

Propagazione e pianificazione nei sistemi d' area

titolare: Vittorio Degli Esposti

Informazioni sul corso

- Lucidi, materiale, testi consigliati, informazioni, disponibili al sito:
<http://www.elettra2000.it/vdegliespsti>
- Ci saranno continui aggiornamenti del materiale, quindi per ogni lezione stampare il materiale prima della lezione e portarselo dietro
- E' necessaria la conoscenza dell' inglese (almeno tecnico)
- Si consiglia comunque di prendere appunti
- Durante il corso verranno fatti in aula e/o a casa esercizi e progetti
- Esame finale scritto con orale a seguire

Contenuti

INTRODUZIONE

A TEORIA DELLA PROPAGAZIONE RADIO IN AMBIENTE REALE

Effetto di gas atmosferici e idrometeore

Propagazione in mezzi con disomogenità distribuita – Propagazione troposferica

Propagazione in mezzi con disomogenità concentrate – Propagazione in presenza di ostacoli

B MODELLI DI PROPAGAZIONE

Modelli empirico statistici per la previsione della copertura (intensità di campo) radio

Modelli deterministici per la propagazione multicammino

C IL CANALE RADIOMOBILE

Caratterizzazione deterministica del canale radiomobile multicammino

Cenni a tecniche MIMO: diversità, beamforming, multiplexing e space-time coding

D SISTEMI-COPERTURE–PIANIFICAZIONE.

Tecniche di accesso multiplo - Tecniche cellulari

Pianificazione in base a copertura radio

Pianificazione in base a C/I in sistemi a canali ortogonali

Efficienza spettrale in sistemi a canali ortogonali

Sistemi CDMA e loro pianificazione

Sistemi DVB OFDM e loro pianificazione

Cenno ad altri sistemi radio: LTE, WiGig



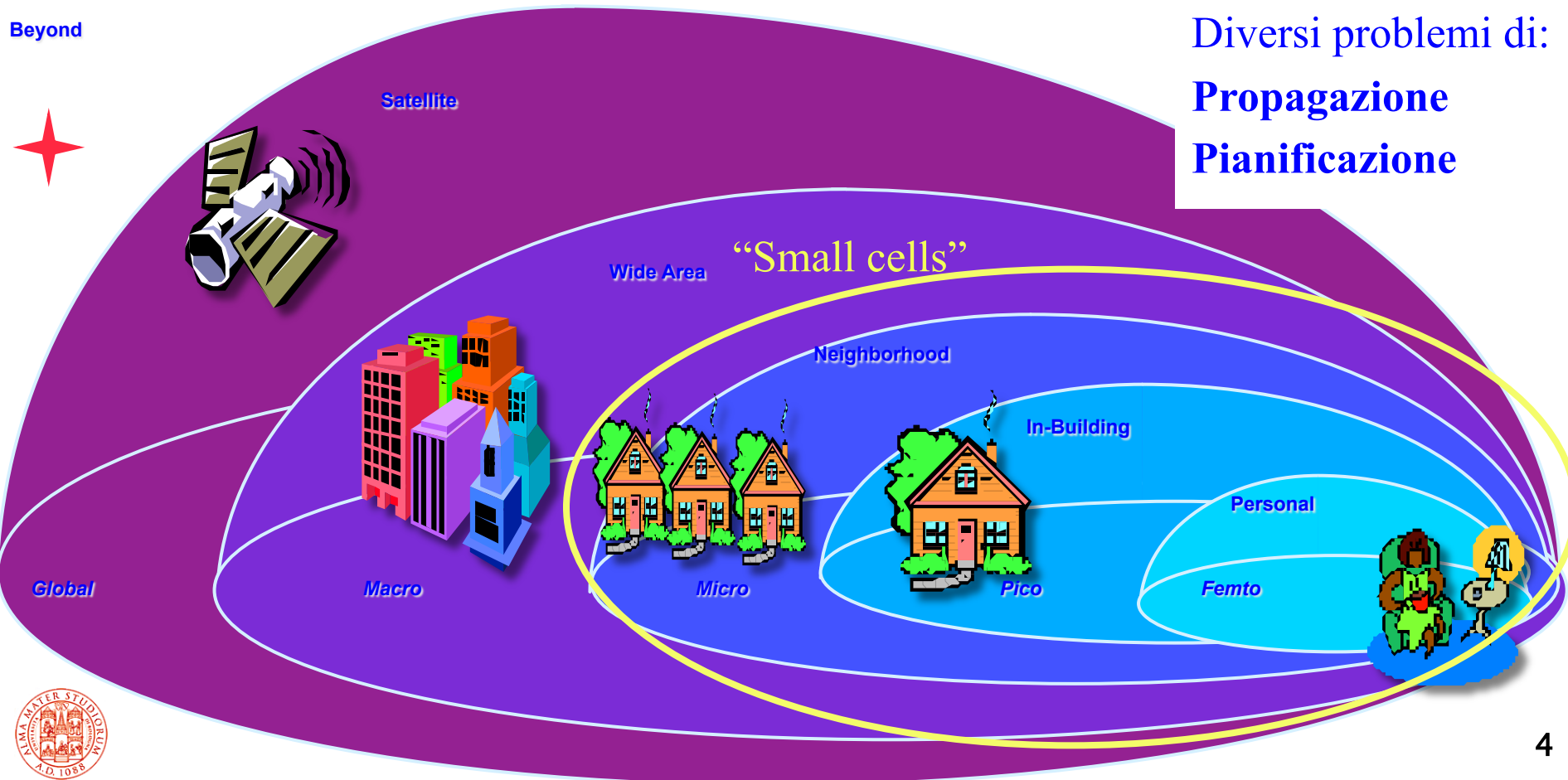
Copertura radio globale

- Diversi sistemi permettono (e permetteranno) copertura radio per vari servizi in maniera trasparente all'utente finale

Beyond



Diversi problemi di:
Propagazione
Pianificazione



“Pervasive” computing and communication

- Si ha un ambiente pervaso da comunicazioni radio per vari servizi. L'utente non è necessariamente una persona



Sistemi d'area / radiomobili

- ***Sistemi d'area*** sono quei sistemi in cui il collegamento radio e quindi il servizio è garantito ad almeno un terminale su un' area detta area di servizio o area di copertura (coverage) con una data qualità
- Possono essere punto-punto o punto-multipunto
- Il collegamento/servizio puo' essere monodirezionale o bidirezionale (simmetrico o asimmetrico)
- Alcuni collegamenti bidirezionali hanno un'asimmetria fisica (es: sistemi cellulari con stazioni base)
- Più comunemente vengono detti ***sistemi wireless*** o ***sistemi radiomobili***, anche se potrebbe non esserci piena *mobilità*.
- La mobilità è naturale nei sistemi radio



Tipi di mobilità

- **1) Mobilità d' accesso**

Il terminale ha accesso alla rete o a un altro terminale in ogni punto di in una certa area limitata tramite collegamento radio. Il collegamento non è garantito se il terminale si sposta

- **2) Mobilità di terminale**

Il terminale mobile ha accesso anche in movimento alla rete o a un altro terminale in una certa area limitata tramite collegamento radio. E' sempre presente in una certa misura.

- **3) Mobilità personale**

Il terminale ha accesso alla rete in un'area virtualmente illimitata, indipendentemente dall'hardware e dalle porte d'accesso, tramite PIN e tecniche di rete.

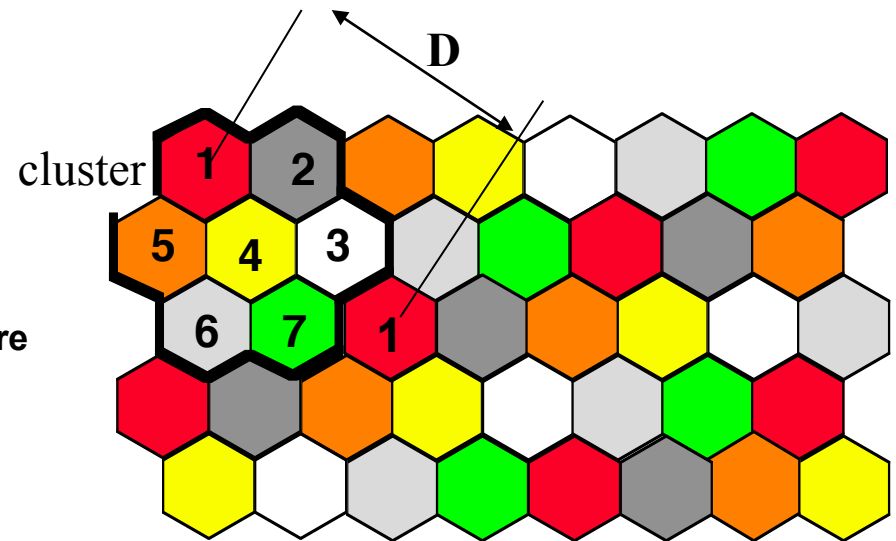
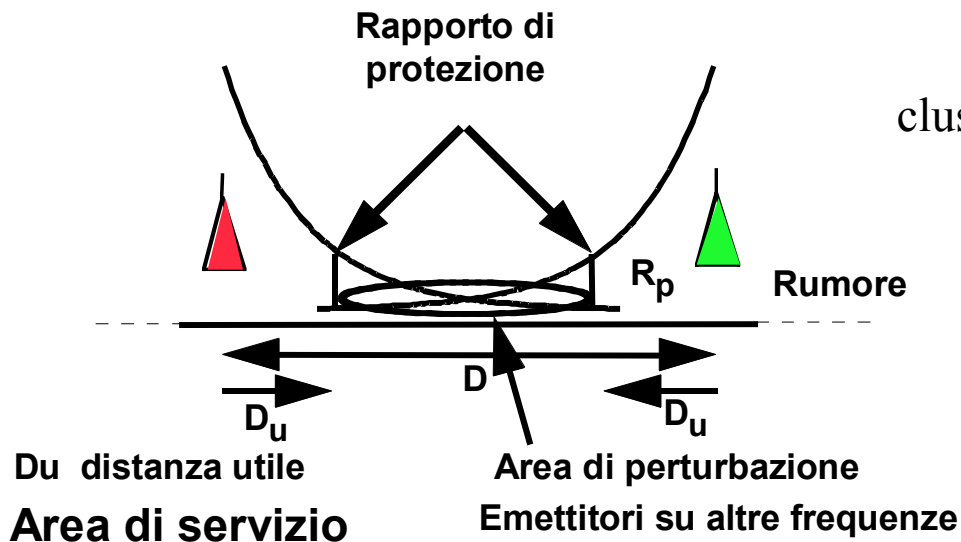
E' contemporaneamente di piu' e di meno di 2)

Accesso multiplo

- Quando ci sono più comunicazioni sullo stesso portante fisico (“etere” cioè “radio”) allora si ha l’accesso multiplo
- E’ necessaria una divisione per evitare interferenza: occorre separare i canali di comunicazione.
- I canali possono essere divisi in frequenza (FDMA), tempo (TDMA), codice (CDMA), spazio (SDMA) o in una combinazione di questi
- La divisione di spazio è permessa dalla direttività delle antenne e dalla attenuazione del segnale con la distanza, cioè dal cosiddetto filtraggio spaziale

Copertura cellulare (1/2)

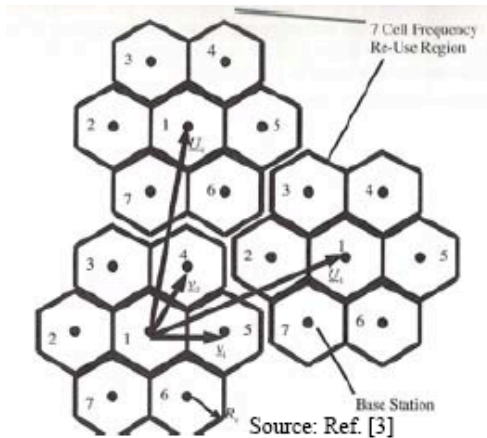
- Per garantire copertura/servizio radio su area vasta si divide questa in celle, ciascuna servita da una o più stazioni base. Si ha una “tessellation” di celle.
- Si sfruttano gli accessi multipli FDMA e/o TDMA e/o CDMA e/o SDMA
- Quando i canali sono esauriti si sfrutta sempre la divisione di spazio: celle sufficientemente lontane riusano gli stessi canali: riuso spaziale
- Il minimo insieme di celle in cui si usano tutti i canali viene detto cluster



Schema di allocazione fissa dei canali

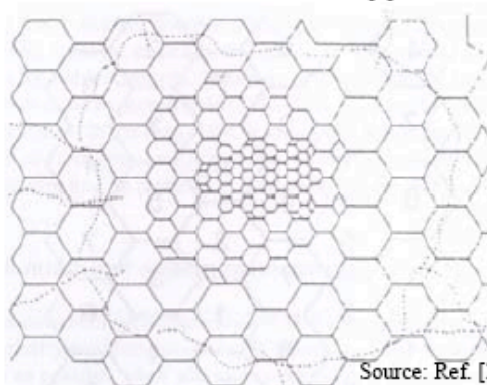
Copertura cellulare (2/2)

- Ove è presente più traffico o propagazione più difficile occorre fare celle più piccole: macrocelle → microcelle → picocelle → femtocelle



Cellular reuse

-propagation modelling
needed to consider the cell
size and interference from
other cells



Split-cell layout

-smaller cells with lower
power and shorter frequency
re-use to increase spectral
efficiency

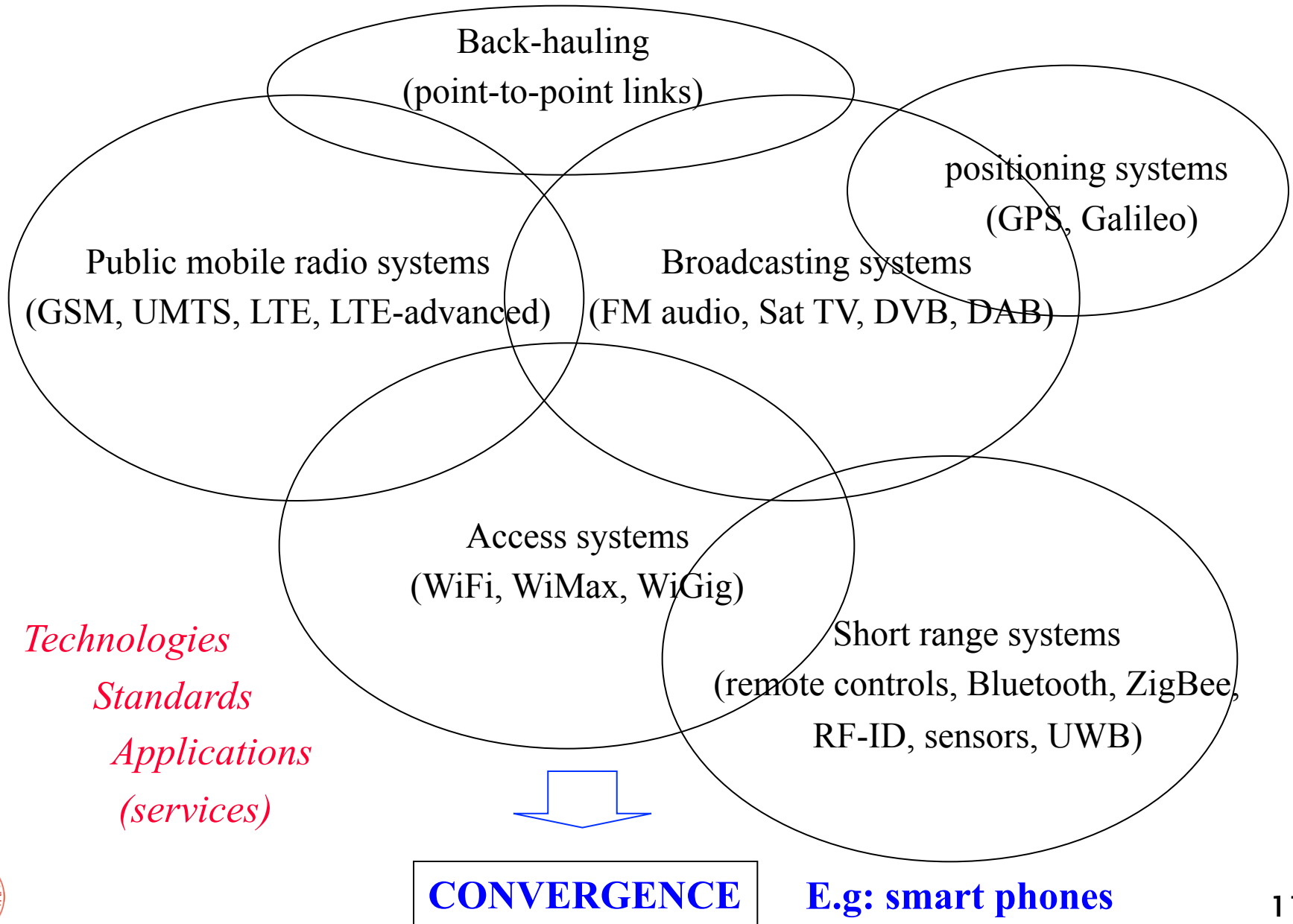


Realistic structure

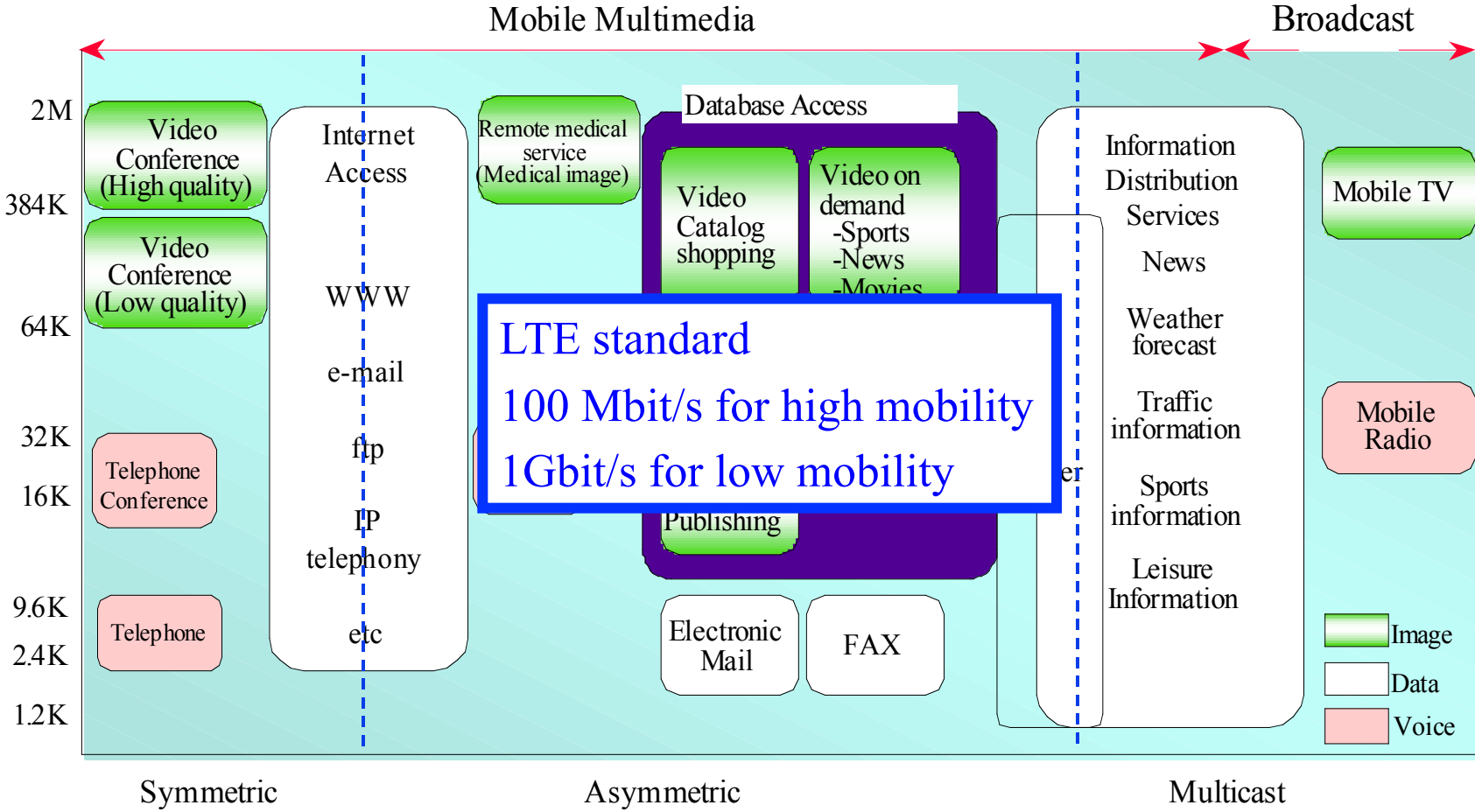
(Wellington, NZ [2])

Theoretical hexagon
structure

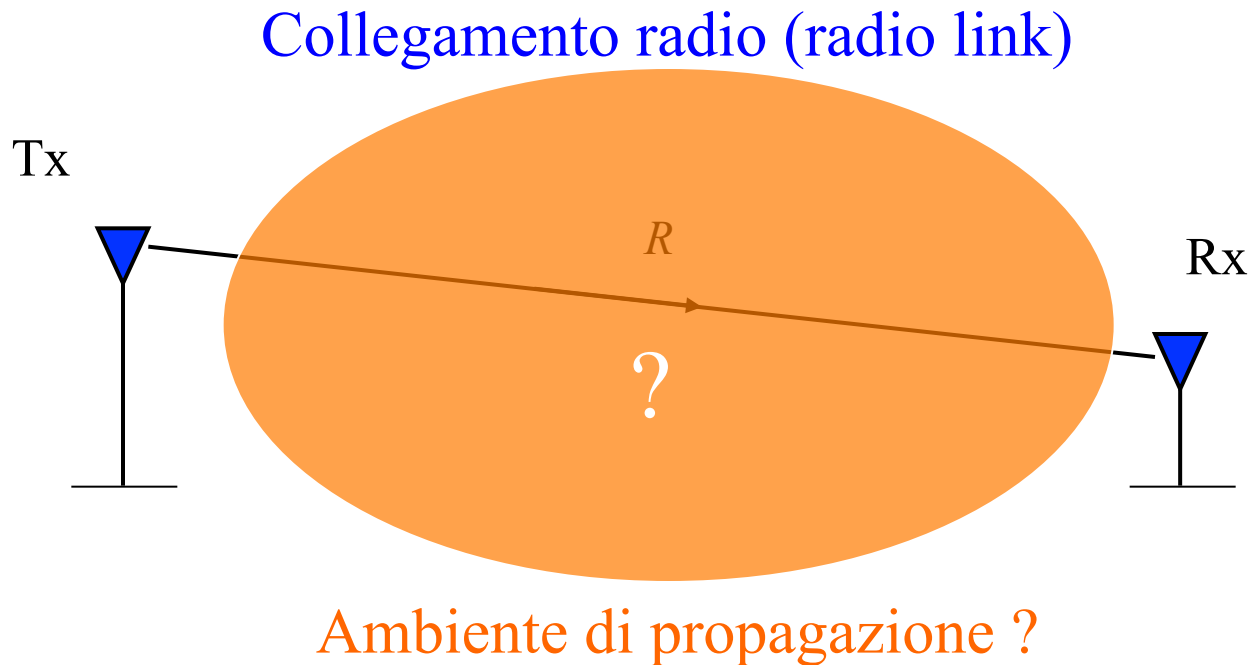
Principali sistemi radio(mobili)



Servizi



Problema fondamentale: la propagazione radio in ambiente reale



In spazio libero vale la eq. di *Friis*. NB: tralascia problematiche di fase e polarizzazione → approccio *incoerente*

Power attenuation in free space (1/3)

In ideal, free-space conditions propagation is described by *Friis equation*

$$P_R = P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 = P_R(R_0) \left(\frac{R_0}{R} \right)^2$$

P_T, G_T : transmitted power and Tx antenna gain

P_R, G_R : received power and Rx antenna gain

Therefore power *attenuation/loss* L increases with the second power of link distance R . The exponent is called *attenuation factor*, α .

$$L(R) = \frac{P_T}{P_R} = \frac{1}{G_T \cdot G_R} \cdot \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right)^2 = L(R_0) \left(\frac{R}{R_0} \right)^\alpha \quad \text{with } \alpha = 2$$

Path gain (PG) is the inverse of L

$$PG = 1/L = P_R / P_T$$



Power attenuation in free space (2/3)

Expressing L in dB we get

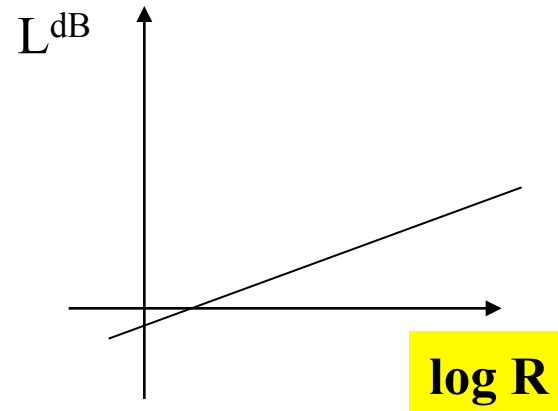
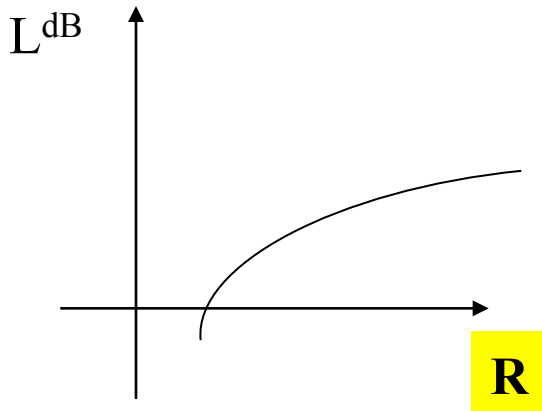
$$L^{dB}(R) = L^{dB}(R_o) - 10\alpha \log R_o + 10\alpha \log R = K(f, \alpha) + 10\alpha \log R$$

$$\left(K = 20 \log \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) - 10 \log G_T - 10 \log G_R \right)$$

From this equation it is evident that L^{dB} in free space is logarithmic with R

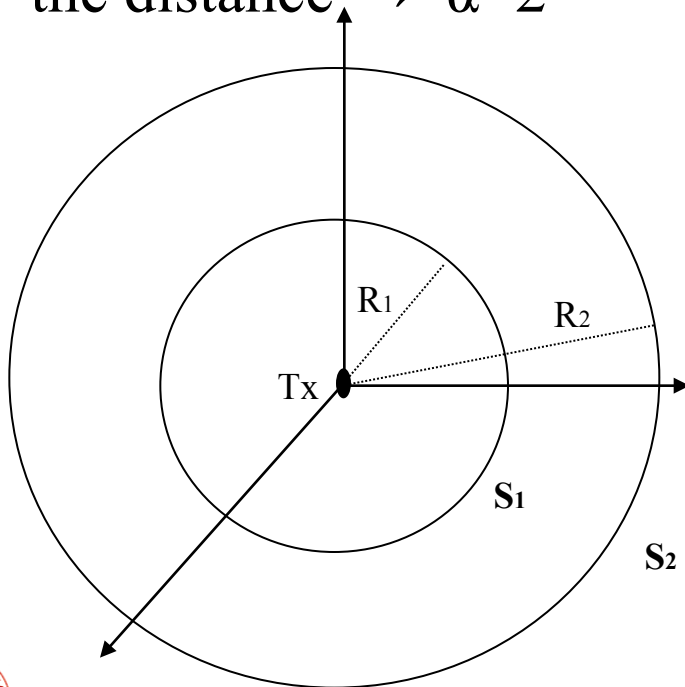
or

L^{dB} in free space is linear with $\log R$, and α determines the line slope



Power attenuation in free space (3/3)

In freespace the *attenuation factor* α is intrinsically related to the *wave divergence (or spreading) factor*. we often have spherical waves whose wavefront area increases, “diverges” with the square of the distance. Therefore, to ensure power conservation, power density must decrease with the square of the distance $\rightarrow \alpha=2$



$$S_1 \propto (R_1)^2$$

$$S_2 \propto (R_2)^2$$

$$P(\text{flux}) = p_1 \cdot S_1 = p_2 \cdot S_2$$



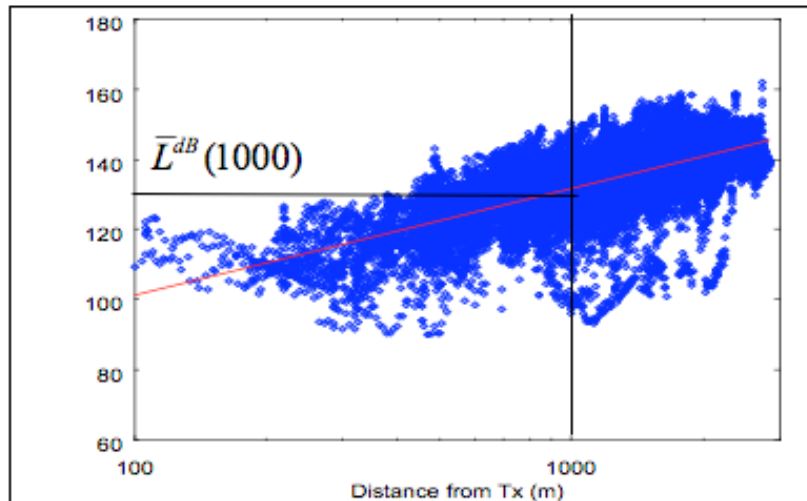
$$p_1 \propto \left(\frac{1}{R_1}\right)^2$$

$$p_2 \propto \left(\frac{1}{R_2}\right)^2$$

similarly:

$$|\mathbf{E}| = \sqrt{\frac{\eta PG}{2\pi}} \frac{1}{R} \left(= \frac{\sqrt{60PG}}{R} \right) \Rightarrow p = \frac{|\mathbf{E}|^2}{2\eta} = \frac{PG}{4\pi R^2}$$

Power attenuation in real environment (1/3)

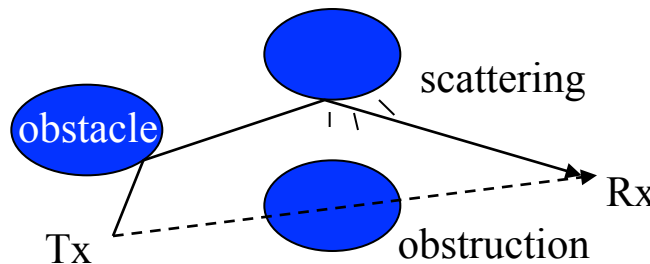


Often an attenuation law similar to free space is **assumed** in real environment: $\alpha \neq 2$ is derived through fitting (regression) of a set of measured data
→ *empirical statistical models*.

In real environment, where obstacles are present, α results *on average* greater than in free space, typically $2 < \alpha < 4$.

Why?

Because of a number of mechanisms including obstruction and multipath inference (see further on)



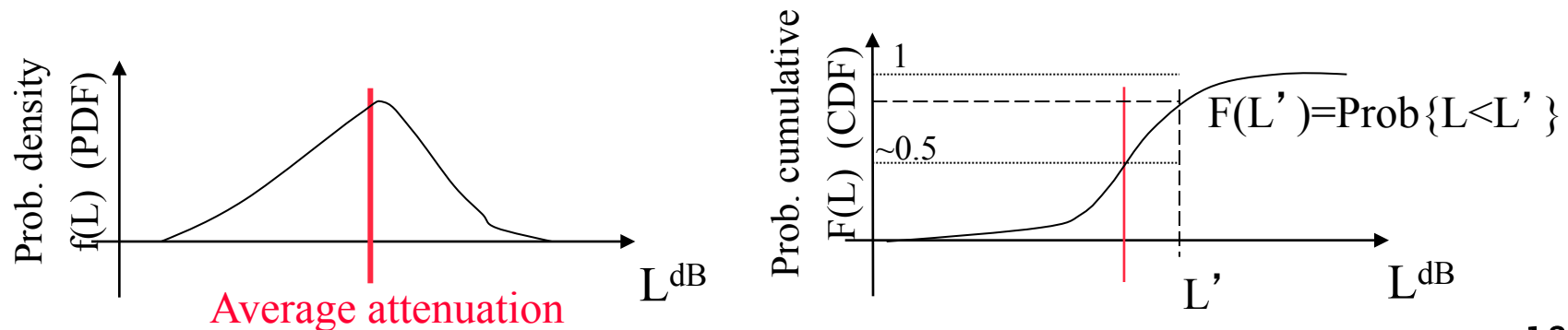
Such *impairments* are often accounted for in a statistical way

Power attenuation in real environment (2/3)

Here the attenuation factor α is not only related to wave divergence. It is related to artificial fitting of measurements in a complex environment

α gives the average attenuation (dominant attenuation component)

Deviations from the dominant component are called ***fading***: slow fading (or shadowing) and fast fading (Rayleigh fading) and are usually described through ***statistical distributions***



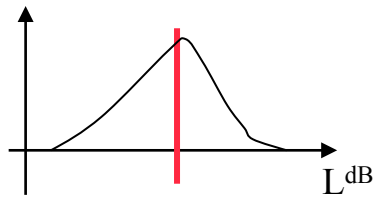
Power attenuation in real environment (3/3)

Why is attenuation in real environment considered *statistical*?

Because of the uncertainty in the *position* of the mobile terminal(s) (and of obstacles) in the service area. Therefore the domain over which randomness takes place is *space*.

Time-randomness can also be present (variations in the environment) but the random process is not ergodic, 'cause time variations are usually “smaller” than space variations

Space variations, however, become time variations through mobility

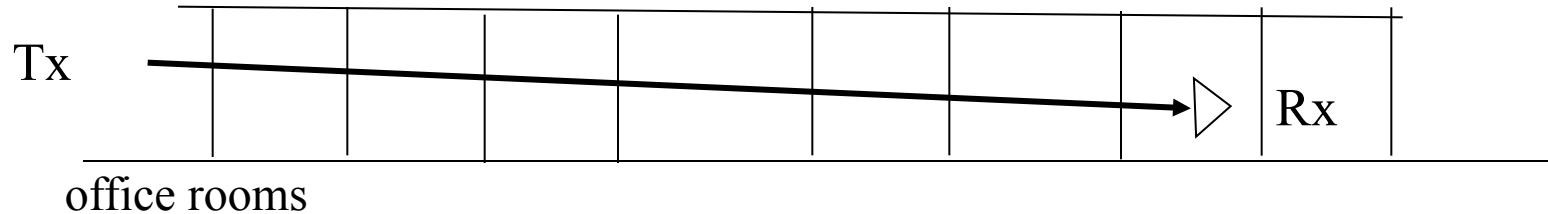


Propagationist: “random process of space”

Communicationist: “random process of time”

Other functional dependences of L (1/2)

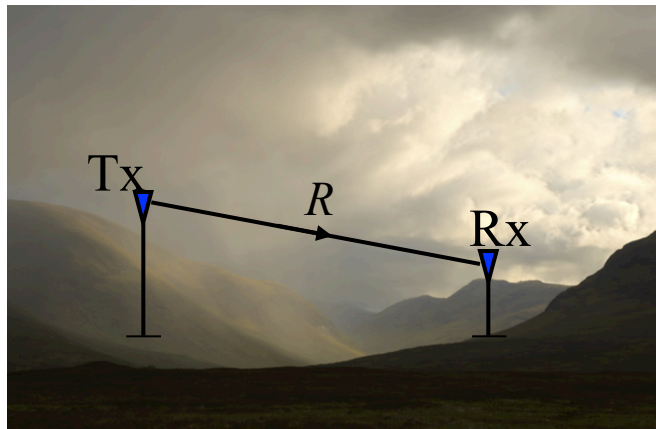
However, in some cases not only α changes w.r.t. free space, but the overall functional dependance with R changes. Ex: indoors:



$$L^{dB}(R) = L_0^{dB}(R) + L_w^{dB} \cdot N_w = K + 10\alpha \log R + \left(\frac{L_w^{dB} N_w}{R} \right) \cdot R$$

Specific attenuation [dB/m]

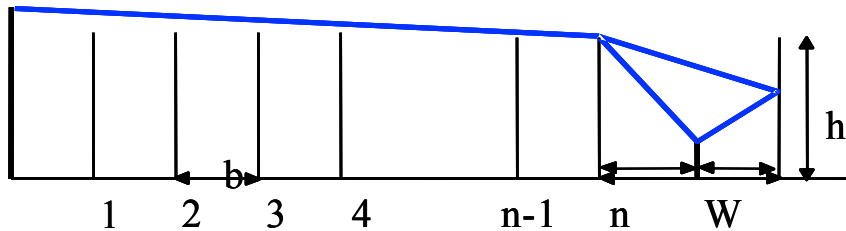
Ex: propagation through a lossy medium



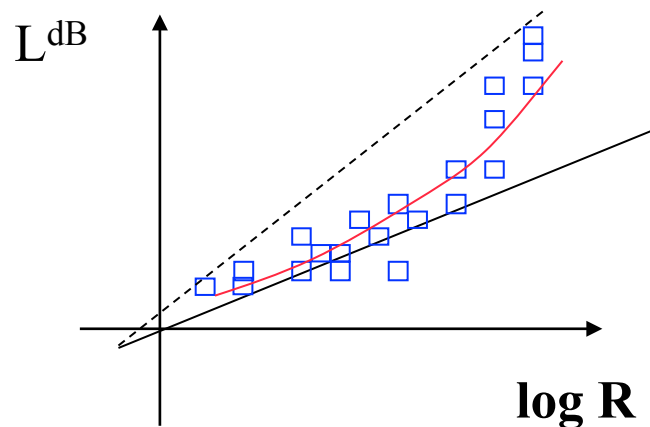
$$L^{dB}(R) = L_0^{dB}(R) + \alpha_s [dB / m] \cdot R$$

Other functional dependences of L (2/2)

The case of multi-diffraction past several obstacles of equal height (ex. buildings) is similar to the cited indoor case: every obstacle adds a loss of about 6 dB' s (see further on)



$$L^{dB}(R) = K(f, \alpha) + 10\alpha \log R + \left(\frac{L^{dB} n}{R} \right) \cdot R$$



Cannot simply
change α !

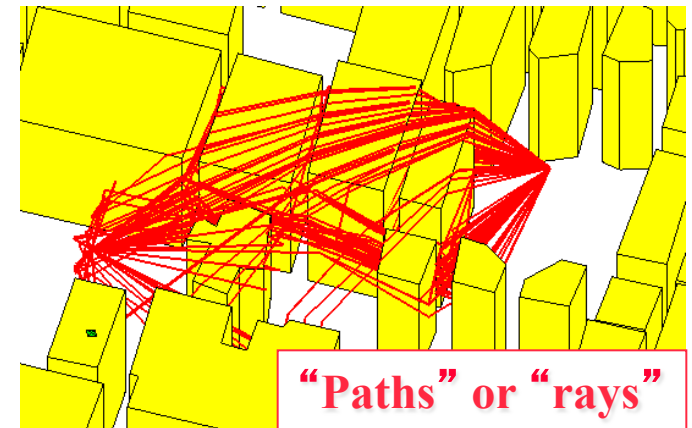
Not only power attenuation...

Today, *propagation models* are used for a variety of purposes and must provide an insight into *multipath propagation*, not only radio coverage prediction

- Fading statistics
- Power-delay distribution
- Power-angle distribution
- System simulation: service quality
- Channel transfer function
- MIMO channel characterization



***Multidimensional Propagation
Prediction***



Study/Design

Planning

Optimization

Real-time

Therefore...

There is need for deterministic models which can take into account the actual physical interaction mechanisms with the environment

and

can simulate multipath propagation

and

can provide multidimensional propagation prediction

It is therefore necessary to consider a full-wave, coherent approach, not only power but the field, which in time-harmonic radio waves is a complex vector:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}^R + j\mathbf{E}^I = E_x \hat{\mathbf{i}}_x + E_y \hat{\mathbf{i}}_y + E_z \hat{\mathbf{i}}_z$$

$$\mathbf{E}^R, \mathbf{E}^I \in \mathbf{R}^3 \quad E_x, E_y, E_z \in \mathbf{C}$$

