

Presentazione dei corsi

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

ANTENNE

1/87

Presentazione dei corsi

I CORSI

Corso di laurea in **Ingegneria Elettronica: Antenne I e Antenne II**

Corso di laurea in **Ingegneria delle Telecomunicazioni: "Antenne per sistemi di telecomunicazioni" e "Antenne in ambiente operativo"**


Finalità dei corsi

I corsi si propongono di fornire i criteri di analisi, progetto ed utilizzazione delle principali configurazioni di antenne, con particolare riferimento alle loro applicazioni nel settore delle telecomunicazioni nella gamma di frequenza dalla HF alle microonde. Vengono anche fornite le nozioni fondamentali per l'impiego delle moderne tecniche analitiche e numeriche per l'installazione di sistemi radianti in ambienti operativi complessi.

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

ANTENNE

2/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

TESTI

Testo di base:

W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, second edition, J. Wiley and Sons, New York, 1998

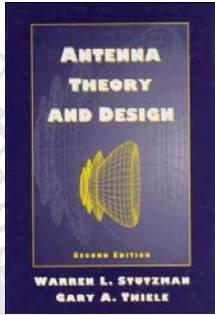
Testi di consultazione:

C.A. Balanis, *Antenna Theory*, J. Wiley and Sons, New York, 1982


J.D. Kraus, *Antennas*, McGraw Hill, New York, 1991

Antenna handbook, Y.T. Lo, S.W. Lee Eds, Van Nostrand Reinhold, New York 1988

Antenna Engineering Handbook, R.C. Johnson, H. Jasik, McGraw Hill, New York 1984




3/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ORGANIZZAZIONE DELLA PRESENTAZIONE



ANTENNE

1. Antenne I – Antenne per sistemi di telecomunicazione
2. Antenne II – Antenne in ambiente operativo
3. Seminari monografici e visite guidate

4/87

2



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi




PARTE I

ANTENNE I

ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE

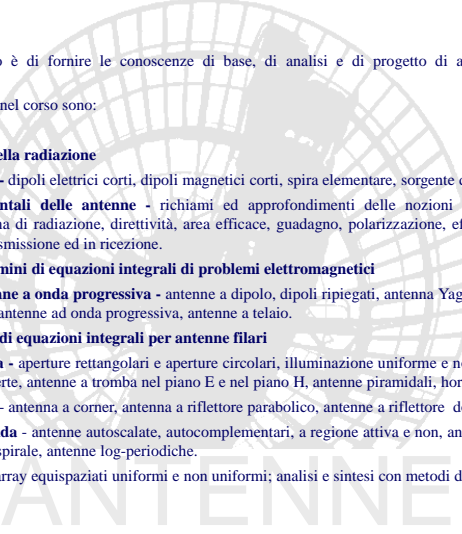
5/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE I – ANTENNE PER SISTEMI DI TELECOMUNICAZIONE



L'obiettivo del corso è di fornire le conoscenze di base, di analisi e di progetto di antenne per sistemi di telecomunicazione.

Gli argomenti trattati nel corso sono:

Elementi di teoria della radiazione

Antenne elementari - dipoli elettrici corti, dipoli magnetici corti, spira elementare, sorgente di Huygens.

Parametri fondamentali delle antenne - richiami ed approfondimenti delle nozioni già apprese nei corsi precedenti: diagramma di radiazione, direttività, area efficace, guadagno, polarizzazione, efficienza di radiazione, altezza efficace in trasmissione ed in ricezione.

Formulazione in termini di equazioni integrali di problemi elettromagnetici

Antenne filari, antenne a onda progressiva - antenne a dipolo, dipoli ripiegati, antenna Yagi-Uda, antenne filari in presenza del terreno, antenne ad onda progressiva, antenne a telaio.

Soluzione numerica di equazioni integrali per antenne filari


Antenne ad apertura - aperture rettangolari e aperture circolari, illuminazione uniforme e non uniforme, antenne a slot, guide d'onda aperte, antenne a tromba nel piano E e nel piano H, antenne piramidali, horn corrugati.

Antenne a riflettore - antenna a corner, antenna a riflettore parabolico, antenne a riflettore doppio.

Antenne a larga banda - antenne autoscalate, autocomplementari, a regione attiva e non, antenne ad elica, antenne biconiche, antenne a spirale, antenne log-periodiche.

Antenne ad array - array equispaziati uniformi e non uniformi; analisi e sintesi con metodi diretti.

6/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi


ORARIO

Modulo: AntSiTlc
(Antenne per Sistemi di Telecomunicazione)

Ora	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato
8.15-9.15					119 (C.D.M.)	
9.15-10.15					119 (C.D.M.)	
10.15-11.15					119 (C.D.M.)	
11.15-12.15				119 (C.D.M.)		
12.15-13.15				119 (C.D.M.)		
14.00-15.00						
15.00-16.00						
16.00-17.00						
17.00-18.00						
18.00-19.00						

Docenti: [PELOSI GIUSEPPE](#)


7/87



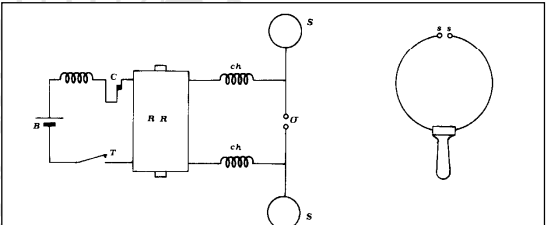
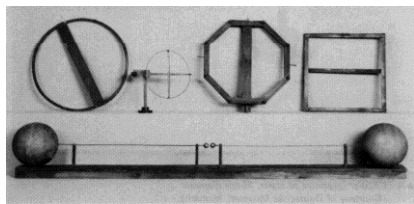
ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

1888



H. Hertz

8/87




ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi



ELEMENTI DI TEORIA DELLA RADIAZIONE

9/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ELEMENTI DI TEORIA DELLA RADIAZIONE

Teoria dei potenziali

I potenziali obbediscono alle equazioni di Helmholtz (equazioni di tipo ellittico disaccoppiate tra \mathbf{A} e ϕ) nel caso in cui valga la condizione di Lorentz

$$\nabla \cdot \mathbf{A} + j\omega\epsilon\mu\phi = 0$$

$$\Rightarrow$$

$$\begin{aligned} \nabla^2 \mathbf{A} + k^2 \mathbf{A} &= -\mu \mathbf{J} \\ \nabla^2 \phi + k^2 \phi &= 0 \\ \text{con } k^2 &= \omega^2 \epsilon \mu \end{aligned}$$


$$\mathbf{H}_A = \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{A}$$

$$\mathbf{E}_A = -j\omega \mathbf{A} - \nabla \phi$$

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_A &= -j\omega \mathbf{A} + \frac{\nabla \nabla \cdot \mathbf{A}}{j\omega\epsilon\mu} \\ \mathbf{H}_A &= \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{A} \end{aligned}$$


Per determinare il campo elettromagnetico ($\mathbf{E}_A, \mathbf{H}_A$) si deve conoscere solo il potenziale \mathbf{A}

10/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze


Presentazione dei corsi



ANTENNE ELEMENTARI

ANTENNE

11/87

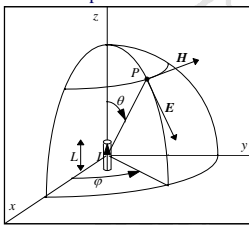


ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

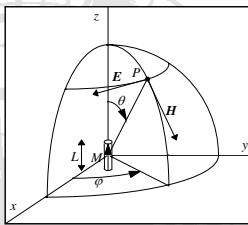
Presentazione dei corsi

ANTENNE ELEMENTARI

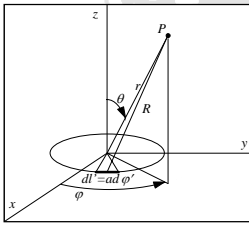
Dipolo elettrico



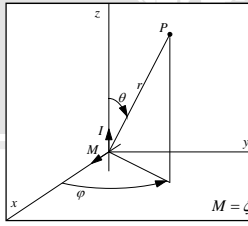
Dipolo magnetico



Spira elementare



Sorgente di Huygens



Principio di Babinet

$$\begin{aligned} \mu &\leftrightarrow \varepsilon \\ H &\leftrightarrow E \\ E &\leftrightarrow -H \\ M &\leftrightarrow I \end{aligned}$$

12/87

Presentazione dei corsi

PARAMETRI FONDAMENTALI DELLE ANTENNE

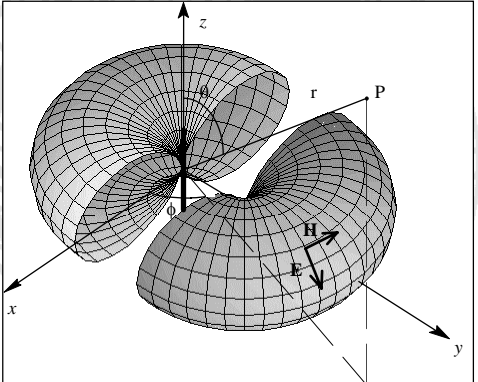
ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

13/87

Presentazione dei corsi

PARAMETRI FONDAMENTALI DELLE ANTENNE

Dipolo elettrico elementare



14/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

PARAMETRI FONDAMENTALI DELLE ANTENNE



Campi vicini campi lontani	
Antenna in trasmissione	<i>Diagrammi di radiazione e direttività</i> <i>Guadagno</i> <i>Impedenza di ingresso</i> <i>Altezza efficace in trasmissione</i> <i>Efficienza di radiazione</i>
Antenna in ricezione	<i>Altezza efficace in ricezione</i> <i>Area efficace</i>
Relazione fra area efficace e direttività	
Collegamenti fra due antenne	
Equazione del radar	



15/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze


Presentazione dei corsi



FORMULAZIONE IN TERMINI DI EQUAZIONI INTEGRALI DI PROBLEMI ELETTROMAGNETICI



16/87



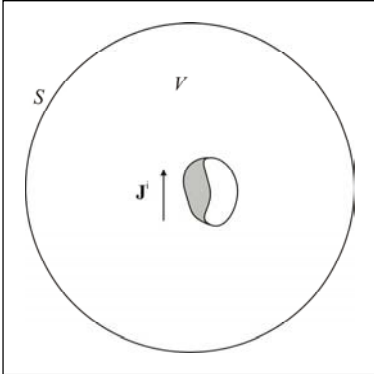
ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

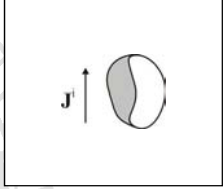
Presentazione dei corsi

FORMULAZIONE IN TERMINI DI EQUAZIONI INTEGRALI DI PROBLEMI ELETTROMAGNETICI

La soluzione del problema elettromagnetico richiede la soluzione delle equazioni di Maxwell note


- le sorgenti \mathbf{J}^i (antenna) e imposte
- le condizioni al contorno sulle superfici che delimitano materiali diversi
- la condizione di radiazione all'infinito





Il campo elettromagnetico all'interno del volume V è lo stesso del problema originario a patto che siano garantite le stesse condizioni al contorno sulla superficie S che lo delimita mediante l'introduzione di opportune correnti elettriche e magnetiche

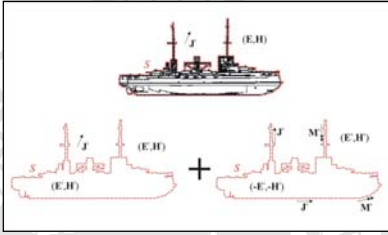
17/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

FORMULAZIONE IN TERMINI DI EQUAZIONI INTEGRALI DI PROBLEMI ELETTROMAGNETICI



Tramite l'applicazione del principio di equivalenza la soluzione delle equazioni di Maxwell

$$\nabla \times \mathbf{E} = -j\omega \mathbf{B}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = j\omega \mathbf{D} + \mathbf{J}^i$$


$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0$$

- Condizioni al contorno su superfici che delimitano materiali diversi
- Condizioni di radiazione all'infinito

viene ricondotta alla soluzione di un'equazione integrale

18/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

FORMULAZIONE IN TERMINI DI EQUAZIONI INTEGRALI DI PROBLEMI ELETTROMAGNETICI

Tra le equazioni integrali...


L'EFIE (*Electric Field Integral Equation*) deriva dalla condizione al contorno per il campo elettrico tangente alla superficie di un corpo perfettamente conduttore, coincidente con la superficie di equivalenza. L'EFIE è un'equazione di Fredholm di 1a specie.

$$\mathbf{E} \times \hat{n} = \left[\mathbf{E}^s(\mathbf{J}^s) + \mathbf{E}^i(\mathbf{J}^i) \right] \times \hat{n} = 0$$

La MFIE (*Magnetic Field Integral Equation*) deriva dalla condizione al contorno per il campo magnetico tangente alla superficie di un corpo perfettamente conduttore:


$$\hat{n} \times \mathbf{H} = \hat{n} \times \left[\mathbf{H}^s(\mathbf{J}^s) + \mathbf{H}^i(\mathbf{J}^i) \right] = \mathbf{J}^s$$

19/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi



ANTENNE FILARI

20/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE FILARI

DIPOLI

21/87

Presentazione dei corsi

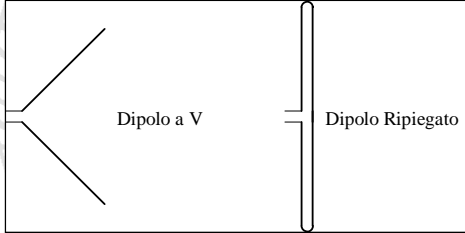
ANTENNE FILARI

22/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE FILARI

ALTRI TIPI DI DIPOLO



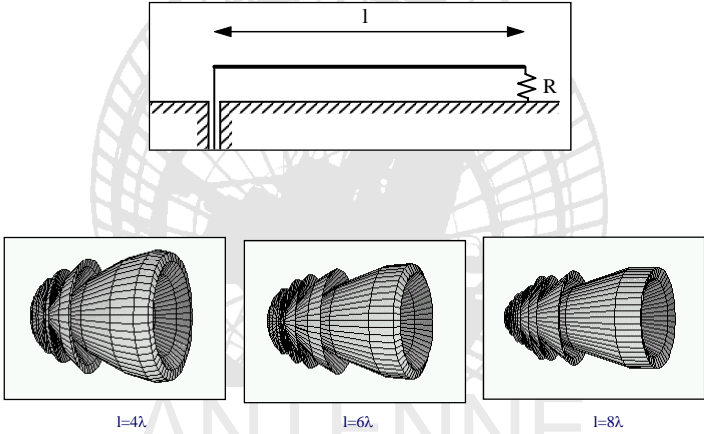
Dipolo a V

Dipolo Ripiegato

23/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE FILARI - ANTENNE AD ONDA PROGRESSIVA



l

R

$l=4\lambda$

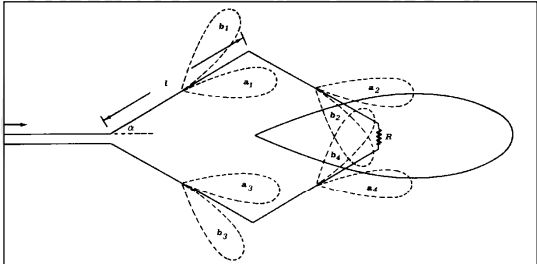
$l=6\lambda$

$l=8\lambda$

24/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE FILARI - ANTENNA ROMBICA



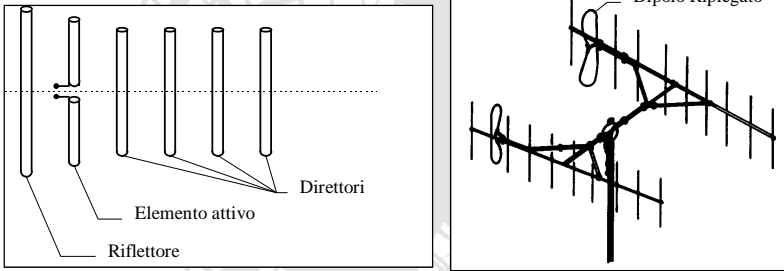
ANTENNE

Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

25/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE FILARI - ANTENNA YAGI-UDA



ANTENNE

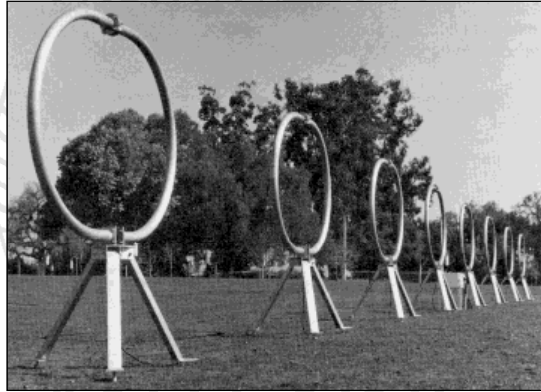
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

26/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE FILARI - ANTENNE A TELAIO



ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

27/87



Presentazione dei corsi

**SOLUZIONE NUMERICA DI EQUAZIONI
INTEGRALI PER ANTENNE FILARI**



ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

28/87

Presentazione dei corsi

SOLUZIONE NUMERICA DI EQUAZIONI INTEGRALI PER ANTENNE FILARI

Nel caso in cui si formuli il problema elettromagnetico in termini di equazioni integrali e la struttura sia una struttura filare (equazione di Pocklington, equazione di Hallén) mediante il Metodo dei Momenti (*Method of Moments*, MoM) si riconduce la soluzione di un'equazione integrale alla soluzione di un'equazione matriciale

29/87

ANTENNE

Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD APERTURA

ANTENNE

30/87

ANTENNE

Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD APERTURA

Problema di apertura

Apertura su schermo metallico

Horn

31/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD APERTURA - APERTURE RETTANGOLARI E CIRCOLARI

32/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD APERTURA - ANTENNE A TROMBA

Feeder del radiotelescopio da 110m dell'Università dell'Ohio

33/87

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD APERTURA - ANTENNE A TROMBA

ANTENNE A TROMBA NEL PIANO E

ANTENNE A TROMBA NEL PIANO H

ANTENNE PIRAMIDALI

34/87

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze



ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD APERTURA - HORN CORRUGATI



VANTAGGI E SVANTAGGI

- simmetria del pattern co-polare
- basso livello cross-polare
- buon adattamento di impedenza
- stabilità in frequenza del centro di fase
- compattezza della struttura








APPLICAZIONI

- Feed per antenne a riflettore ad elevate prestazioni
- Radioastronomia
- Sistemi satellitari


G. Pelosi et al., "Corrugated horn antennas," in Encyclopedia of RF and Microwave Engineering, K. Chang [Eds.], John Wiley & Sons, (New York, NY, USA), 2005, Vol. 1, pp. 833-849

35/87



ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi



ANTENNE A RIFLETTORE

ANTENNE

36/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE A RIFLETTORE - RIFLETTORE A CORNER

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

37/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE A RIFLETTORE - RIFLETTORE PARABOLICO SEMPLICE

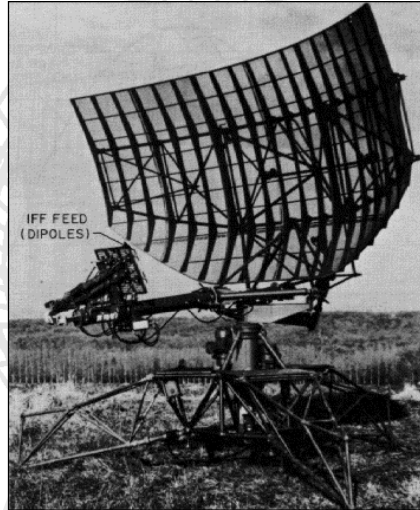
ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

38/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE A RIFLETTORE - RIFLETTORE PARABOLICO SEMPLICE



Radar tattico IFF in banda S

39/87

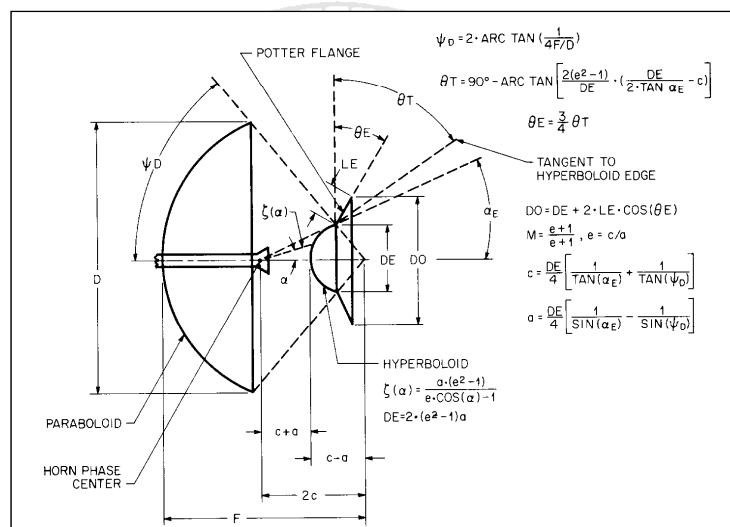
ANTENNE

Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze



Presentazione dei corsi

ANTENNE A RIFLETTORE - SISTEMI A DOPPIO RIFLETTORE



40/87

ANTENNE

Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE A RIFLETTORE - SISTEMI A DOPPIO RIFLETTORE

Antenne del Very Large Array (VLA), Saint Augustine, New Mexico
(Array di 27 riflettori Cassegrain da 25m).

41/87

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE A LARGA BANDA

42/87

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

ANTENNE A LARGA BANDA

Antenna a spirale conica

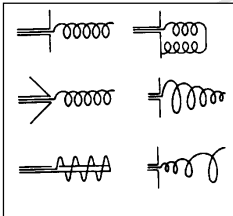
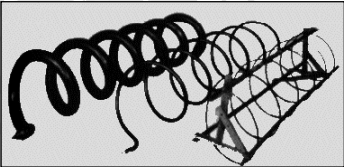


43/87

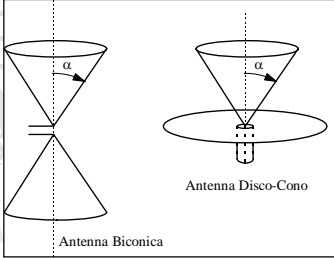
Presentazione dei corsi

ANTENNE A LARGA BANDA

ANTENNE AD ELICA

ANTENNE CONICHE

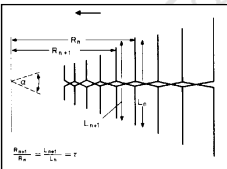
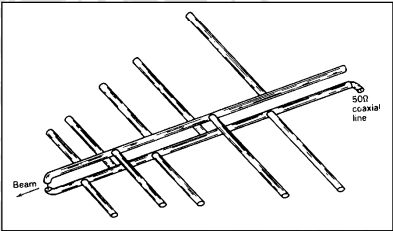


44/87

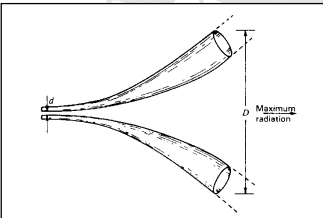
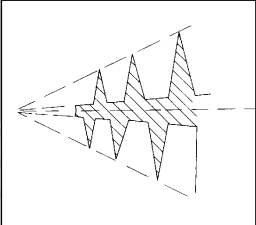
Presentazione dei corsi

ANTENNE A LARGA BANDA

ANTENNE LOG-PERIODICHE

ALTRE ANTENNE A LARGA BANDA

45/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE A LARGA BANDA

ANTENNE PLANARI





46/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

47/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE AD ARRAY

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Array per telecomunicazioni

Array per un radar a scansione elettronica di fascio

S. Selleri, Elementi di Teoria degli Array, Pitagora Editrice, Bologna, 2001

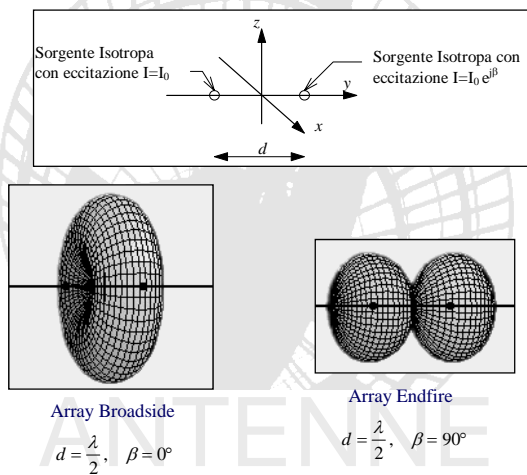
48/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE AD ARRAY

FATTORE DI ARRAY PER SCHIERE DI DUE ELEMENTI



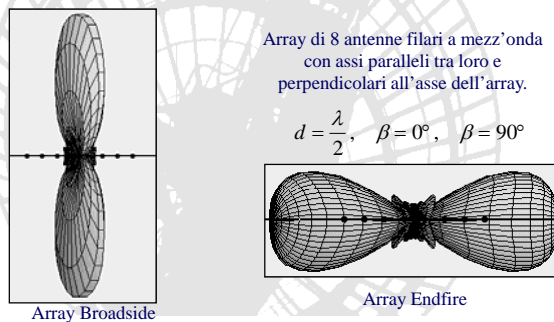
49/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE AD ARRAY

DIAGRAMMI DI RADIAZIONE PER ARRAY DI PIÙ ELEMENTI



50/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi




PARTE II

ANTENNE II

ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO


51/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

PROGRAMMA



ANTENNE

52/87

L'obiettivo principale del corso è di fornire le conoscenze delle tecniche avanzate di progetto e di installazione di antenna in ambienti operativi complessi.

Gli argomenti trattati nel corso sono:

- Metodi a bassa frequenza per l'installazione di antenne in ambiente operativo complesso** - Metodo dei Momenti
- Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione** - Ottica Geometrica, Teoria Geometrica della Diffrazione e sua versione uniforme, Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione.
- Sezione equivalente radar di bersagli**
- Sistemi di antenne avanzati per applicazioni di radioastronomia e telecomunicazioni**
- Tecniche di ottimizzazione numerica per antenne** - metodi deterministici, metodi evolutivi, array planari, antenne ad horn.
- Antenne per radiocomunicazioni: criteri di scelta e normativa**
- Antenne stampate** – antenne a patch, antenne a slot.



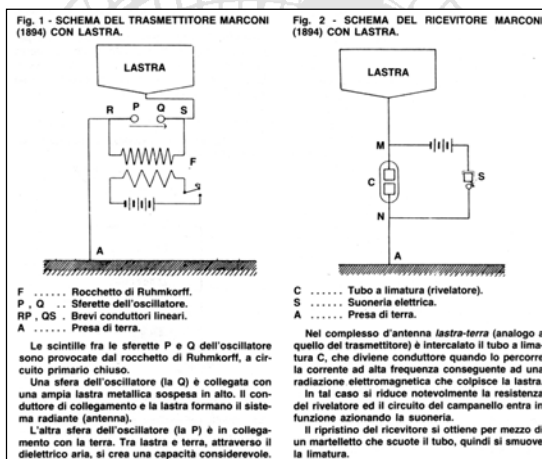
Presentazione dei corsi

ANTENNE

 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

1894

A Villa Griffone Guglielmo Marconi riesce ad effettuare la prima trasmissione a distanza di segnali Morse.



53/87



Presentazione dei corsi

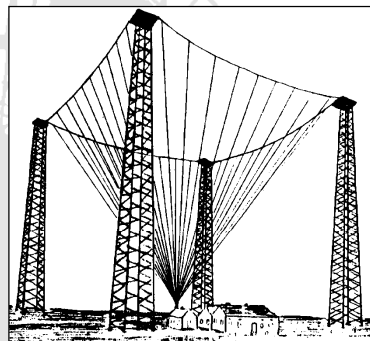
ANTENNE

 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

1901



G. Marconi



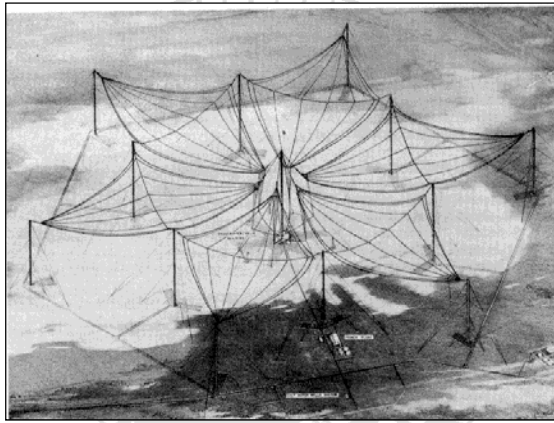
Stazione di Marconi a Poldhu (GB)

54/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze



Marina degli Stati Uniti
Antenna VLF - 2MW - North Cape, Australia

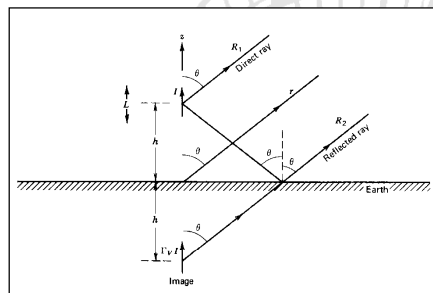
55/87



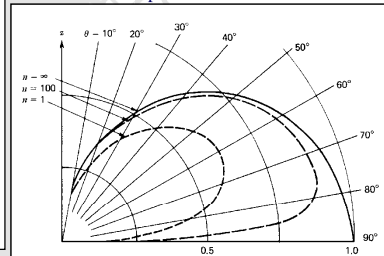
Presentazione dei corsi

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Effetto della terra sulla propagazione delle onde radio
La soluzione di Sommerfeld (1909)



Dipolo elettrico corto in presenza della
superficie terrestre



Diagrammi di radiazione al variare di

$$n = \frac{\sigma}{\omega \epsilon_r \epsilon_0}$$

56/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

METODI A BASSA FREQUENZA PER L'INSTALLAZIONE DI ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO COMPLESSO

57/87

Presentazione dei corsi

METODI A BASSA FREQUENZA PER L'INSTALLAZIONE DI ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO COMPLESSO

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Metodi a Bassa Frequenza da

$$D \ll \lambda \quad \text{a} \quad D \cong \lambda$$

Nel caso in cui si formuli il problema elettromagnetico in termini di equazioni integrali (Electric Field Integral Equation, EFIE, o Magnetic Field Integral Equation, MFIE) mediante il Metodo dei Momenti (*Method of Moments*, MoM) si riconduce la soluzione di un'equazione integrale alla soluzione di un'equazione matriciale

ANTENNE

58/87

Presentazione dei corsi

METODI A BASSA FREQUENZA PER L'INSTALLAZIONE DI ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO COMPLESSO

5 WIRE MODELS
1624 PLATE MODES
1 H1 H1CH. MOD-5
15.58 DITH. MODES
SCALE = 1.042λ

7 AXIS VIEW
X AXIS VIEW
Y AXIS VIEW

Antenna montata su un'automobile (ESP-IV)

59/87

Presentazione dei corsi

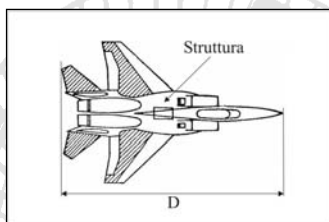
METODI AD ALTA FREQUENZA PER I PROBLEMI DI ANTENNA E DI REIRRADIAZIONE

60/87



Presentazione dei corsi

METODI AD ALTA FREQUENZA PER I PROBLEMI DI ANTENNA E DI REIRRADIAZIONE

Metodi ad Alta Frequenza $D \gg \lambda$

Si deve distinguere tra problema radar e problema di antenna

ANTENNE

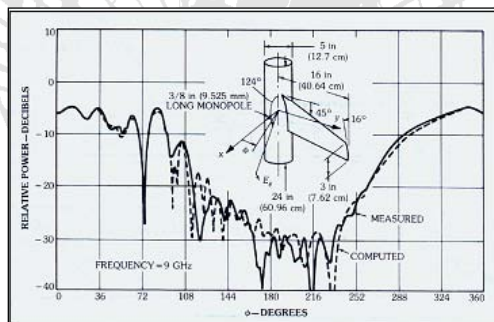
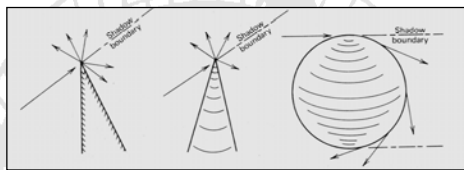
61/87



Presentazione dei corsi

METODI AD ALTA FREQUENZA PER I PROBLEMI DI ANTENNA E DI REIRRADIAZIONE

Per il *problema d'antenna* si utilizzano le teorie geometriche in cui si approssima *a priori* il campo elettromagnetico come somma del campo dell'ottica geometrica e del campo diffratto, scomponendo il problema in un insieme di problemi canonici (vertice, spigolo, tipo, ecc.).



62/87

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze


Presentazione dei corsi



SEZIONE EQUIVALENTE RADAR DI BERSAGLI

ANTENNE

63/87

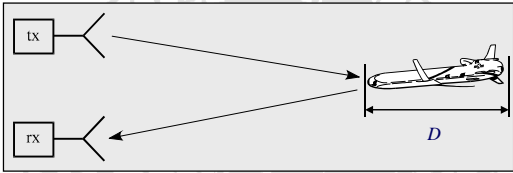


ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi


SEZIONE EQUIVALENTE RADAR DI BERSAGLI

E nel problema radar...



Per il *problema radar* si utilizzano le teorie fisiche (Ottica Fisica, PO, Teoria Fisica della Diffrazione, PTD) in cui si approssimano *a priori* le correnti indotte sul bersaglio supposto illuminato da un'onda piana e il campo reirradiato può essere determinato mediante l'integrale di radiazione

64/87















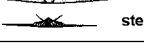







ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi


SEZIONE EQUIVALENTE RADAR DI BERSAGLI

Il parametro che caratterizza la risposta radar di un bersaglio è la sezione equivalente radar

$$\sigma = \lim_{r \rightarrow \infty} 4\pi r^2 \frac{\mathbf{E}^s \cdot \mathbf{E}^{s*}}{\mathbf{E}^i \cdot \mathbf{E}^{i*}}$$

	B - 52	100 m ²	
	Blackjack	15 m ²	
	FB - 111	7 m ²	
	F - 4	6 m ²	
	F4U - 21	4 m ²	
	F4U - 29	3 m ²	
	Rafale - D	2 m ²	
	B - 1B	0,75 m ²	
	B - 2	0,1 m ²	
	stealth	0,025 m ²	

65/87



ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

SEZIONE EQUIVALENTE RADAR DI BERSAGLI

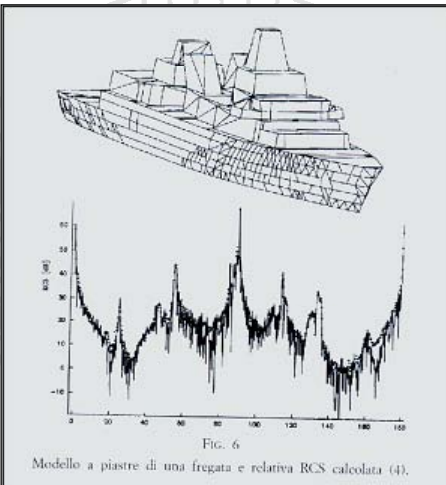


FIG. 6
Modello a piastre di una fregata e relativa RCS calcolata (4).

Radar Cross Section di bersagli complessi

66/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

SISTEMI DI ANTENNE AVANZATI PER APPLICAZIONI DI RADIOASTRONOMIA E TELECOMUNICAZIONI



67/87



Presentazione dei corsi

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

SISTEMI DI ANTENNE AVANZATI PER APPLICAZIONI DI RADIOASTRONOMIA E TELECOMUNICAZIONI



Riflettore parabolico da 305m, Arecibo, Puerto Rico.

68/87

Presentazione dei corsi

SISTEMI DI ANTENNE AVANZATI PER APPLICAZIONI DI RADIOASTRONOMIA E TELECOMUNICAZIONI

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Il satellite Planck dell'Agenzia Spaziale Europea (European Space Agency, ESA)

69/87

Presentazione dei corsi

SISTEMI DI ANTENNE AVANZATI PER APPLICAZIONI DI RADIOASTRONOMIA E TELECOMUNICAZIONI

ANTENNE
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Sito radioastronomico di Medicina, Bologna

70/87

Presentazione dei corsi

SISTEMI DI ANTENNE AVANZATI PER APPLICAZIONI DI RADIOASTRONOMIA E TELECOMUNICAZIONI

Una stazione di terra per telecomunicazioni.

ANTENNE

71/87

Presentazione dei corsi

TECNICHE DI OTTIMIZZAZIONE NUMERICA PER ANTENNE

ANTENNE

72/87

36



Presentazione dei corsi

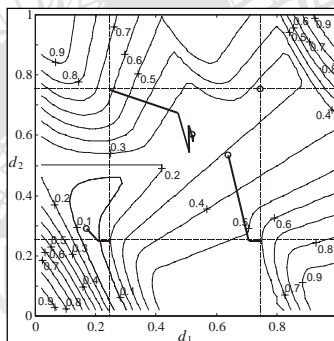
TECNICHE DI OTTIMIZZAZIONE NUMERICA PER ANTENNE

Spesso risulta conveniente, in fase di progetto, ricorrere a tecniche automatiche per raggiungere le specifiche richieste. Questo sia per quanto riguarda la singola antenna sia per quanto riguarda la sua collocazione in un ambiente operativo complesso.

Date le specifiche di progetto si tratta di individuare una apposita funzione di queste, detta funzione costo. Il progetto si riconduce quindi a una minimizzazione di tale costo.

METODI DI OTTIMIZZAZIONE – DETERMINISTICI

Partendo da un punto generico nello spazio delle soluzioni si segue la direzione di massima discesa, fino a pervenire ad un minimo.



73/87

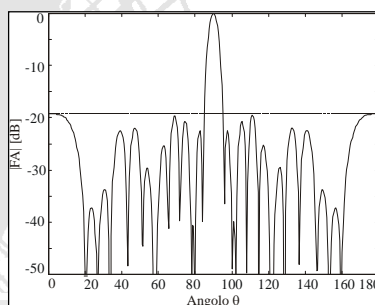
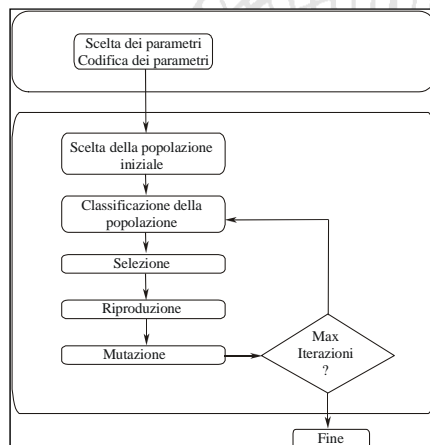


Presentazione dei corsi

TECNICHE DI OTTIMIZZAZIONE NUMERICA PER ANTENNE

METODI DI OTTIMIZZAZIONE – EVOLUTIVI

I metodi evolutivi pervengono all'ottimizzazione simulando meccanismi naturali (comportamento sociale, evoluzione naturale etc.)



74/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

ANTENNE PER RADIOCOMUNICAZIONI: CRITERI DI SCELTA E NORMATIVA

75/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

ANTENNE PER RADIOCOMUNICAZIONI: CRITERI DI SCELTA E NORMATIVA

- Propagazione in ambiente operativo
- Antenne per radiodiffusione e ponti radio
- Pianificazione degli impianti
- Normativa nazionale ed internazionale
 - DM 381/98 (sulla salvaguardia della salute umana)
 - Standard ETSI (sulle caratteristiche tecniche degli apparati)

Stazioni radio base per telefonia cellulare

76/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

APPLICAZIONI DI ANTENNE STAMPATE

77/87

Presentazione dei corsi

ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

APPLICAZIONI DI ANTENNE STAMPATE

VANTAGGI E SVANTAGGI

- basso profilo
- basso peso
- elevata direttività
- efficienza inferiore rispetto alle classiche antenne

APPLICAZIONI

- comunicazioni wireless
- satellitari
- sensoristica (diagnostica, sorveglianza e controllo)

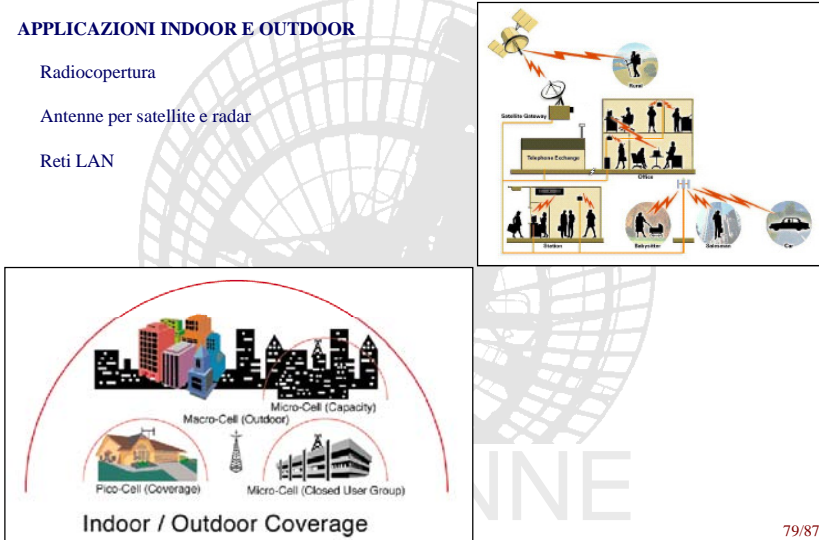
78/87

Presentazione dei corsi

APPLICAZIONI DI ANTENNE STAMPATE

APPLICAZIONI INDOOR E OUTDOOR

Radiocopertura
Antenne per satellite e radar
Reti LAN



79/87

Presentazione dei corsi

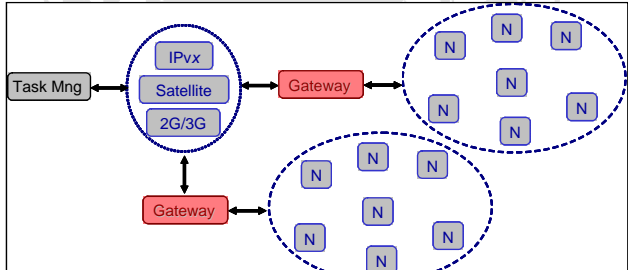
APPLICAZIONI DI ANTENNE STAMPATE

ANTENNE STAMPATE PER LA REALIZZAZIONE DI SENSORI

Una Wireless Sensor Network (WSN) è composta da un elevato numero di sensori (N) densamente distribuiti nella "area" interessata al monitoraggio.

I sensori sono costituiti da un particolare apparato Tx/Rx e il sistema radiante è spesso realizzato in tecnologia planare

- Monitoraggio
- Diagnostica
- Sorveglianza e controllo di processi industriali



80/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

PARTE III

SEMINARI MONOGRAFICI E VISITE GUIDATE AD IMPIANTI



81/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

SEMINARIO MONOGRAFICO

GUGLIELMO MARCONI E I PRIMI ANNI DELLE COMUNICAZIONI A DISTANZA

Ing. S. Selleri, Università di Firenze



Verrà ripercorsa l'evoluzione delle comunicazioni ad onde lunghe e lunghissime a grande distanza, partendo dal primo storico collegamento da Poldhu, in Cornovaglia, a Signal Hill, Terranova, fino ad arrivare alle stazioni ultrapotenti di Clifden e Coltano, che chiusero l'era delle comunicazioni a bassa frequenza.

Nel ventennio 1901-1921 Marconi portò la trasmissione via etere da poco più di una curiosità da laboratorio a mezzo principale di comunicazione a grande distanza. In tali anni, e soprattutto nel primo decennio, effettuò una serie di esperienze fondamentali che furono la base di tutti i successivi successi del wireless.

Parte del materiale del seminario è stato presentato, come *invited paper*, nella sessione storica dedicata al Centenario Marconiano della 31° *European Microwave Conference* a Londra il 26 Settembre 2001.

Antenna di fortuna di Poldhu
24 settembre 1901

82/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

SEMINARIO MONOGRAFICO

ANTENNE PER RADIOASTRONOMIA

Prof. G. Tofani, Istituto di Radioastronomia, Istituto Nazionale di Astrofisica, Bologna




La radioastronomia si basa sullo sviluppo di sistemi di antenne complessi quali elementi di base della strumentazione osservativa. Verranno presentate alcune delle più recenti realizzazioni a livello internazionale, basate sulla progettazione elettromagnetica dei sistemi a multiriflettori a grande dimensione, nonché l'applicazione delle tecniche radiointerferometriche che permettono di ottenere altissime risoluzioni angolari.

83/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

SEMINARI MONOGRAFICI

ANTENNE PER APPLICAZIONI SATELLITARI

Ing. R. Ravanelli, Reparto Antenne, Alenia Spazio-Alcatel, Roma




OTTIMIZZAZIONE DI ANTENNE A RIFLETTORE NEI SATELLITI PER TELECOMUNICAZIONI PER LA DIFFUSIONE DIRETTA DELLA TV

Ing. R. Lo Forti, Space Engineering, Roma



84/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

SEMINARIO MONOGRAFICO

ACCURATE PHASE PATTERN CHARACTERISATION OF GPS ANTENNAS FOR SATELLITE APPLICATIONS

Ing. G. Toso, Antenna and Sub-Millimeter Wave Section, Electromagnetics
Division, ESA-ESTEC, The Netherlands



Due tecniche completamente diverse per l'acquisizione del *phase pattern* di un'antenna GPS vengono confrontate. La prima è basata su misure in camera anecoica mentre la seconda consiste nel misurare le caratteristiche in ricezione dell'antenna GPS installata sul tetto di un edificio. Ibridizzando quindi misure e simulazioni gli effetti del multipath introdotto da una piattaforma satellitare vengono aggiunti per avere un *phase pattern* confrontabile a quello dell'antenna nelle sue condizioni operative.

ANTENNE

85/87



ANTENNE
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze

Presentazione dei corsi

VISITA GUIDATA

ISTITUTO PER LE TELECOMUNICAZIONI E L'ELETTRONICA DELLA MARINA MILITARE
"Giancarlo Vallauri", Livorno

<http://www.marina.difesa.it/maritel radar/>



ANTENNE

86/87

Presentazione dei corsi

VISITA GUIDATA

STAZIONE RADIOASTRONOMICA DI MEDICINA, Bologna

<http://www.ira.cnr.it/>

L'Istituto di Radioastronomia (IRA), dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), controlla la stazione radioastronomica di Medicina. Qui si trovano due principali sistemi di antenne: la Croce del Nord ed il riflettore Cassegrain. La Croce del Nord costruita nel 1960 per ricevere le onde radio centrate alla frequenza di 408 MHz (lunghezza d'onda di 73.5 cm), è uno strumento di transito, regolabile solo in declinazione. Tale telescopio è costituito da due serie di antenne: una posta in direzione Est-Ovest (E-W), l'altra in direzione Nord-Sud (N-S). L'antenna a riflettore è stata invece costruita negli anni '80, presenta un diametro dello specchio primario di 32 m ed è utilizzata sia come antenna singola sia all'interno dell'European VLBI Network (EVN).

87/87

ANTENNE

Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni - Università di Firenze