cellulari, utilizza una tecnica ad accesso multiplo basato su **codici ortogonali**. Consiste nell’assegnare un codice unico a ciascun utente (*code set partitioning*), poiché tutti gli utenti condividono la stessa frequenza, ma ciascuno ha la propria sequenza chipping per codificare i dati.

Consente, quindi, a più utenti di coesistere e trasmettere simultaneamente con un’interferenza minima.

Come abbiamo detto, le sequenze di chip sono scelte in modo da essere tra loro ortogonali. Queste vengono create dividendo ciascun tempo di bit in m sottointervalli.



Ogni bit è rappresentato da una sequenza di chip e per ogni bit da trasmettere, si trasmette il chip o il suo opposto.  
Esempio:

Immagine che contiene testo, Carattere, tipografia

Descrizione generata automaticamente

Ogni sequenza è composta da N elementi (N=stazioni), N deve essere una potenza di 2.

Esempio con 4 stazioni:

Immagine che contiene testo, schermata, diagramma, design

Descrizione generata automaticamente

Segnale digitale creato dalle 4 stazioni:

Immagine che contiene diagramma, schermata, linea, testo

Descrizione generata automaticamente

Il CDMA permette, quindi, a **più utenti** di trasmettere **contemporaneamente** (al contrario di TDMA) senza **suddividere lo spettro** disponibile (al contrario di FDMA).

Trasmettendo m chip per ogni bit generato, si passa da una bit rate **R** a una chip rate Rc = m**R**Avendo così lo spettro del segnale che risulta **m** volte più largo e un segnale più resistente ai disturbi.

**TECNOLOGIE AD INFRAROSSI E ONDE RADIO**

**Bluetooth**

Una tecnologia wireless a corto raggio progettata per connettere dispositivi portatili come smartphone, auricolari, altoparlanti e dispositivi indossabili. Opera sulla banda di frequenza ISM a 2.4 GHz e offre una velocità di trasmissione dati fino a 721 Kbps. È noto per essere economico, facile da usare e consumare poca energia. Bluetooth utilizza una tecnologia a diffusione di spettro per evitare interferenze con altri dispositivi nella stessa banda di frequenza.

**IrDA** **(Infrared Data Association)**

Una tecnologia di comunicazione wireless che utilizza la radiazione infrarossa per trasmettere dati tra dispositivi posti a breve distanza (1-2 metri) e in linea di vista. Ha una velocità di trasmissione dati fino a 4 Mbps, ma alcuni dispositivi possono raggiungere i 16 Mbps. Tuttavia, richiede la visibilità diretta tra i dispositivi e non può trasmettere attraverso ostacoli come pareti.

**LAN Wireless**

Questa tecnologia consente la connessione in rete di dispositivi senza l'uso di cavi. Utilizza access point (AP) per fornire accesso a Internet e comunicazione tra dispositivi. Le reti LAN wireless offrono vantaggi come la mobilità dei terminali, la facilità di installazione, la copertura anche attraverso ostacoli e la riduzione dei costi di cablaggio. Gli standard LAN wireless più comuni sono definiti dal IEEE 802.11 e includono varianti come 802.11b, 802.11a, e 802.11g, ognuna con diverse velocità di trasmissione e frequenze operative.

Vantaggi:

***Mobilità dei dispositivi***: Una delle principali vantaggi delle reti wireless è la possibilità di muoversi liberamente mentre si è connessi alla rete. Gli utenti possono accedere alle risorse di rete e navigare su Internet da qualsiasi punto all'interno della copertura Wi-Fi, senza essere vincolati da cavi o connessioni cablate. Questo aumenta la flessibilità e la comodità, sia negli ambienti domestici che in quelli aziendali.

***Facilità di installazione e connessione***: Le reti wireless eliminano la necessità di installare cavi e infrastrutture cablate, semplificando notevolmente il processo di installazione e configurazione. Gli access point possono essere posizionati facilmente ovunque vi sia disponibilità di alimentazione elettrica, consentendo agli utenti di creare reti wireless con estrema facilità.

***Flessibilità strutturale***: Le reti wireless offrono maggiore flessibilità nella progettazione e nella distribuzione degli ambienti, consentendo di evitare la necessità di modifiche strutturali per l'installazione di cablaggi. Questo è particolarmente vantaggioso in ambienti dove l'installazione di cavi potrebbe essere costosa o impraticabile, come in edifici storici o in aree geograficamente difficili.

***Riduzione dei costi di cablaggio***: Eliminando la necessità di cablaggio fisico, le reti wireless riducono i costi associati all'installazione e alla manutenzione delle infrastrutture cablate. Ciò si traduce in risparmi significativi per le aziende e gli utenti domestici, specialmente in contesti in cui sono necessarie estese reti di connettività.

***Scalabilità nell'interconnessione di terminali***: Le reti wireless consentono di collegare un gran numero di dispositivi senza i vincoli fisici dei cavi. Questo permette una facile espansione della rete aggiungendo nuovi dispositivi o access point, senza la necessità di modifiche strutturali o di cablaggio aggiuntivo.

Svantaggi:

***Interferenze***: Le reti wireless possono essere soggette a interferenze da altri dispositivi operanti nella stessa banda di frequenza, come forni a microonde, telefoni cordless e altri dispositivi wireless. Queste interferenze possono causare degrado delle prestazioni e interruzioni nella comunicazione. È importante utilizzare tecniche di mitigazione delle interferenze e selezionare bande di frequenza meno affollate quando possibile.

***Fading Multipath***: Quando un segnale radio viaggia attraverso un ambiente con ostacoli come pareti e mobili, può subire il fenomeno del fading multipath. Questo accade quando le onde radio riflettono o si rifrangono su superfici diverse, causando sfasamenti temporali nel segnale ricevuto. Il fading multipath può portare a perdita di segnale e degradazione delle prestazioni, specialmente in ambienti urbani densamente popolati. È possibile mitigare questo problema utilizzando tecniche di modulazione avanzate e antenne direzionali.

***Sicurezza dei Dati***: Le reti wireless sono più vulnerabili agli attacchi informatici rispetto alle reti cablate, poiché i dati trasmessi possono essere facilmente intercettati da hacker o dispositivi non autorizzati. È fondamentale implementare protocolli di sicurezza robusti, come la crittografia dei dati e l'autenticazione degli utenti, per proteggere le reti wireless da accessi non autorizzati e violazioni della privacy.

***Limitazioni di Banda***: Le bande di frequenza utilizzate dalle reti wireless possono diventare congestionate, specialmente nelle aree urbane dense, a causa del crescente numero di dispositivi e delle crescenti esigenze di larghezza di banda. Questo può limitare le prestazioni e la velocità di trasferimento dei dati delle reti wireless. Per affrontare questo problema, è necessario gestire efficientemente l'allocazione delle risorse di rete e adottare tecnologie di gestione del traffico e di accesso al canale.

**Band ISM**

Le bande Industrial, Scientific, and Medical (ISM) sono bande di frequenza riservate per l'uso libero da parte di dispositivi come telefoni cordless, forni a microonde e tecnologie wireless come Bluetooth e LAN wireless. Le bande ISM sono spesso utilizzate perché non richiedono licenze e hanno limiti di potenza specifici per garantire la compatibilità elettromagnetica con altri dispositivi. Possono interferire con il normale funzionamento delle LAN wireless.

La maggioranza degli standard utilizza la banda ISM a 2.4GHz, poiché questa banda è ampiamente disponibile e offre una copertura significativa. Tuttavia, è importante notare che aumentando la frequenza, gli effetti di riflessione e assorbimento delle onde elettromagnetiche aumentano, mentre le distanze raggiungibili diminuiscono. Ad esempio, a 2.4 GHz si copre una distanza 4 volte superiore rispetto a quella che si coprirebbe a 5 GHz.

Negli USA, sono disponibili varie bande ISM. La banda a 2.4 GHz è la più comune ed è utilizzata da standard come l'802.11b e l'802.11g. L'802.11a, invece, opera a 5 GHz e sfrutta la modulazione QAM-64 per raggiungere velocità di trasmissione dati fino a 54 Mbps. Il comitato standard 802.11 ha anche proposto l'802.11g, che consente i 54 Mbps nella banda ISM a 2.4 GHz mantenendo la compatibilità verso il basso con l'802.11b.

Per lo standard 802.11, sono state adottate due differenti e incompatibili metodi di codifica: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) e DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Il FHSS comunica saltellando tra 75 sottocanali da 1-MHz, mentre il DSSS utilizza uno dei 14 canali da 22-MHz sovrapposti. Entrambi i metodi hanno vantaggi e svantaggi specifici. Il FHSS è meno soggetto a interferenze e considerato più sicuro, mentre il DSSS rende la comunicazione più difficile da avvertire e intercettare.

In sintesi, le bande ISM offrono un'opportunità per l'uso libero delle frequenze, ma è importante considerare le varie frequenze disponibili e le caratteristiche specifiche degli standard wireless per garantire una comunicazione affidabile e senza interferenze.

**Architettura delle reti wireless**

Le reti wireless sono organizzate in celle, note come Basic Service Set (BSS). Ogni cella è servita da un Access Point (AP), un dispositivo che fornisce il collegamento tra i dispositivi wireless e la rete cablata. All'interno di una cella, i dispositivi wireless, chiamati Wireless Terminal (WT), si collegano all'AP per accedere alla rete.

Le celle sono collegate tramite un Distribution System (DS), che consente la comunicazione tra gli AP e il trasferimento dei dati tra le celle. L'insieme di più celle costituisce una rete più ampia chiamata Extended Service Set (ESS). Questa architettura permette ai dispositivi wireless di spostarsi da una cella all'altra senza perdere la connessione, grazie al roaming trasparente tra gli AP.

**802.11 - Roaming**

Il roaming è una caratteristica fondamentale delle reti wireless che utilizzano il protocollo IEEE 802.11. Consente ai Wireless Terminal (WT) di spostarsi da un Access Point (AP) a un altro in modo del tutto trasparente, senza perdere la connessione. Questo significa che un dispositivo può passare da una cella all'altra all'interno di una rete senza interruzioni nella connessione, garantendo una continuità di servizio agli utenti mobili.

Caratteristiche del protocollo IEEE 802.11b:

***Data Rate***: Il protocollo IEEE 802.11b consente un data rate fino a 11 Mbps (megabit al secondo). È importante notare che la velocità effettiva di trasmissione può variare in base alle condizioni del canale e all'ambiente circostante.

***Scelta automatica della banda***: Il protocollo supporta la scelta automatica della banda di trasmissione meno occupata. Questo permette di ottimizzare le prestazioni della rete evitando le bande congestionate e migliorando la qualità della connessione.

***Scelta automatica dell'Access Point***: I dispositivi wireless possono scegliere automaticamente l'Access Point più adatto in base alla potenza del segnale e al traffico di rete. Questo aiuta a distribuire il carico sulla rete in modo uniforme e a garantire una connettività affidabile.

***Basse potenze di emissione***: Gli Access Point e i dispositivi wireless utilizzano basse potenze di emissione, generalmente nell'ordine delle decine di milliWatt. Questo non solo riduce il consumo energetico, ma contribuisce anche a limitare le interferenze con altre reti wireless e dispositivi elettronici.

***Copertura***: Il protocollo IEEE 802.11b offre una copertura con un range variabile dai 30-50 metri alle condizioni più sfavorevoli, come riflessioni e interferenze, fino a 70-100 metri e oltre in condizioni ottimali. Tuttavia, la copertura effettiva dipende da vari fattori ambientali e dalle caratteristiche specifiche degli Access Point e dei dispositivi wireless utilizzati.

Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, linea

Descrizione generata automaticamente

**Configurazione degli Access Point:**

Gli Access Point possono essere configurati tramite connessione ethernet, accedendo alla loro interfaccia web. Durante la configurazione, è possibile specificare il Service Set Identifier (SSID), che è il nome della rete wireless, e il numero del canale utilizzato per la trasmissione dei dati.

Inoltre, gli Access Point di solito implementano un server DHCP che assegna automaticamente gli indirizzi IP ai dispositivi connessi alla rete. Questo semplifica la gestione della rete e consente agli utenti di connettersi facilmente senza dover configurare manualmente gli indirizzi IP.

Immagine che contiene testo, schermata, software, Pagina Web

Descrizione generata automaticamente Immagine che contiene testo, schermata, software, Carattere

Descrizione generata automaticamente

L’AP mode consente di selezionare la funzionalità: Access Point, Wireless Client, Wireless Bridge, Multi-Point Bridge e Repeater

**ACCESS POINT:**

L'Access Point (AP) funge da punto centrale della rete wireless, consentendo a tutti i client di connettersi e comunicare tra loro. In questa modalità, l'AP gestisce il traffico di rete e fornisce accesso alle risorse condivise, come file e stampanti di rete. Nei restanti MODE, è richiesto l'inserimento del MAC address dell'AP remoto a cui ci si desidera connettere, garantendo una connessione sicura e stabile.

**WIRELESS CLIENT:**

Quando l'AP opera in modalità Wireless Client, funziona come un dispositivo wireless autonomo anziché come un punto di accesso. Utilizzando l'opzione di SITE SURVEY, l'AP può scansionare l'ambiente circostante per individuare altri AP disponibili. Una volta individuato, è sufficiente selezionare l'AP desiderato e cliccare su CONNECT per stabilire la connessione.

**WIRELESS BRIDGE:**

La modalità Wireless Bridge consente all'AP di creare un collegamento diretto con un altro AP configurato in modalità bridge. Questo è utile quando è necessario stabilire una connessione diretta tra due reti wireless distinte, consentendo la comunicazione tra dispositivi appartenenti a reti diverse.

**MULTI-POINT BRIDGE:**

Con la modalità Multi-Point Bridge, l'AP può connettersi simultaneamente a più AP utilizzando la funzione bridge. Questo consente di estendere la copertura della rete e facilitare la comunicazione tra più reti wireless, fornendo una soluzione scalabile e flessibile.

**REPEATER:**

La modalità Repeater consente all'AP di estendere la copertura della rete wireless amplificando il segnale e rinviandolo a un altro AP. Questo è particolarmente utile in aree dove il segnale wireless è debole o dove è necessaria una maggiore copertura, consentendo una connessione affidabile e stabile in tutta l'area.

**WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access):**

WiMax è una tecnologia wireless che consente l'accesso a reti di telecomunicazioni a banda larga senza fili, note come Wireless Metropolitan Area Network (WMAN). Le reti WiMax sono basate sullo standard IEEE 802.16 e possono operare in diverse bande di frequenza, generalmente comprese tra 2 e 11 GHz.

Le reti WiMax possono essere configurate sia in modalità Line of Sight (LoS) che Non Line-of-Sight (NLoS). Nella modalità LoS, le antenne delle stazioni comunicanti devono avere una visuale diretta tra di loro, mentre nella modalità NLoS, le antenne possono comunicare anche se non sono visibili tra loro, grazie alla diffusione del segnale radio attraverso gli ostacoli.

Immagine che contiene testo, diagramma, schermata, design

Descrizione generata automaticamente

Immagine che contiene testo, diagramma, schermata

Descrizione generata automaticamente