



Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione : Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione




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

Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione


Giuseppe Pelosi
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni
Università di Firenze
E-mail: giuseppe.pelosi@unifi.it
URL: <http://ingfi9.det.unifi.it/>

ANTENNE II – ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

1/16



Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione : Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione




ORGANIZZAZIONE DELLA PRESENTAZIONE

1. Teorie fisiche
2. Ottica fisica (*Physical Optics*, PO)
3. Teoria fisica della diffrazione (*Physical Theory of Diffraction*, PTD)

ANTENNE

ANTENNE II – ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO
Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

2/16



ANTENNE II – ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione : Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione

TEORIE FISICHE

1. Teorie fisiche

2. Ottica fisica (*Physical Optics*, PO)
3. Teoria fisica della diffrazione (*Physical Theory of Diffraction*, PTD)

3/16



ANTENNE II – ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze


Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione : Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione

TEORIE FISICHE

La teorie geometriche non possono essere utilizzate nel caso radar !!!

**Bisogna procedere in modo diverso utilizzando le teorie fisiche che approssimano
a priori la corrente equivalente sulle strutture**

4/16



ANTENNE II – ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione : Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione


TEORIE FISICHE

$$\mathbf{J}^{\text{tot}} = \mathbf{J}^{\text{PO}} + \mathbf{J}^f \rightarrow \mathbf{E}^s = \mathbf{E}^{\text{PO}}(\mathbf{J}^{\text{PO}}) + \mathbf{E}^f(\mathbf{J}^f)$$

Il campo di Ottica Fisica \mathbf{E}^{PO} è associato alle correnti di Ottica Fisica \mathbf{J}^{PO} (che sono delle correnti uniformi) indotte sul corpo dal campo di ottica geometrica

Il campo di *fringe* \mathbf{E}^f è generato dalle correnti di fringe \mathbf{J}^f (che sono delle correnti non uniformi) indotte dal campo associato

5/16



ANTENNE II – ANTENNE IN AMBIENTE OPERATIVO
 Prof. G. Pelosi - Laboratorio di Elettromagnetismo Numerico
 Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni – Università di Firenze

Metodi ad alta frequenza per i problemi di antenna e di reirradiazione : Ottica Fisica, Teoria Fisica della Diffrazione

OTTICA FISICA (PHYSICAL OPTICS, PO)

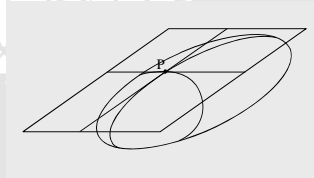
1. Teorie fisiche
2. Ottica fisica (*Physical Optics*, PO)
3. Teoria fisica della diffrazione (*Physical Theory of Diffraction*, PTD)

6/16



CALCOLO DELLE CORRENTI DI PO

- in ogni punto della porzione di superficie illuminata, il campo è quello che ci sarebbe in presenza di un piano indefinito tangente alla superficie nel punto stesso



- nella porzione di superficie che rimane in ombra il campo è supposto identicamente nullo

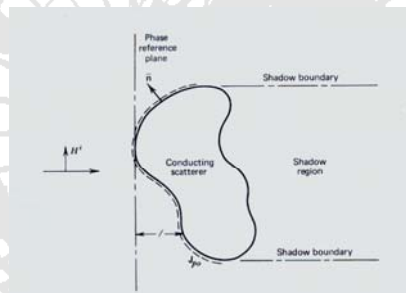
$$\mathbf{J}^{PO} = \begin{cases} \hat{n} \times \mathbf{H} & \text{nella regione illuminata} \\ 0 & \text{nella regione d'ombra} \end{cases}$$

7/16



CALCOLO DELLE CORRENTI DI PO

$$\mathbf{J}^{PO} = \begin{cases} 2(\hat{n} \times \mathbf{H}^i) & \text{nella regione illuminata} \\ 0 & \text{nella regione d'ombra} \end{cases}$$



8/16



CALCOLO DELLE CORRENTI DI PO

Note le correnti indotte sulla superficie della struttura il campo reirradiato (in zona lontana) si può determinare attraverso l'integrale di radiazione

$$\begin{cases} \mathbf{E}^s(\mathbf{r}) = -jk\zeta \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \iint_S \hat{\mathbf{r}} \times [\hat{\mathbf{r}} \times \mathbf{J}(\mathbf{r}')] e^{jkr' \cdot \hat{\mathbf{r}}} dS \\ \mathbf{H}^s(\mathbf{r}) = \frac{1}{\zeta_0} \hat{\mathbf{r}} \times \mathbf{E}^s(\mathbf{r}) \end{cases}$$



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

Sezione Equivalente Radar (SER) o Radar Cross Section (RCS)

9/16



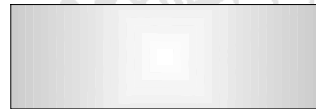
CONSIDERAZIONI SULL'APPROSSIMAZIONE DI OTTICA FISICA

- 👍 L'integrale di PO può essere calcolato facilmente nel caso in cui la superficie è una piastra piana
- 👍 L'approssimazione di ottica fisica dà buoni risultati per superfici curve con raggio di curvatura elevato e lontano da discontinuità geometriche/elettriche (effetti diffrattivi)
- 👎 Non tiene conto adeguatamente di eventuali fenomeni di depolarizzazione del campo
- 👎 Si ottengono risultati soddisfacenti solo in direzioni di osservazione vicine a quella speculare

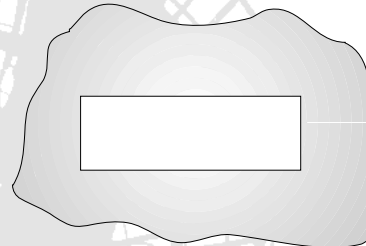
10/16



APPROSSIMAZIONE DI PO E APPROSSIMAZIONE DI KIRCHHOFF



Piastra piana rettangolare
illuminata da un'onda piana
per incidenza normale



Antenna ad apertura rettangolare con
illuminazione uniforme

L'approssimazione di ottica fisica nella teoria dello *scattering* elettromagnetico è equivalente all'approssimazione di Kirchhoff nella teoria delle antenne ad apertura

11/16



APPROSSIMAZIONE DI PO E APPROSSIMAZIONE DI KIRCHHOFF

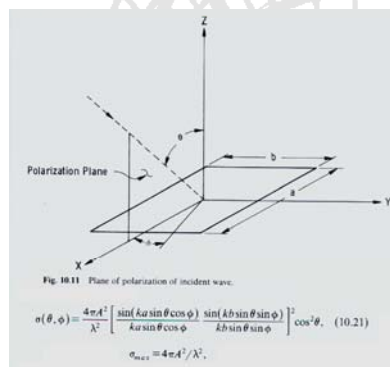


Fig. 10-11 Plane of polarization of incident wave.

$$n(\theta, \phi) = \frac{4\pi A^2}{\lambda^2} \left[\frac{\sin(ka \sin \theta \cos \phi)}{ka \sin \theta \cos \phi} \frac{\sin(kb \sin \theta \sin \phi)}{kb \sin \theta \sin \phi} \right]^2 \cos^2 \theta, \quad (10.21)$$
$$\sigma_{\text{mca}} = 4\pi A^2 / \lambda^2.$$

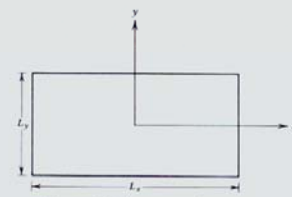


Figure 8-6 The rectangular aperture.

$$E_a = E_0 \hat{y} \quad |x| \leq \frac{L_x}{2}, \quad |y| \leq \frac{L_y}{2}.$$

$$u = \sin \theta \cos \phi, \quad v = \sin \theta \sin \phi.$$

$$E_\theta = j\beta \frac{e^{-j\beta r}}{2\pi r} E_0 L_x L_y \sin \phi \frac{\sin[(\beta L_x/2)u]}{(\beta L_x/2)u} \frac{\sin[(\beta L_y/2)v]}{(\beta L_y/2)v}$$
$$E_\phi = j\beta \frac{e^{-j\beta r}}{2\pi r} E_0 L_x L_y \cos \theta \cos \phi \frac{\sin[(\beta L_x/2)u]}{(\beta L_x/2)u} \frac{\sin[(\beta L_y/2)v]}{(\beta L_y/2)v}.$$

12/16



TEORIA FISICA DELLA DIFFRAZIONE (PHYSICAL THEORY OF DIFFRACTION, PTD)

1. Teorie fisiche
2. Ottica fisica (Physical Optics, PO)
3. Teoria fisica della diffrazione (Physical Theory of Diffraction, PTD)

13/16



CALCOLO DELLE CORRENTI DI PTD

La corrente di *fringe* (corrente non uniforme), calcolata mediante la teoria fisica della diffrazione (*Physical Theory of Diffraction*, PTD), tiene conto della deformazione della corrente indotta in prossimità delle discontinuità elettriche e geometriche della struttura

$$\mathbf{J}_{tot} = \mathbf{J}_{PO} + \mathbf{J}_{fringe}$$



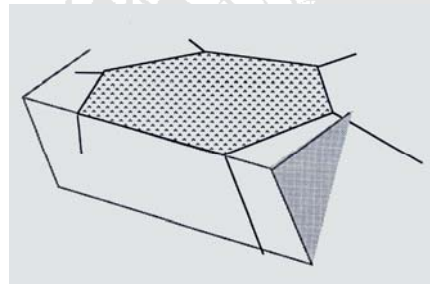
P. Ya. Ufimtsev, *Method of edge waves in the physical theory of diffraction*,
Sovetskoye Radio, Moscow, 1962

14/16



CALCOLO DEL CAMPO DI PTD

Il contributo del campo di *fringe* si configura rispetto a quello di PO in maniera additiva e quindi consente, dal punto di vista dell'organizzazione di un codice numerico l'utilizzazione dello stesso modello utilizzato per valutare il campo di PO

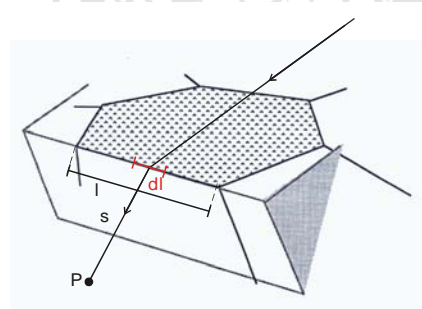


$$\mathbf{E}^s = \mathbf{E}^{PO}(\mathbf{J}^{po}) + \mathbf{E}^f(\mathbf{J}^f)$$

15/16



CALCOLO DEL CAMPO DI PTD



$$\mathbf{E}^f = \int_l d\mathbf{E}^f$$

$$d\mathbf{E}^f = \frac{e^{-jks}}{4\pi s} [\mathbf{D}^f] \mathbf{E}^f dl$$

16/16