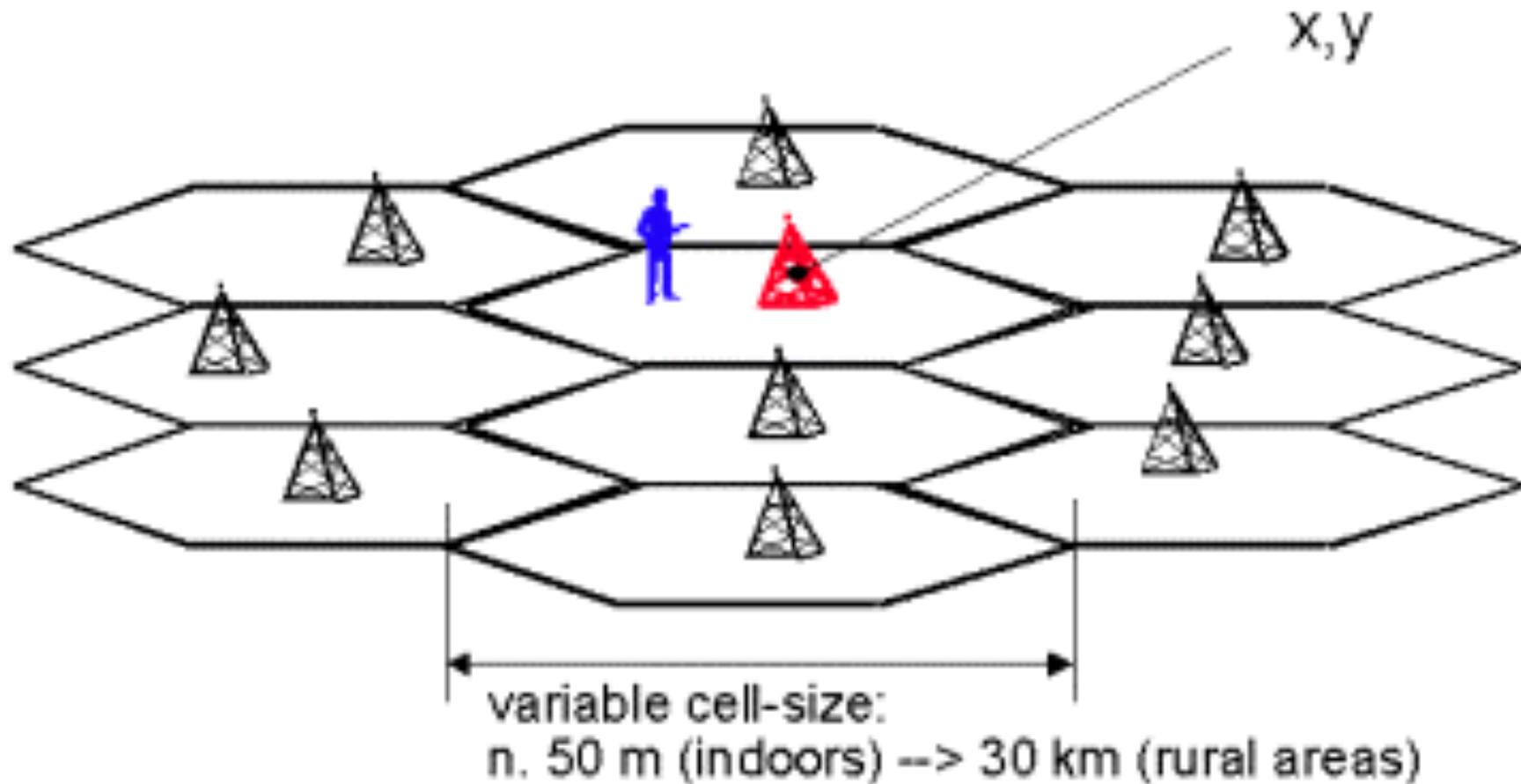


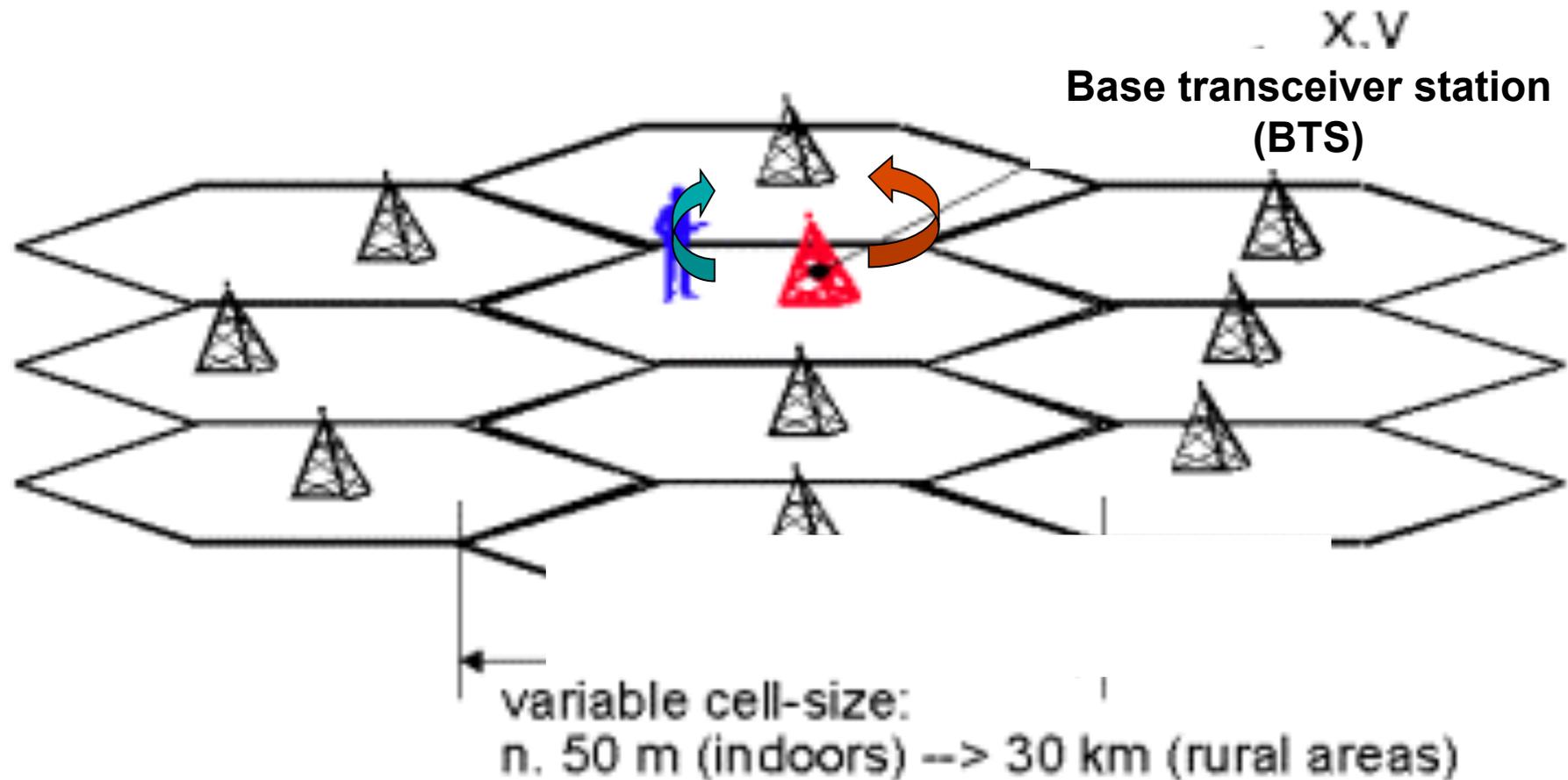
Telefonia cellulare

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.



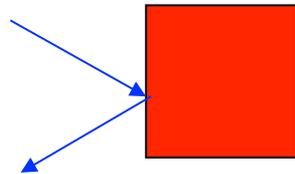
Handover fra le celle

Quando ci si muove tra le celle, il sistema cellulare commuta agganciando automaticamente il segnale più intenso in quel punto .

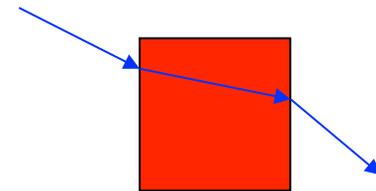


In funzione delle caratteristiche fisiche dell'ambiente attraversato e della frequenza utilizzata, un'onda elettromagnetica trasmessa nello spazio libero subirà fenomeni di

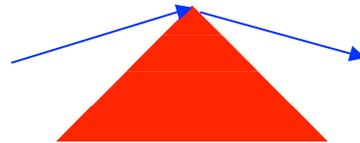
Riflessione



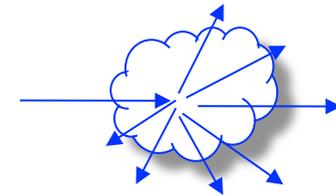
Rifrazione



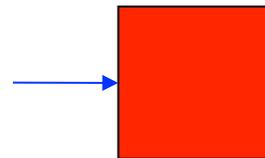
Diffrazione



Diffusione



Assorbimento



Un'onda radio è soggetta a fenomeni di

attenuazione: la potenza del segnale si riduce

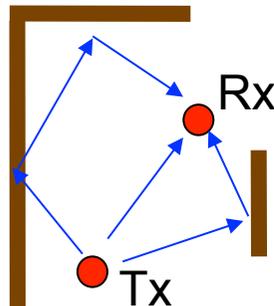
- all'aumentare della distanza (pathloss)
- a causa dell'attraversamento di ostacoli
- per assorbimento

interferenza: il segnale potrebbe subire modifiche a causa di

- altre sorgenti che utilizzano la stessa banda
- rumore elettromagnetico ambientale

cammini multipli: repliche dello stesso segnale seguono percorsi diversi e arrivano sfasate al ricevitore a causa di fenomeni di

- riflessione
- diffrazione
- diffusione



Poiché il mezzo radio deve essere condiviso tra diversi sistemi di trasmissione, occorre ripartire le frequenze in modo tale che i diversi Servizi non usino le stesse regioni dello spettro elettromagnetico

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

Code Division Multiple Access (CDMA)

Tecnica ad Accesso multiplo basato su codici ortogonali proposta dalla Qualcomm come alternativa a TDMA/FDMA nelle reti radiomobili di II generazione

Si divide ciascun tempo di bit in m sottointervalli chiamati

$$\text{chip } S = [s_1, s_2, \dots, s_m] \quad s_i \in \{-1, +1\}$$

Ogni bit è rappresentato da una sequenza di chip

Ad ogni utente è assegnata univocamente una particolare sequenza di *chip*

Code Division Multiple Access (CDMA)

Le sequenze di **chip** sono scelte in modo da essere tra loro ortogonali

$$s = [s_1, s_2, \dots, s_m] \quad t = [t_1, t_2, \dots, t_m] \quad s_i, t_i \in \{-1, +1\}$$
$$s * t = (1/m) \sum_{i=1}^m s_i * t_i = 0 \quad s * s = (1/m) \sum_{i=1}^m s_i * s_i = 1$$

Esempio:

$$s = [-1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, +1]$$
$$t = [-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1]$$

Per ogni bit da trasmettere, si trasmette il chip o il suo opposto:

$$b=1 \rightarrow s = [-1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, +1]$$
$$b=0 \rightarrow -s = [+1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, -1]$$

$$-s * s = (1/m) \sum_{i=1}^m s_i * -s_i = -1$$

CDMA: accesso multiplo

Esempio dati i 4 chip per i 4 utenti (s, t, u, v):

$$s = [-1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, +1]$$

$$t = [-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1]$$

$$u = [-1, -1, +1, -1, +1, +1, +1, -1]$$

$$v = [-1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, -1]$$

per trasmettere: $b_s=1, b_t=0, b_u=0, b_v=1$

si tramsette $z = s - t - u + v = 0, 0, -2, 0, -2, -4, -2, +2$

In ricezione l'utenete calcola la correlazione della sequenza ricevuta con il proprio chip:

$$z * s = (0 + 0 + 2 + 0 - 2 + 4 - 2 + 2) = +1 \quad \rightarrow b_s = 1$$

$$z * t = (0 + 0 + 2 + 0 - 2 - 4 - 2 - 2) = -1 \quad \rightarrow b_t = 0$$

$$z * u = (0 + 0 - 2 + 0 - 2 - 4 + 2 - 2) = -1 \quad \rightarrow b_u = 0$$

$$z * v = (0 + 0 + 2 + 0 + 2 + 4 + 2 - 2) = +1 \quad \rightarrow b_v = 1$$

CDMA: accesso multiplo

Esempio dati i 4 chip per i 4 utenti (s, t, u, v):

$$s = [-1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, +1]$$

$$t = [-1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1]$$

$$u = [-1, -1, +1, -1, +1, +1, +1, -1]$$

$$v = [-1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, -1]$$

per trasmettere: $b_s=1, b_t=0, b_u=0, b_v=1$

si tramsette $z = s - t - u + v = 0, 0, -2, 0, -2, -4, -2, +2$

ERRORE!

Proviamo a fare i calcoli...

In ricezione l'utente calcola la correlazione della sequenza ricevuta con il proprio chip:

$$z * s = (0 + 0 + 2 + 0 - 2 + 4 - 2 + 2) = +1 \quad \rightarrow b_s = 1$$

$$z * t = (0 + 0 + 2 + 0 - 2 - 4 - 2 - 2) = -1 \quad \rightarrow b_t = 0$$

$$z * u = (0 + 0 - 2 + 0 - 2 - 4 + 2 - 2) = -1 \quad \rightarrow b_u = 0$$

$$z * v = (0 + 0 + 2 + 0 + 2 + 4 + 2 - 2) = +1 \quad \rightarrow b_v = 1$$

CDMA e spettro “allargato”

Grazie alla disponibilità di un gran numero di sequenze di chip il CDMA è in grado di *servire più utenti rispetto al TDMA/FDMA.*

Il CDMA permette infatti 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 $R_c = mR$

- *lo spettro del segnale risulta m volte più largo*
- *il segnale è più resistente ai disturbi*

*Tecnologie ad **infrarossi** e **onde radio** (utilizzate per le comunicazioni tra sistemi portatili come palmari, macchine fotografiche digitali, riproduttori di MP3, ecc.)*

***Bluetooth**: consente collegamenti radio a 721 Kbps su brevi distanze (10 m), ed è progettato per essere economico, semplice da usare, facilmente integrabile e soprattutto a basso consumo.*

***IrDA** (Infrared Device Association): consente collegamenti ad infrarosso a 4 Mbps tra dispositivi posti in visibilità reciproca ad una distanza di 1 o 2 metri.*

***LAN Wireless**: consente connessioni in rete, senza cavi di collegamento, di portatili, palmari,*

Bluetooth: tecnologia progettata per trasmettere voce, dati e immagini a velocità superiori ad **1 Mbps**, a distanze superiori a 10 mt

microchip radio (dimensioni di 9x9 millimetri) consentono connessioni tra gli apparecchi che lo contengono (inserire il modulo radio in ogni strumento che lo supporti costa circa dieci dollari).

Il sistema utilizza la frequenza radio di **2.4 GHz**, e può trasferire dati alla velocità di **1 Mb/s**.

Il raggio d'azione di ogni radio chip è di circa 10 metri, ma può essere esteso fino ad oltre **100 metri** con l'ausilio di un **amplificatore**.

In una vecchia indagine dell'agenzia americana "Cahners In-Stat Group", specializzata in ricerche di mercato high-tech, si stimava in **1 miliardo e mezzo le unità wireless prodotte entro il 2005** .

L'**IrDA** (Infrared Data Association -organizzazione no profit- di produttori elettronici costituita nel 1994) definisce le specifiche fisiche dei protocolli che fanno uso della radiazione infrarossa per trasmissioni wireless a breve distanza.

Poiché le radiazioni prodotte non attraversano barriere solide (anche il vetro pregiudica la qualità della trasmissione) questi dispositivi che usano:

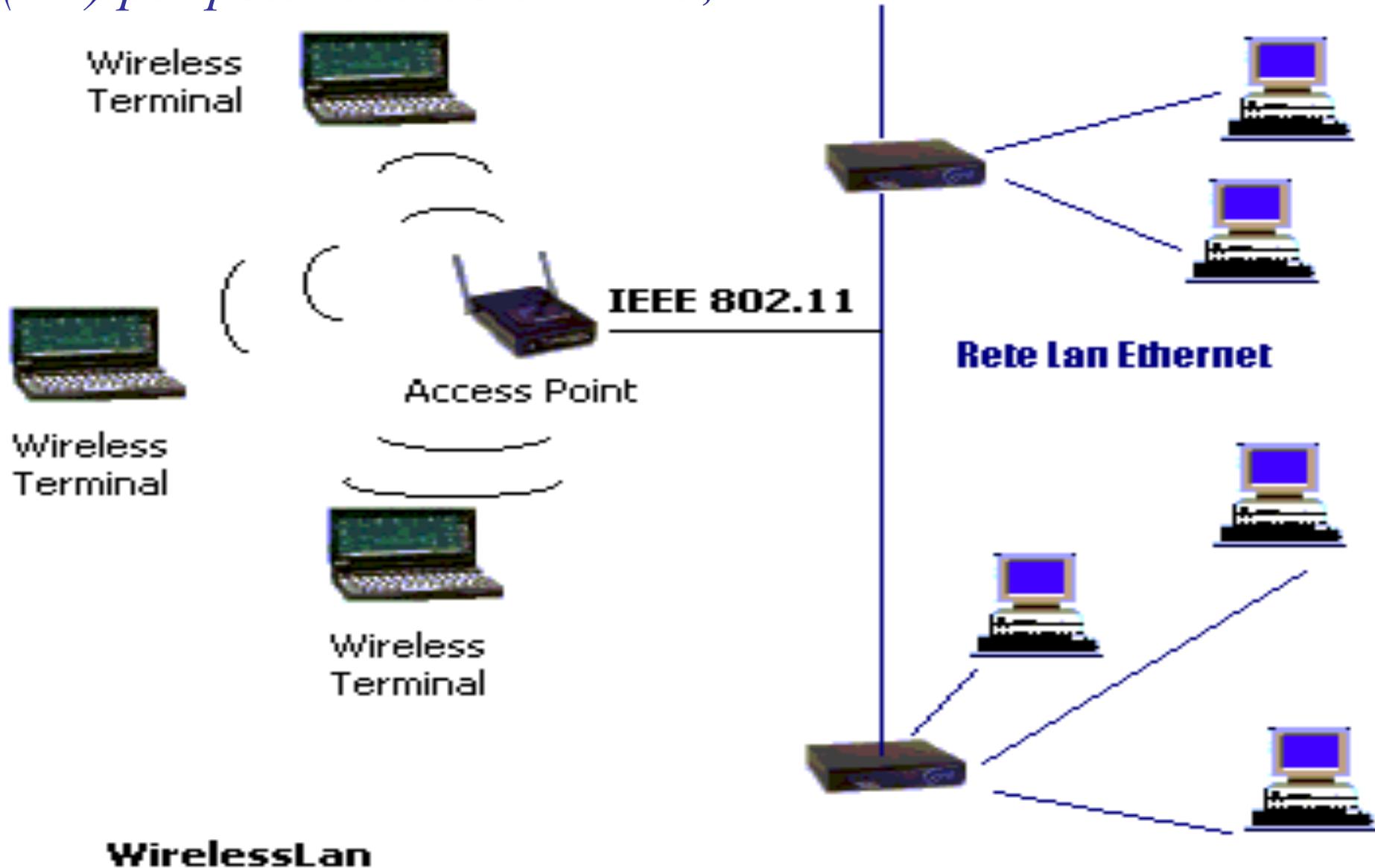
- come trasmettitori appositi LED (Light Emission Diode -lunghezza d'onda di 875nm, con una tolleranza di 30nm.) e
- come ricevitori fotodiodi PIN in generation mode (il fascio di luce entrante viene convertito in elettroni)

vanno posizionati in condizioni di visibilità reciproca (LoS, *Line of Sight* -linea di vista-) ad una distanza di 1 o 2 metri.

La velocità di trasmissione più comune è di circa 4 Mbit/s, ma alcuni dispositivi raggiungono i 16 Mbit/s

LAN Wireles (letteralmente “*senza fili*”)

*E' sufficiente entrare nel raggio d'azione di un **Access Point** (**AP**) per poter accedere al Web,*



Vantaggi di una rete wireless

1. *mobilità dei terminali*
2. *facilità di installazione e connessione degli apparati*
3. *copertura anche in presenza di ostacoli*
4. *flessibilità in caso di modifiche strutturali*
5. *riduzione dei costi di cablaggio*
6. *scalabilità nell'interconnessione di terminali*

Non una contrapposizione tra wireless e wired, piuttosto una visione integrata in cui i vantaggi delle reti senza fili permettono di superare alcuni limiti intrinseci del cablaggio (sono tipiche le infrastrutture di rete con dorsale wired e accesso wireless)

Problematiche non presenti nei sistemi cablati:

- **Scelta di una banda radio disponibile a livello mondiale**
- **Le microonde sono ionizzanti (occorre limitarne la potenza)**
- **Multipath fading: a causa della riflessione, i segnali radio ad alta frequenza vengono ricevuti con sfasamenti temporali dipendenti dalla lunghezza del percorso compiuto**
- **Problema della stazione nascosta/esposta**
- **La mobilità impone l'uso di tecniche di routing specializzate**
- **Elevata rumorosità delle trasmissioni radio**
- **I dati trasmessi via radio sono facilmente intercettabili (crittografia)**
- **Vulnerabilità alle interferenze dovute a dispositivi che lavorano alle stesse frequenze**

Bande ISM (Industriale, Scientifica, Medica): molti governi hanno mantenuto libere alcune bande di frequenze, note come bande ***ISM***. Tali bande possono essere liberamente usate a patto di rispettare precisi limiti di potenza.

Gli apparecchi che sfruttano le bande ISM:

**** telefoni cordless***

**** forni a microonde***

**** radiocomandi per cancelli automatici, sistemi d'allarme e giocattoli***

**** apparati radar***

**** Bluetooth***

interferiscono con il normale funzionamento delle LAN wireless.

La maggioranza degli standard utilizza la banda ISM a 2.4GHz (all'aumentare della frequenza aumentano gli effetti di riflessione ed assorbimento delle onde elettromagnetiche, diminuiscono pertanto le distanze raggiungibili – a 2.4 GHz si copre una distanza 4 volte superiore a quella che si coprirebbe a 5 GHz)

Negli USA sono disponibili le seguenti bande:

Frequenza iniziale	Larghezza di banda
902 MHz	26 MHz
2.4 GHz	83.5 MHz
5.725 GHz	125 MHz

In Europa e Giappone è disponibile solo la banda a 2.4 GHz.

*1997: lo standard **802.11** specifica tre tecniche di trasmissione tutte ad 1 o 2 Mbps*

1999 furono approvati:

- l'**802.11b**, che compatibile con 802.11, aggiungeva le due nuove velocità a 5.5 Mbps e 11 Mbps;*
- l'**802.11a**, che operando a 5 Ghz e sfruttando la modulazione QAM-64, poteva raggiungere i 54 Mbps*

*2001: il comitato propone l'**802.11g**, che consente i 54 Mbps nella banda ISM a 2.4 GHz, mantenendo la compatibilità verso il basso con 802.11b.*

Tabella riassuntiva delle varianti proposte allo standard 802.11:

Protocollo	Modul.	Velocità	Banda utilizzata
802.11	Infr. dif.	1 - 2 Mbps	-
802.11	FHSS	1 - 2 Mbps	2.4 GHz ISM
802.11	DSSS	1 - 2 Mbps	2.4 GHz ISM
802.11a	OFDM	54 Mbps	5.2 GHz
UNII			
802.11b	HR-DSSS	11 Mbps	2.4 GHz ISM
802.11g	OFDM	54 Mbps	2.4 GHz
ISM			

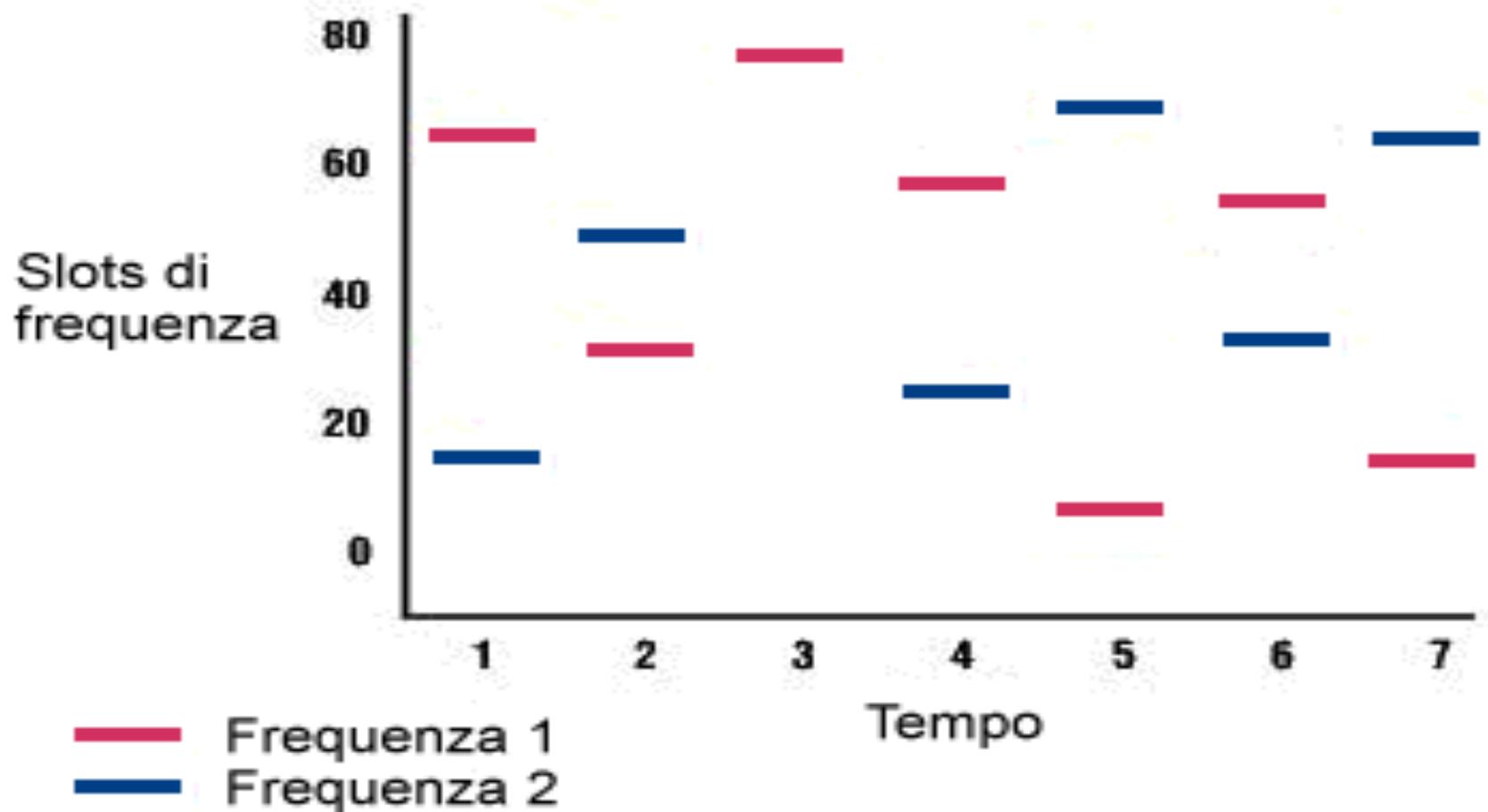
L'802.11g, compatibile con l'802.11b, è oggi lo

Per lo standard 802.11 sono state adottate due differenti e incompatibili metodi di codifica:

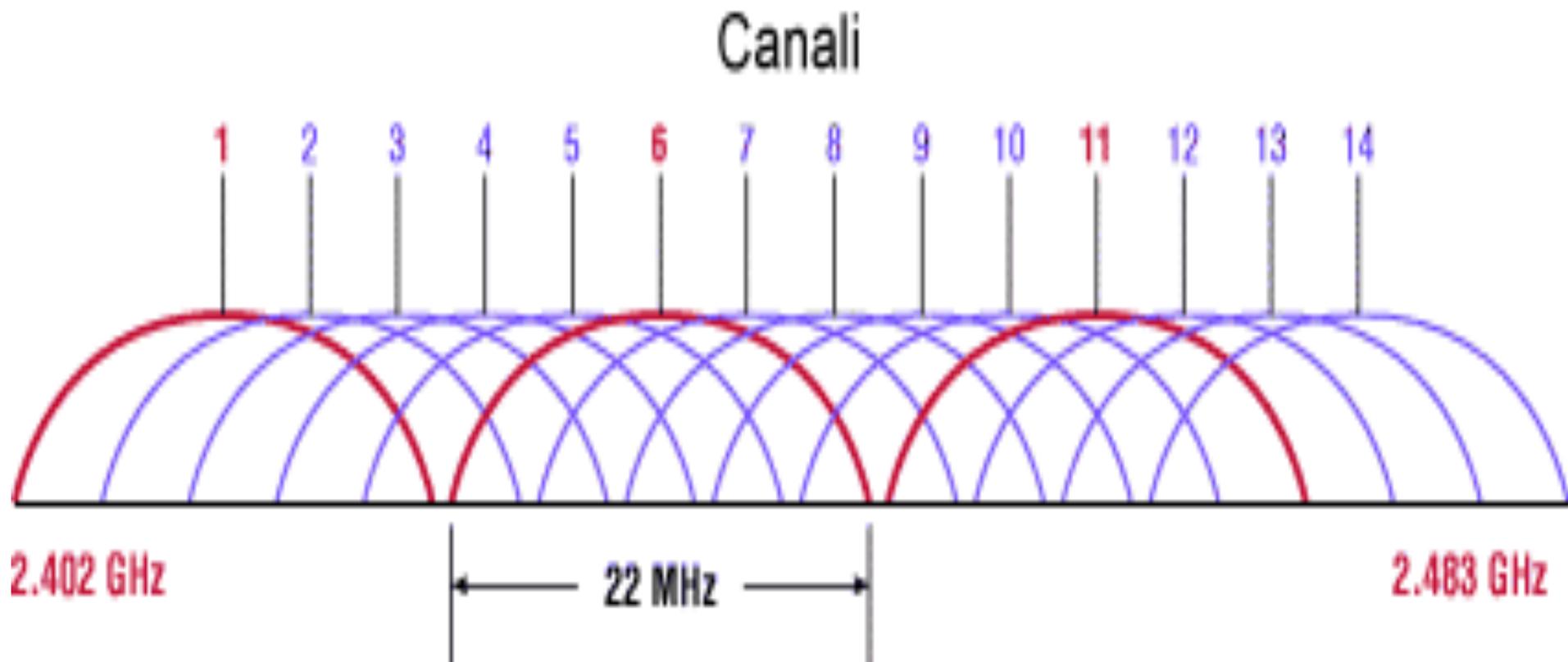
○ **FHSS** (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)
comunica saltellando tra 75 sottocanali da 1-MHz.

○ **DSSS** (*Direct Sequence Spread Spectrum*) *comunica utilizzando uno dei 14 canali da 22-MHz sovrapposti.*

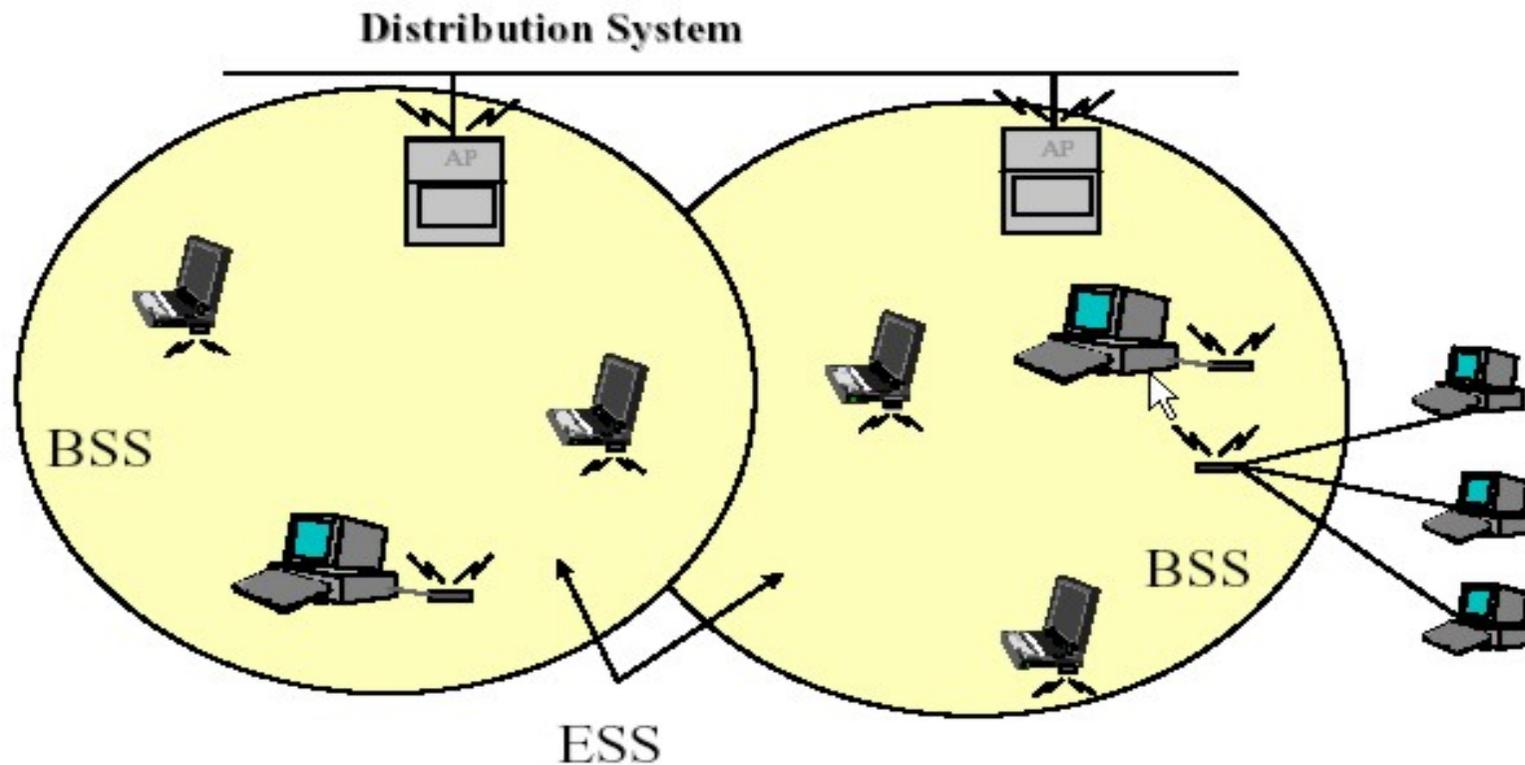
Frequency Hopping Spread Spectrum: trasmette bursts di bit saltando da una frequenza all'altra dello spettro. Questo avviene in seguito alla sincronizzazione del ricevitore con il trasmettitore. I segnali FHSS sono meno soggetti a interferenze, hanno il vantaggio di essere più sicuri e sono considerati più economici da produrre.



Direct Sequence Spread Spectrum: utilizza segnali a banda larga (simili a rumore radio) trasmessi a densità spettrale di potenza più bassa di quella in banda stretta; ciò rende la comunicazione più difficile da avvertire e intercettare. L'802.11 utilizza una chipping sequence a 11 bit



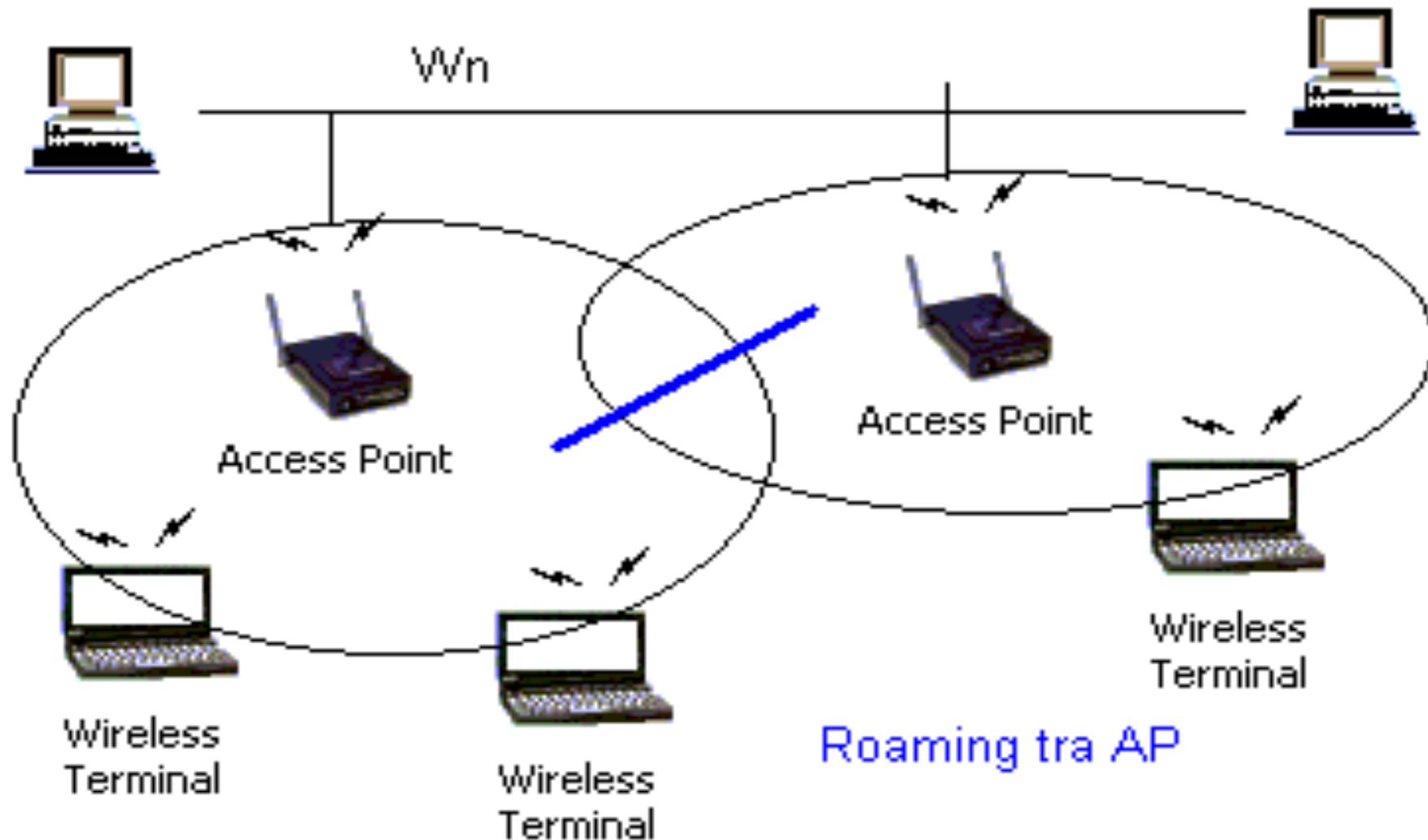
Architettura



- Il sistema è suddiviso in celle (BSS – Basic Service Set)
- Ogni cella ha il suo Access Point (AP)
- Ogni WT (Wireless Terminal) è agganciato ad un AP
- Gli AP sono collegati da un Distribution System (DS)
- L'insieme delle celle costituisce una rete 802 (ESS – Extended Service Set)

802.11 - Roaming

- Un WT passa da un AP ad un altro in modo del tutto trasparente (roaming)



Il protocollo IEEE 802.11b consente :

- un data rate fino a 11 Mbps (la velocità di trasmissione varia adattandosi al canale)
- la scelta automatica della banda di trasmissione meno occupata
- la scelta automatica dell'access point in funzione della potenza del segnale e del traffico di rete
- basse potenze di emissione (alcune decine di milliWatt)
- una copertura con un range dai 30-50 mt (condizioni più sfavorevoli: riflessioni, interferenze) ai 70-100 mt e oltre





Distanza del terminale dall'AP

In un raggio di circa 100m

In un raggio di circa 150m

In un raggio di circa 250m

In un raggio di 400m

Velocità di trasmissione

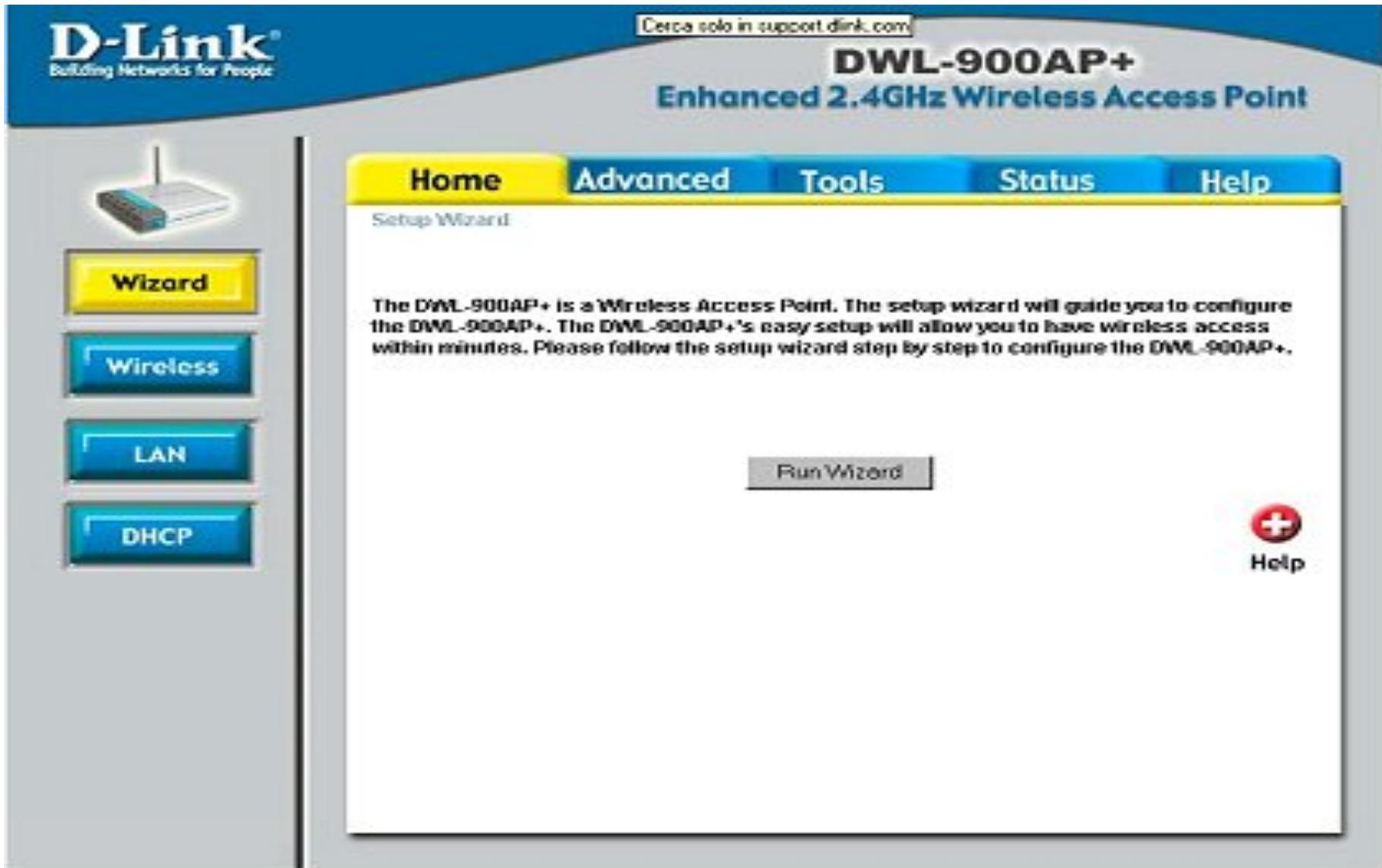
Velocità fino a 22 Mbps

Velocità fino a 11 Mbps

Velocità fino a 5.5 Mbps

Velocità fino a 1-2 Mbps

Molti access point possono essere configurati via ethernet, collegandosi all'home page del server web integrato (ad esempio l'apparecchio in figura è configurato in fabbrica per rispondere all'ip **http://192.168.0.50**)



The image shows the web configuration interface for a D-Link DWL-900AP+ Enhanced 2.4GHz Wireless Access Point. The interface is displayed in a browser window with a blue header. The D-Link logo is in the top left, and the text "Cerca solo in support.dlink.com" is in the top right. The main title is "DWL-900AP+ Enhanced 2.4GHz Wireless Access Point". Below the title is a navigation bar with tabs for "Home", "Advanced", "Tools", "Status", and "Help". The "Home" tab is selected. On the left side, there is a vertical menu with icons and buttons for "Wizard", "Wireless", "LAN", and "DHCP". The "Wizard" button is highlighted in yellow. The main content area is titled "Setup Wizard" and contains the following text: "The DWL-900AP+ is a Wireless Access Point. The setup wizard will guide you to configure the DWL-900AP+. The DWL-900AP+'s easy setup will allow you to have wireless access within minutes. Please follow the setup wizard step by step to configure the DWL-900AP+." Below this text is a "Run Wizard" button. In the bottom right corner, there is a red circular icon with a white plus sign and the word "Help" below it.

Set Wireless LAN Connection

Enter in the SSID name and Channel number to be used for the Wireless Access Point. Click **Next** to continue.

SSID

Channel



Il campo **SSID** specifica il nome usato per identificare la rete (è paragonabile al workgroup).

Channel specifica il **numero del canale** utilizzato per la rete.

D-Link
Building Networks for People

DWL-900AP+
Enhanced 2.4GHz Wireless Access Point

Home | Advanced | Tools | Status | Help

DHCP Server

The DWL-900AP+ can be setup as a DHCP server to distribute IP addresses to the LAN network.

DHCP Server Enabled Disabled

Starting IP Address 192.168.50.100

Ending IP Address 192.168.50.199

Lease Time 1 Hour

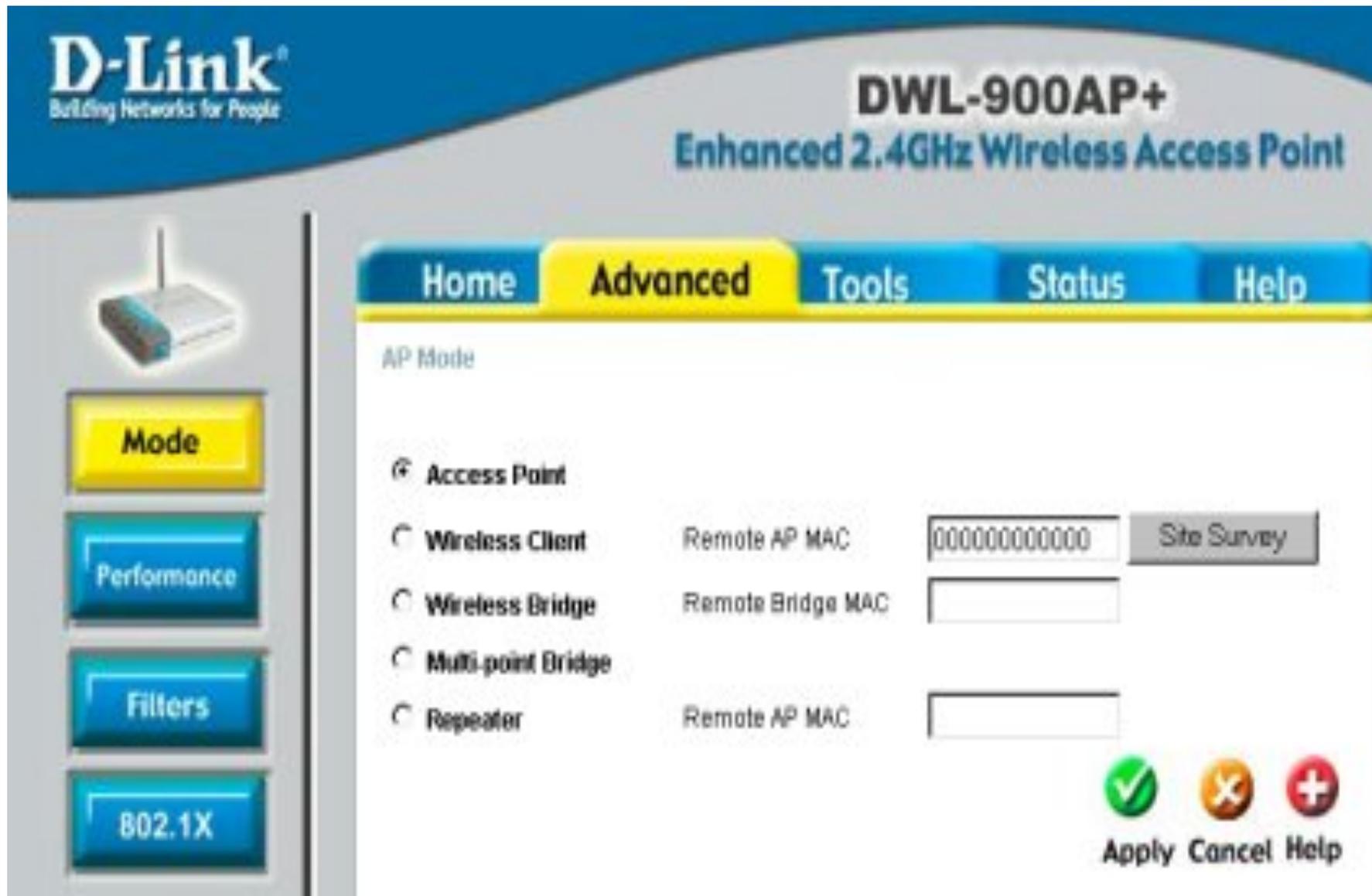
Apply Cancel Help

DHCP Client Table

Host Name	IP Address	MAC Address	Expired Time
-----------	------------	-------------	--------------

Wizard
Wireless
LAN
DHCP

Gli access point implementano di default un **server DHCP** su cui è possibile impostare il segmento della sottorete preferita.



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

- **ACCESS POINT**: consente la connessione fra tutti i client della rete. In tutti gli altri *MODE* è necessario inserire il mac address dell'access point remoto cui si deve appoggiare.
- **WIRELESS CLIENT**: l'access point diventa terminale wireless (selezionando l'opzione **SITE SURVEY**, si attiva la scansione della rete per individuare uno o più access point con cui potersi collegare. Una volta individuato basterà selezionarlo e cliccare su **CONNECT**).
- **WIRELESS BRIDGE**: consente di connettere un altro access point configurato in modalità bridge. È possibile selezionare questo modo se si devono collegare ad esempio 2 host attraverso la connessione wireless.
- **MULTI-POINT BRIDGE**: consente all'access point il collegamento con altri access point utilizzando la funzione bridge.
- **REPEATER**: Questa modalità invece permette all'access point di effettuare il routing dei pacchetti verso un altro access point in modo del tutto trasparente.

Comunicazioni Wireless a Larga Banda

WiMax (acronimo di **Worldwide Interoperability for Microwave Access**) è una tecnologia che consente l'accesso a reti di telecomunicazioni a banda larga e senza fili (BWA - Broadband Wireless Access).

Le WMAN (Wireless Metropolitan Area Network, anche note come reti Wimax) basate sullo standard IEEE 802.16 permettono lo scambio di informazioni tra stazioni o reti molto distanti tra di loro.

Le reti WiMax, essenzialmente utilizzate per estendere la connettività broadband della backbone alle zone limitrofe (ultimo miglio), operano nello spettro di frequenze compreso tra 2 e 11 GHz

Gli impianti prevedono sia soluzioni **LoS** che **NloS**

LoS (Line of Sight) le antenne delle stazioni comunicanti devono essere visibili ovvero, non devono esserci ostacoli tra esse.

NLoS (Non Line-of-Sight) le antenne delle stazioni trasmettenti e riceventi possono “non vedersi” (particolarmente indicato per lo spettro che va da 2 a 6 GHz).

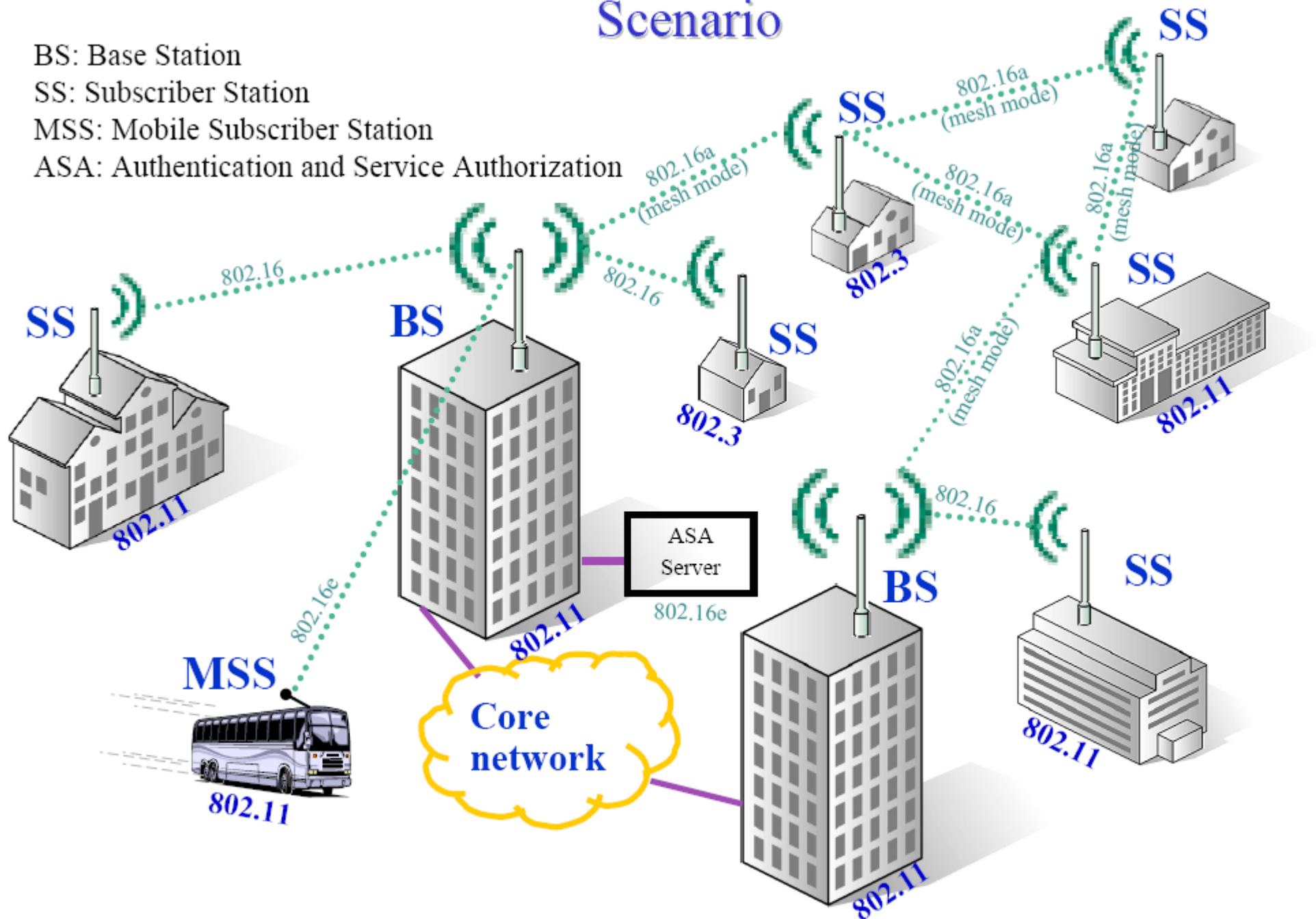
Scenario

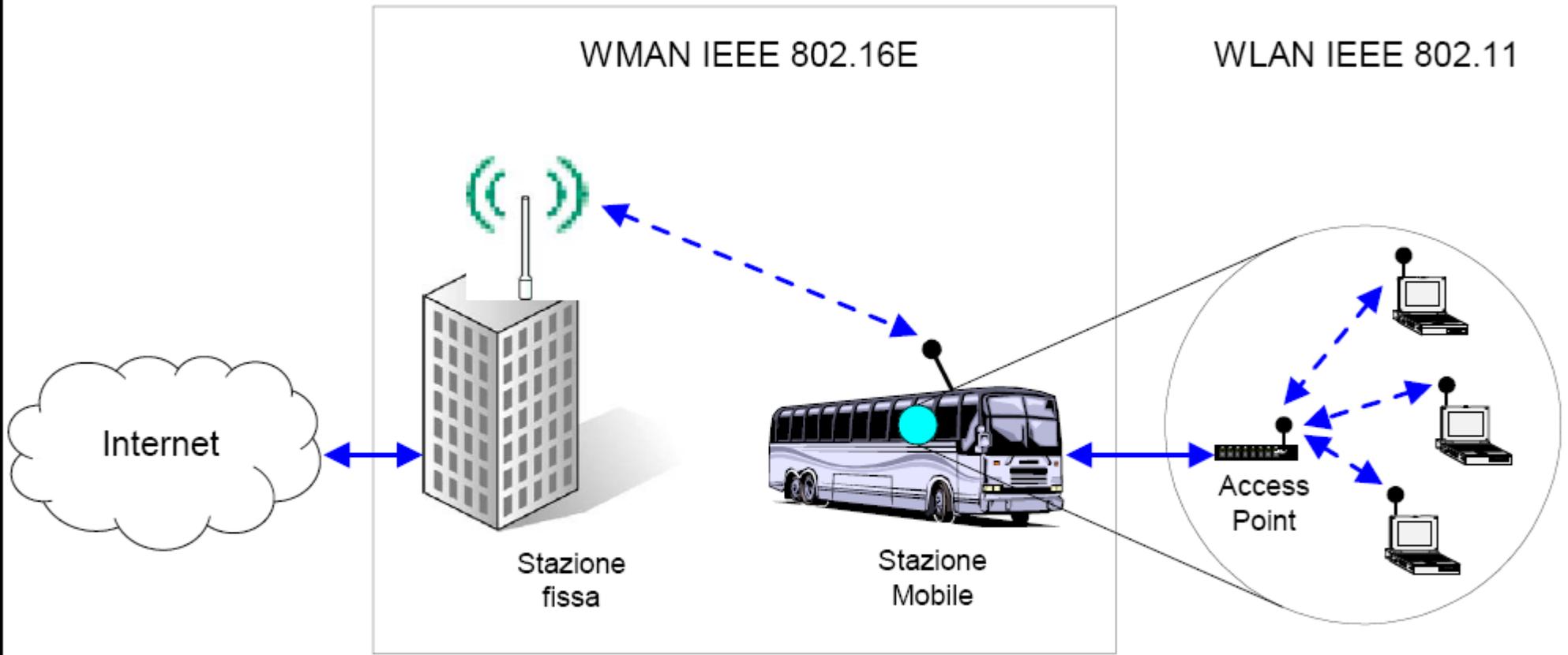
BS: Base Station

SS: Subscriber Station

MSS: Mobile Subscriber Station

ASA: Authentication and Service Authorization





Le sperimentazioni a Parma e L'Aquila



Per sperimentare al meglio la tecnologia WiMAX SELEX Communications ha realizzato a Parma e L'Aquila

due reti con

- **6** Link Urbani, con distanze fino a **4** km
- **2** Link Rurali, con distanze fino a **25** km
- **5** Link Montani, con distanze fino a **6** km

costituite da

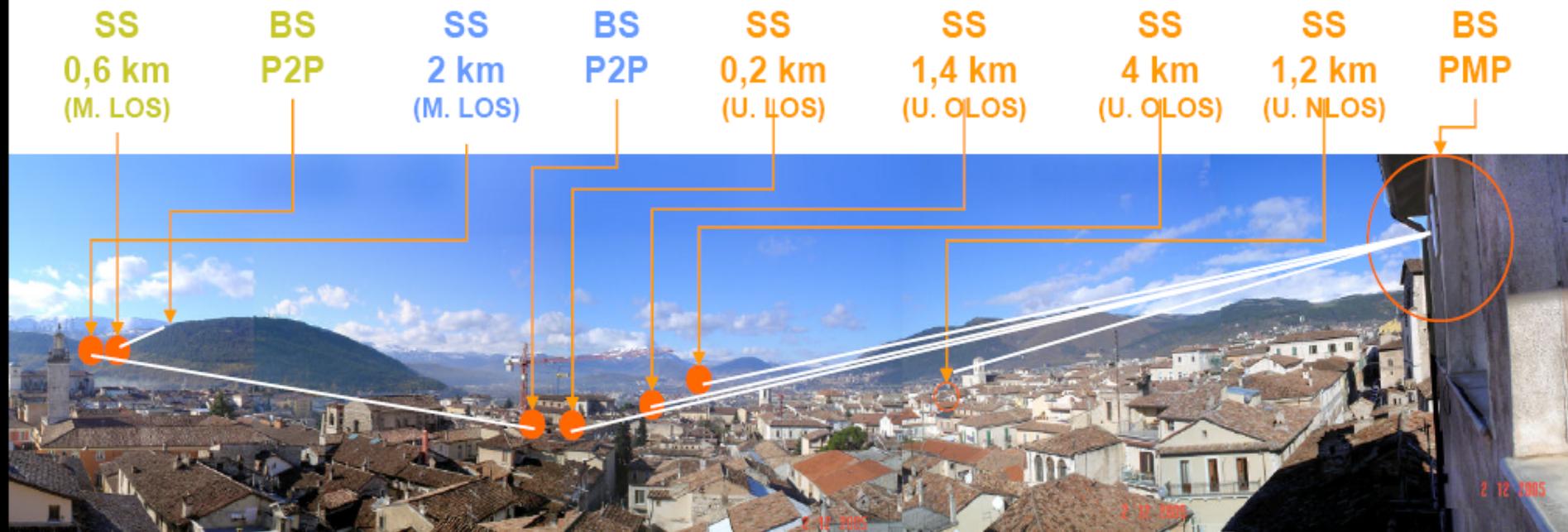
- **3** Coperture PMP e **3** Collegamenti P2P

di cui

- **2** Link NLOS, **5** OLOS e **6** LOS



Sperimentale nella città di L'Aquila: Architettura



Sperimentazione WIMAX SELEX : Installazioni

