

Modello a 6 raggi della propagazione

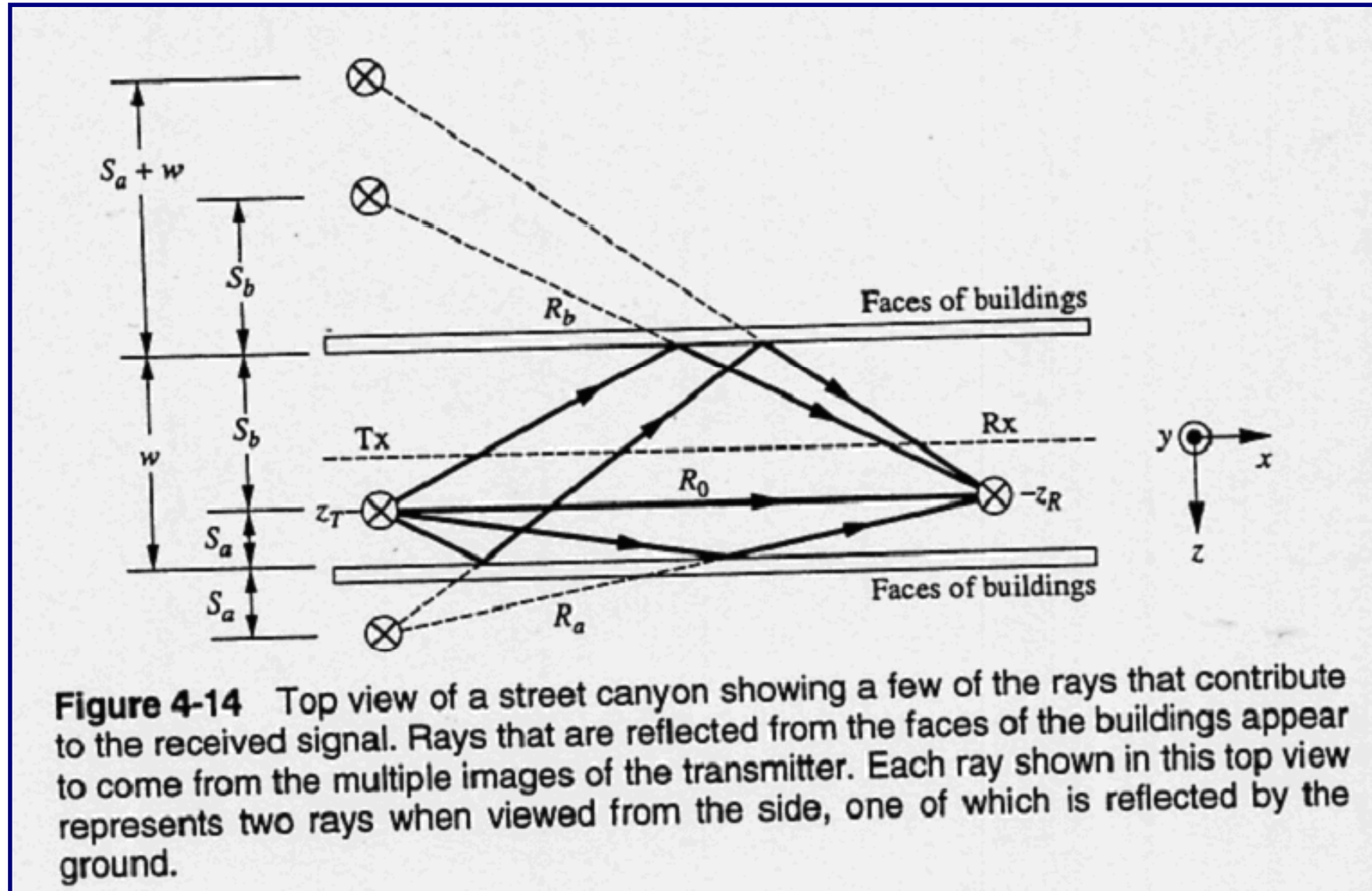
All'interno di una città, i percorsi di propagazione in LOS tipicamente si trovano lungo le strade con edifici da ambo i lati della strada che possono servire a canalizzare l'irradiazione.

Questa canalizzazione può essere importante specialmente in densi ambienti urbani, in cui per incrementare la capacità vengono utilizzate microcelle che fanno uso di antenne di stazioni base poste più in basso dei tetti degli edifici.

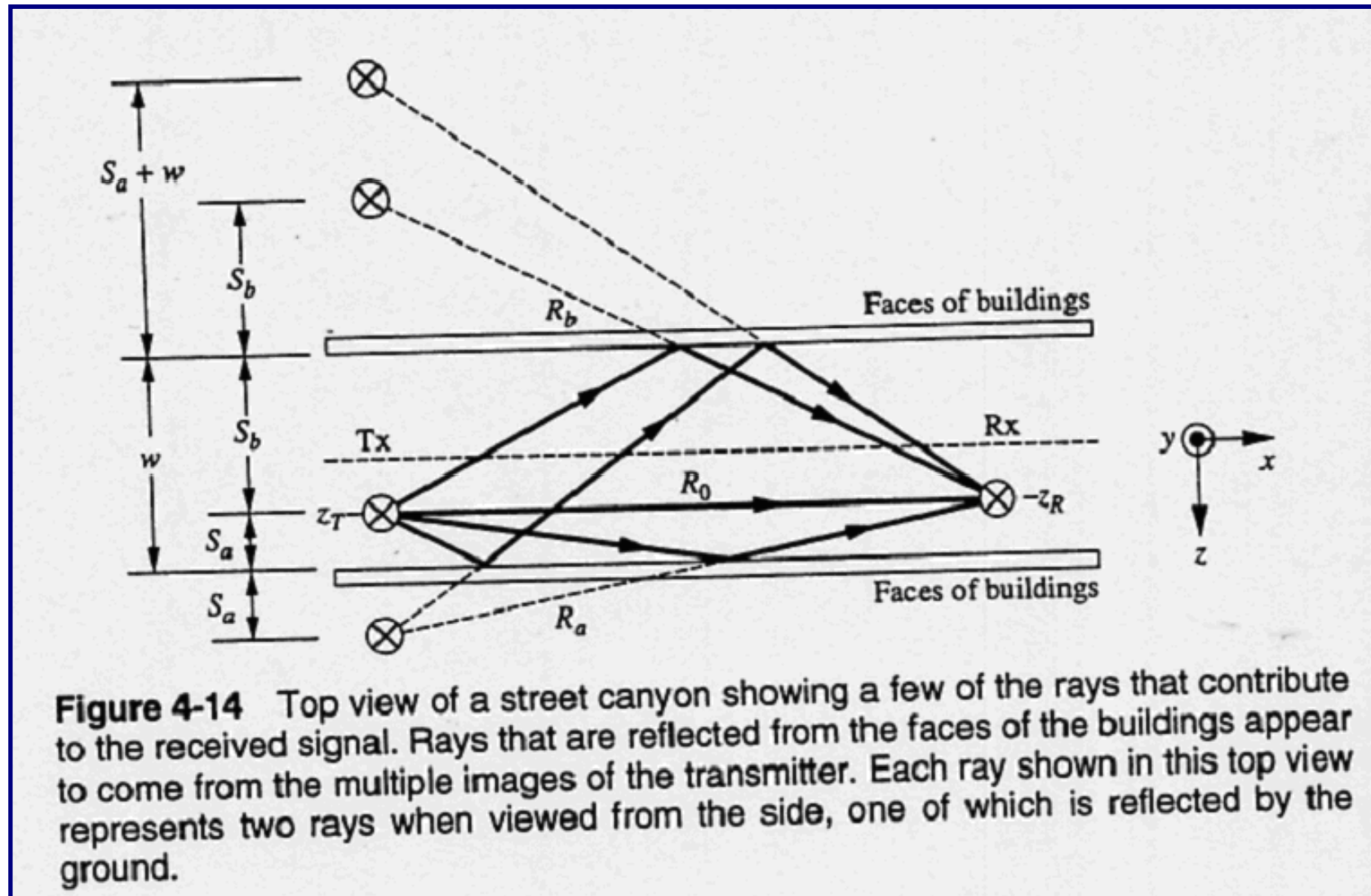
Per antenne poste così in basso, i raggi riflessi dalle facce degli edifici contribuiscono al segnale ricevuto così come il raggio diretto e quello riflesso dal suolo.

Modello a 6 raggi della propagazione

Visione dall'alto semplificata del canyon urbano

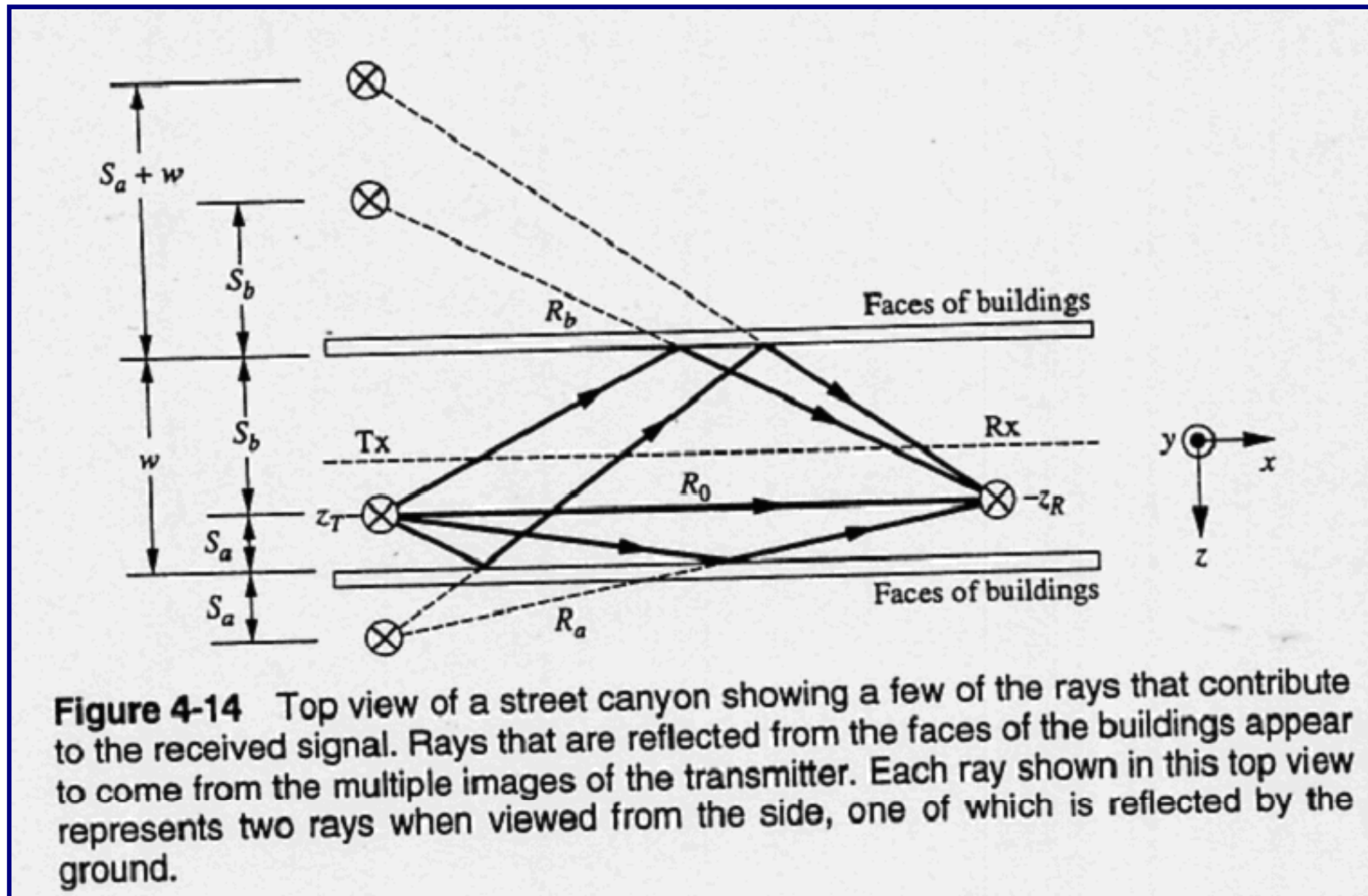


Modello a 6 raggi della propagazione



Le facce degli edifici sono state supposte formare un muro continuo, liscio e uniforme da entrambi i lati della strada.

Modello a 6 raggi della propagazione



I raggi che arrivano all'antenna ricevente possono esser ottenuti costruendo le immagini della antenna trasmittente della stazione base rispetto alle facce degli edifici.

Modello a 6 raggi della propagazione

I raggi che subiscono una sola riflessione in una faccia di un edificio sembrano provenire dalle prime immagini dall'uno e/o dall'altro lato del canyon, a distanza $s_{a,b} = (w/2) \pm z_T$ dalle corrispondenti facce

w : larghezza della strada

z_T : distanza fra il centro della strada e l'antenna trasmittente

Le distanze $s_{a,b}$ sono uguali a quelle fra la trasmittente e le facce degli edifici.

I raggi che subiscono due riflessioni sulle facce degli edifici sembrano provenire da immagini in ogni faccia delle prime immagini create nella faccia opposta.

Se si ripete questo processo si arriva ad una serie infinita di immagini da entrambi i lati della strada che rappresentano il moltiplicarsi dei raggi riflessi.

Modello a 6 raggi della propagazione

Si deve inoltre tenere conto del suolo considerando l'immagine rispetto al suolo di ogni immagine generata dalle facce degli edifici.

Ogni raggio mostrato nella vista dall'alto rappresenta quindi in realtà due raggi se visto di lato, uno che viaggia direttamente dalla Tx alla Rx, e uno che è riflesso dal suolo.

Poiché questi due raggi si cancellano parzialmente a grandi distanze, essi devono essere presi a coppie.

L'approssimazione all'ordine più basso del segnale ricevuto si ottiene tenendo conto dei raggi diretto e riflesso dal suolo (modello a 2 raggi), mentre l'approssimazione di ordine più elevato considera 6 raggi: i precedenti due (raggio diretto e riflesso) e quattro ulteriori raggi che subiscono una singola riflessione sulle facce degli edifici (modello a 6 raggi).

Modello a 6 raggi della propagazione

Consideriamo l'approssimazione di 6 raggi per antenne isotropiche e polarizzazione verticale del campo elettrico.

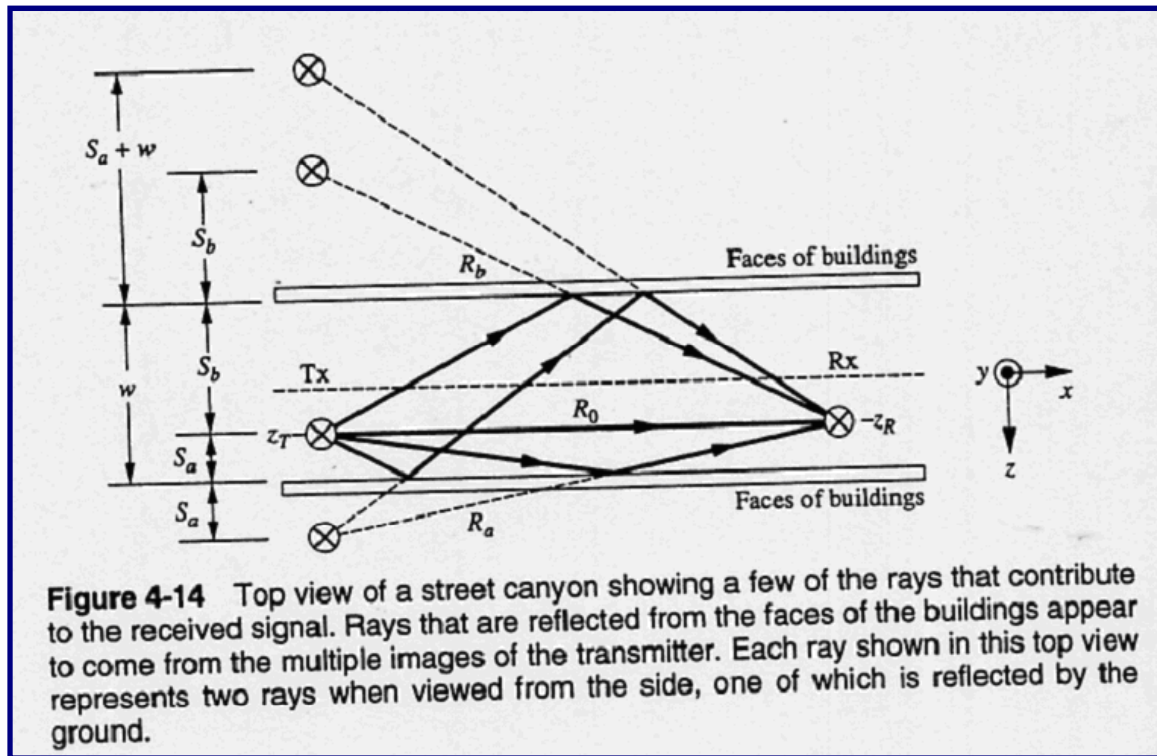
Sia x la posizione della Tx e della Rx lungo il centro della strada, e siano z_T e z_R le posizioni delle antenne rispetto alla linea centrale.

Le posizioni orizzontali fra la Rx, la Tx e le immagini della Tx sono date da:

$$R_0 = \sqrt{x^2 + (z_T - z_R)^2}$$

$$R_a = \sqrt{x^2 + (w - z_T - z_R)^2}$$

$$R_b = \sqrt{x^2 + (w + z_T + z_R)^2}$$



Modello a 6 raggi della propagazione

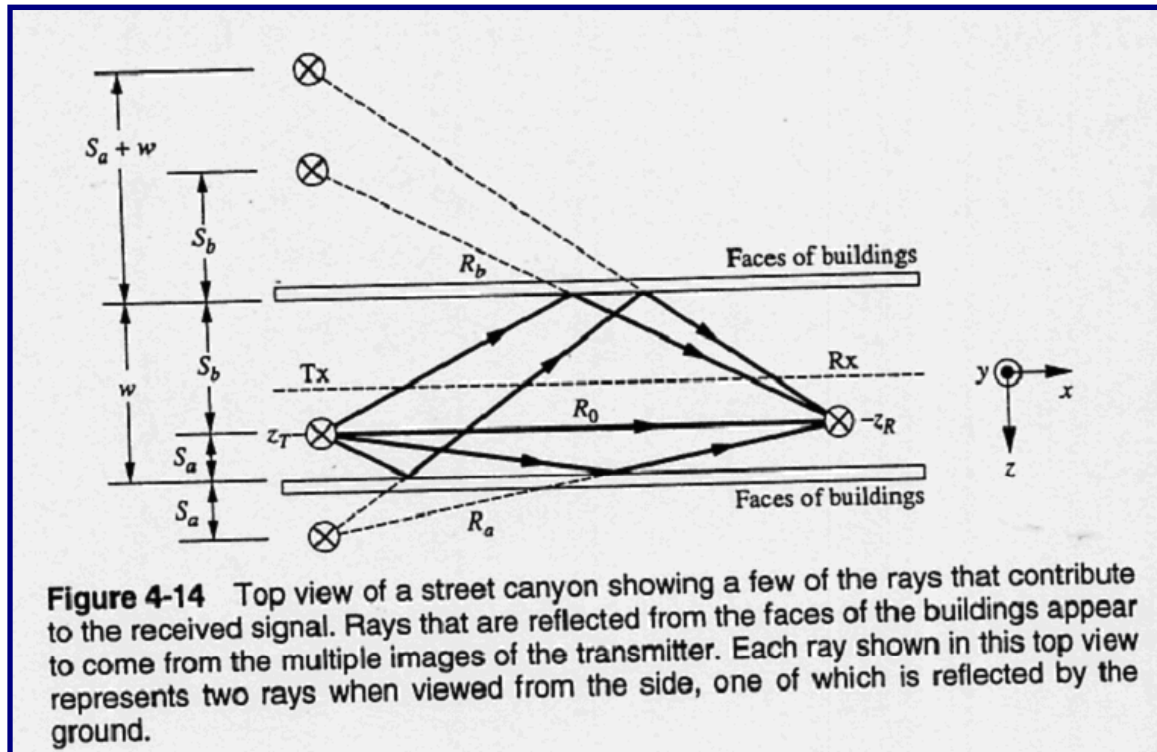
Per ogni coppia di raggi $n=0,a,b$, la lunghezza del raggio diretto (1) e di quello riflesso dal suolo (2) sono espresse in termini di R_n dalla:

$$r_{n1,2} = \sqrt{(R_n)^2 + (h_1 \mp h_2)^2}$$

h_1 e h_2 sono le altezze delle antenne.

L'angolo di riflessione al suolo θ_n per i tre raggi riflessi vale:

$$\theta_n = \arctan \frac{R_n}{h_1 + h_2}$$



Modello a 6 raggi della propagazione

I raggi riflessi dagli edifici viaggiano obliquamente alla faccia sia nel piano orizzontale che in quello verticale, anche nel caso di trasmettitore polarizzato verticalmente o orizzontalmente.

I campi incidenti sulla faccia dell'edificio non saranno TE o TM puri, e quindi vi sarà accoppiamento delle polarizzazioni.

Se la differenza di posizionamento orizzontale fra Tx e Rx è grande rispetto alle loro altezze h_1 e h_2 , l'accoppiamento della polarizzazione sarà piccolo e si possono utilizzare semplicemente i coefficienti di riflessione per le polarizzazioni TE o TM.

Sotto queste condizioni, l'angolo di incidenza per entrambi i raggi di ogni coppia sarà dato approssimativamente dagli angoli ψ_a e ψ_b espressi da:

$$\psi_{a,b} = \arctan \frac{x}{w \mp (z_T + z_R)}$$

Modello a 6 raggi della propagazione

Supponendo che ogni coppia di raggi abbia lo stesso coefficiente di riflessione alle facce degli edifici, l'interferenza fra ogni coppia di raggi $n=0,a,b$ è in tal modo incorporata nel fattore V_n , che per una polarizzazione verticale è definito da:

$$V_n = \frac{e^{-jkr_{n1}}}{r_{n1}} + \Gamma_H(\mathcal{G}_n) \frac{e^{-jkr_{n2}}}{r_{n2}}$$

Il path gain per antenne isotropiche, ottenuto considerando i 6 raggi, è quindi:

$$PG = \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| V_0 + \Gamma_E(\psi_a)V_a + \Gamma_E(\psi_b)V_b \right|^2$$

Modello a 6 raggi della propagazione

Confronto fra il Path gain calcolato con il modello a due ed a sei raggi

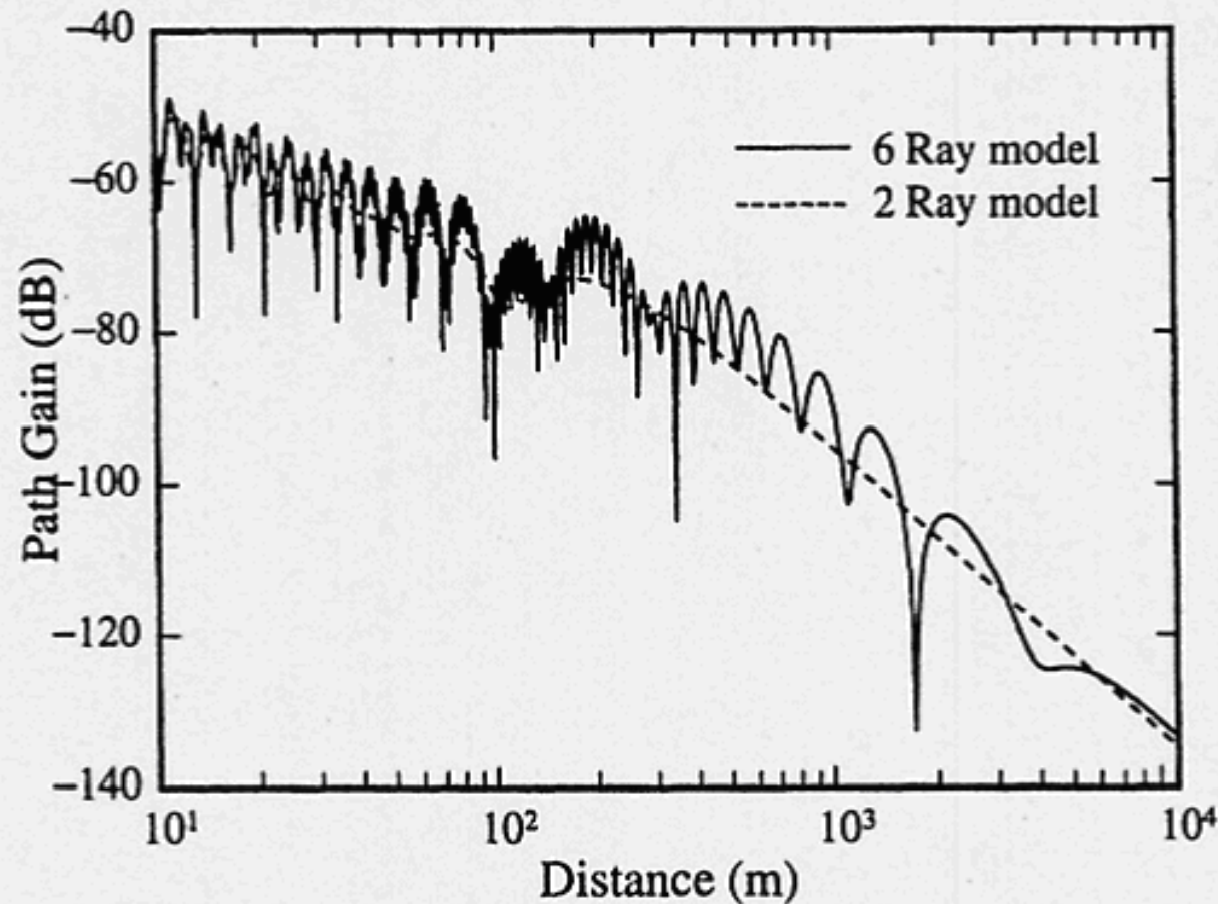


Figure 4-15 Path gain computed for the two- and six-ray models for vertical polarization of isotropic antennas located at the curb ($z_T = z_R = 8$ m) on the same side of a street of width $w = 30$ m for $h_1 = 10$ m, $h_2 = 1.8$ m, and $f = 900$ MHz.

Onde cilindriche

Nel descrivere la diffrazione da spigoli si utilizzerà il concetto di onda cilindrica.

Le onde cilindriche possono essere viste come generate da sorgenti posizionate in maniera continua lungo una linea retta di estensione infinita.

Se le sorgenti sono tutte in fase, esse irradieranno una onda i cui fronti di fase sono cilindri.

Siccome l'area del cilindro cresce linearmente con il raggio ρ , affinché la potenza si conservi i campi devono variare come $1/\sqrt{\rho}$ piuttosto che come $1/r$, variazione che invece caratterizza una onda sferica.

Onde cilindriche

A grande distanza dalla linea di sorgente, i campi irradiati sono dati da:

$$\underline{E} = Z \cdot I \cdot f(\theta) \cdot \frac{e^{-jk\rho}}{\sqrt{\rho}} \underline{i}_E; \quad \underline{H} = \frac{1}{\eta} \underline{i}_\rho \times \underline{E}$$

\underline{i}_ρ : versore nella direzione radiale

\underline{i}_E : versore perpendicolare alla direzione radiale che fornisce la polarizzazione del campo elettrico \underline{E}

$f(\theta)$: fornisce la dipendenza dei campi dalla direzione

I : corrente terminale

Z : costante dipendente dalla sorgente.

Il campo magnetico \underline{H} è anche esso perpendicolare alla direzione radiale e disposto in modo che $\text{Re}\{\underline{E} \times \underline{H}\}$ sia diretto in direzione radiale uscente.

