

I modelli digitali di elevazione urbani per l'analisi dei collegamenti radioelettrici

La crescente disponibilità di modelli di elevazione (DEM – Digital Elevation Model) per le aree urbane ha consentito lo sviluppo di sempre più evoluti *software* di analisi territoriale, finalizzati alla simulazione della propagazione radioelettrica.

Il boom della telefonia mobile iniziato negli anni novanta, nonché l'avvento di nuove tecnologie come l'UMTS ed il WLL (Wireless Local Loop), hanno portato ad un notevole incremento degli impianti di trasmissione radioelettrica nelle aree urbane.

Questo ha determinato l'esigenza, da un lato, di strumenti di pianificazione e progettazione più sofisticati, dall'altro di strumenti di simulazione per la verifica, secondo la normativa vigente, dell'impatto ambientale delle sorgenti già presenti sul territorio, come pure di quelle nuove per le quali è stata inoltrata la richiesta.

Per poter far fronte a tali esigenze si è evidenziata la necessità di poter disporre di strumenti di simulazione che, utilizzando un modello territoriale ad elevata precisione ed accuratezza, consentano una notevole riduzione ed ottimizzazione delle risorse e delle attività sul campo, con conseguente contrazione dei tempi e dei costi di attuazione dei progetti.

Un altro fattore, questa volta radioelettrico, che ha spinto verso l'utilizzo di modelli a maggiore risoluzione, è l'innalzamento delle frequenze utilizzate per i collegamenti ed il conseguente restringimento del volume (ellissoide di *Fresnel*) contenente la quasi totalità dell'energia trasmessa. Ciò ha comportato la necessità di prendere in considerazione in maniera deterministica la presenza e quindi l'influenza di ostacoli lungo la direzione di propagazione. E' chiaro come in ambiente urbano gli ostacoli di maggiore rilevanza

sulle analisi siano proprio gli edifici, che rappresentano quindi una componente indispensabile ai fini dell'ottenimento di un risultato efficace.

I modelli urbani

I DEM Urbani, disponibili sia in formato vettoriale, sia matriciale, oltre alla quota del suolo contengono anche quella relativa agli edifici, con differente dettaglio in funzione del rispettivo utilizzo. Si possono ottenere a partire da riprese da aereo, da satellite, attualmente con una risoluzione inferiore rispetto ai primi, come pure dai più recenti sistemi a scansione laser (che possono essere montati su aereo o elicottero).

Il dettaglio del modello urbano può essere spinto oltre la sola informazione di quota, introducendo anche la descrizione dei volumi secondari (sporgenze inferiori ad una determinata dimensione) o attributi ulteriori come ad esempio quelli relativi alla struttura degli edifici (materiali e superfici esterne).

Questi modelli possono essere positivamente utilizzati da strumenti software di recente generazione, come quelli basati sulla tecnica del *ray-tracing*. Questi *tool* consentono la ricostruzione e quindi l'analisi dei cammini multipli che si generano dalla sorgente al punto di ricezione tenendo conto dei fenomeni di riflessione, a terra e sulle pareti, e della diffrazione agli spigoli.

E' chiaro come modelli accurati, in cui siano definiti, ad esempio, i corretti coefficienti di riflessione e rifrazione per le singole superfici, possano rendere decisamente più efficace l'utilizzo di questi strumenti di simulazione.

Anche se limitati all'analisi di aree ristrette, questi strumenti richiedono ancora modelli del territorio troppo costosi e quindi difficilmente giustificabili per applicazioni com-

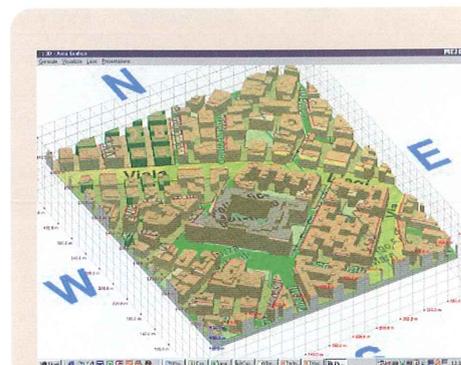


Fig. 1 - rappresentazione tridimensionale di un dettaglio della città di Roma con sovrapposizione della cartografia raster, "mappa a grande scala" della DeAgostini di Novara

merciali restando, quindi, confinati ad ambienti di studio e di ricerca.

Gli algoritmi

La disponibilità di un modello territoriale di elevazione urbano che tenga conto della presenza degli edifici, o quantomeno dei volumi principali, consente l'utilizzo di algoritmi di simulazione deterministici basati sull'analisi per raggi, che permette di considerare, in termini di visibilità ottica e radioelettrica, gli ostacoli presenti lungo le congiungenti dirette fra i punti.

Questi algoritmi consentono, rispetto ai modelli probabilistici basati su descrizioni grossolane del territorio, di ottenere risultati più attendibili senza, tuttavia, ricorrere al sofisticato e costoso (in termini di banche dati e risorse di calcolo) *ray-tracing*.

Questa modellistica applicata ai DEM Urbani permette di ottenere importanti vantaggi durante il percorso di progettazione di collegamenti radio: in particolare questo tipo di analisi può assumere importanza ancora più rilevante nella fase iniziale relativa allo studio di fattibilità di un progetto. Analogamente il loro utilizzo risulta essere fondamentale per le operazioni di verifica dell'impatto ambientale dei campi generati, effettuate sia sul pregresso, sia per autorizzare nuovi impianti.

Di seguito vediamo alcuni dei principali strumenti a disposizione del progettista.

I prodotti software realizzati dalla Vector, utilizzati per questa analisi, si basano su di un motore proprietario di modellazione solida del territorio realizzato ad hoc per l'analisi della propagazione radio. Con quasi 20 anni di storia alle spalle, la Vector ha realizzato prodotti di analisi territoriale specifici per le telecomunicazioni, oggi utilizzati da quasi tutti i principali operatori italiani e dagli organi di controllo.

Analisi della visibilità

La fase iniziale relativa alla fattibilità di massima del collegamento radio si basa principalmente sull'analisi della morfologia dell'area di interesse e della visibilità ottica. La visibilità diretta fra due punti è una condizione indispensabile per i collegamenti alle frequenze più alte (a differenza delle frequenze più basse dove diventa rilevante la visibilità radioelettrica) e può essere ottenuta grazie a strumenti automatici di analisi sofisticati ma di semplice impiego. Fra questi i più comuni sono: l'area di visibilità ottica, il profilo fra due punti e la visibilità multipla fra N punti.

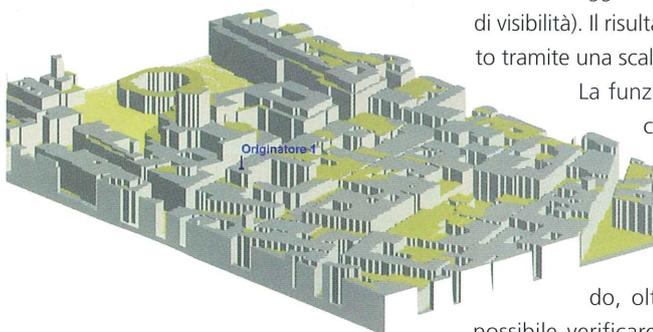


Fig. 3 - rappresentazione di un'area di visibilità. In giallo le zone non visibili dal punto di osservazione

L'area di visibilità ottica consente di mettere in relazione un punto di osservazione con un'area di interesse. Il risultato dell'analisi è la generazione di un tematismo che rappresenta, nell'area di interesse, i punti non in visibilità ottica con quello di osservazione tramite una velatura cromatica. La velatura è tale da consentire ancora la visibilità dei tematismi già presenti nell'area grafica.

L'area in vista è lo strumento base per la localizzazione ottimale di un centro radio in diffusione al fine di una razionale copertura del territorio.

La scansione dell'area di interesse può essere effettuata secondo diversi algoritmi: nel caso rappresentato - ottenuto con il prodotto WinRPT specifico per la progettazione Punto-Punto - è stato utilizzato il metodo detto "algoritmo di orizzonte" che consente di ottimizzare i tempi di calcolo riducendo il numero di profili da calcolare.

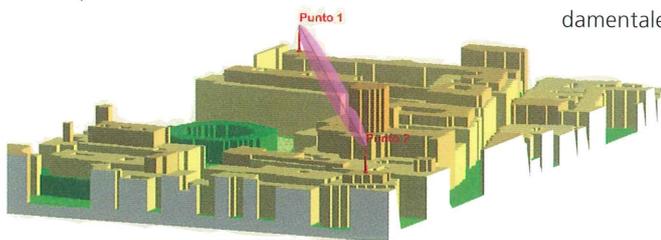


Fig. 5 - rappresentazione 3D del profilo che precedentemente risultava libero nella verifica bidimensionale, dove si evidenzia, invece, un'ostruzione laterale dell'ellissoide

L'analisi tiene conto, ovviamente, della sfericità terrestre e la si può rendere più efficace variando alcuni parametri come l'altezza della torre (elevazione superiore rispetto alla quota del punto di applicazione) del punto di osservazione o il coefficiente di propagazione K, comunemente usato nelle applicazioni radioelettriche.

Alla visibilità semplice, che esprime il risultato in termini binari (sì/no), in molti casi viene preferita la visibilità in radenza. Quest'ultima fornisce un contenuto informativo maggiore misurando, per ogni tessera del modello, la distanza esistente fra la quota a terra ed il raggio radente (uguale a 0 nel caso di visibilità). Il risultato viene quindi evidenziato tramite una scala cromatica a più livelli.

La funzione profilo fra due punti consente di visualizzare graficamente l'andamento altimetrico lungo la congiungente fra gli stessi. In questo modo, oltre alla visibilità ottica, è possibile verificare il posizionamento degli eventuali elementi critici - ostacoli - che ne possono inficiare la fattibilità.

Il profilo, funzione di base utilizzata anche in elaborazioni più complesse, è fondamentale nello studio di collegamenti radio punto-punto.

Parametro fondamentale calcolato da questa funzione è il "franco" inteso da un punto di vista radioelettrico come distanza, punto per punto, fra l'estremo inferiore della prima zona di Fresnel ed il suolo.

Il "franco" rappresenta un parametro chiave nell'analisi di fattibilità di un collegamento radio ed in ambito urbano è fondamentale effettuare una valutazione più attenta che non si limiti al solo piano verticale lungo la congiungente. A tale scopo i prodotti Vector dispongono di una funzione integrata di rappresentazione tridimensionale navigabile

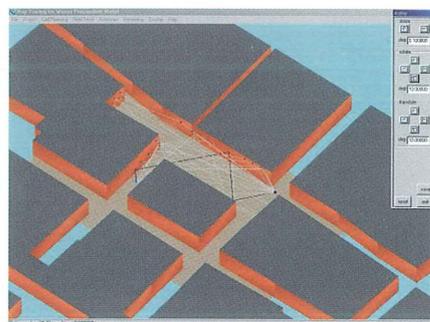


Fig. 2 - rappresentazione dei cammini multipli fra due punti non in visibilità diretta fra loro

che consente di sfruttare al meglio il modello solido del territorio.

La simulazione 3D

Il simulatore tridimensionale mette a disposizione dell'operatore gli strumenti necessari ad un'analisi spaziale degli oggetti attinenti al progetto, mettendolo in condizione di cogliere elementi altrimenti difficilmente rilevabili tramite le tradizionali viste per piani.

La visibilità multipla fra N punti è importante al fine di ricercare potenziali hub, o punti di concentrazione, dove localizzare ad esempio una master per collegamenti punto-multipunto.

Combinando assieme le potenzialità del

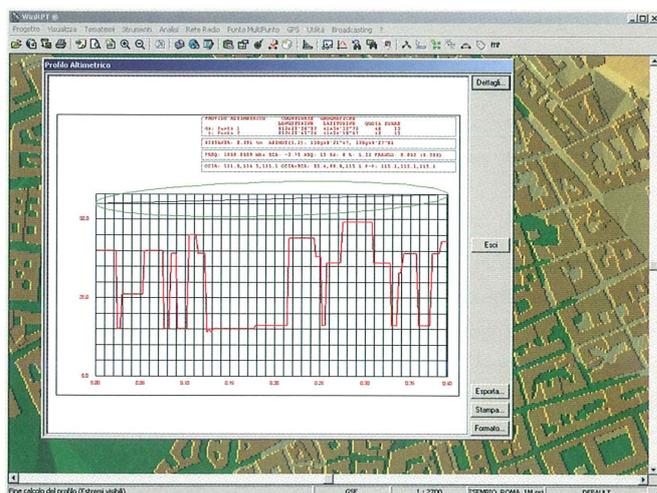


Fig. 4 - Rappresentazione di un profilo fra due punti con rappresentazione della prima zona di Fresnel

DEM Urbano, le prestazioni della funzione profilo ed una serie di condizioni a contorno specificate dall'operatore, tale funzione è in grado di dare risposte semplici, come la generazione della matrice di visibilità fra N punti, o più complesse come la scelta di un sito hub.

Per le applicazioni in ambito urbano, dove tipicamente si preferisce installare gli impianti sui tetti degli edifici, è importante disporre di filtri che consentano, appunto, di restringere in tal senso le aree di analisi. In figura 6 viene rappresentato graficamente il ri-

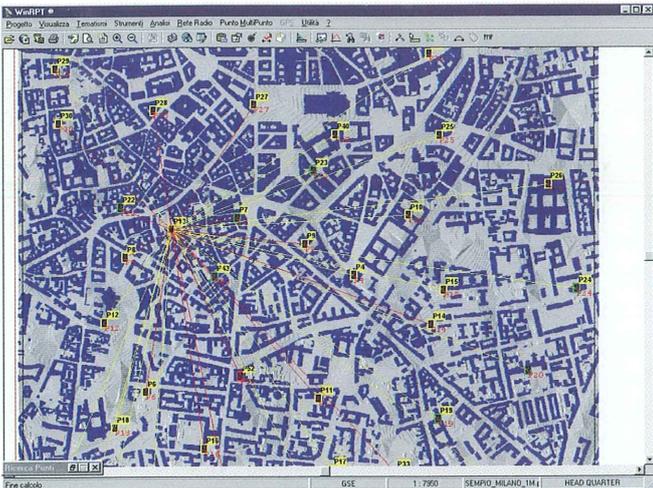


Fig. 6 - Rappresentazione grafica della visibilità tra N punti

sultato del calcolo della matrici di visibilità limitato al singolo sito selezionato: tramite la congiungente gialla sono indicati i *link* in visibilità, tramite quella rossa quelli non in visibilità.

In figura 7 è invece rappresentato il risultato di una elaborazione più complessa che ha individuato in maniera automatica, sulla base delle condizioni specificate dall'operatore, quanti e quali, fra i siti forniti, possono essere utilizzati come *master* nella progettazione di reti punto-multipunto.

L'aiuto che gli strumenti di simulazione possono dare alla progettazione prosegue fino alle fasi più complesse, che consentono l'analisi dei livelli di campo ricevuti, l'analisi interferenziale e l'analisi della qualità del servizio. Per ottenere tali risultati il modello numerico del territorio, ancora fondamentale, ed i modelli di analisi, si integrano con banche dati particolarmente complesse contenenti le informazioni tecniche che descrivono

le varie componenti delle reti (trasmettitori, antenne, filtri, ecc.).

La progettazione

Per quanto la progettazione e verifica di sistemi radio dove si prevedano attività sul campo da parte degli operatori, è chiaro come il ricorso a questi strumenti di ausilio per l'analisi preliminare "in casa", consenta una notevole riduzione ed ottimizzazione del tempo trascorso fuori sede.

Un ultimo accenno solo all'efficacia che possono avere i modelli 3D urbani quando vengono utilizzati per la verifica dell'impatto ambientale dei campi prodotti. La figura 8 rappresenta tridimensionalmente la simulazione del livello di campo prodotto da un sito - di prova - per la telefonia mobile tramite la rappresentazione della superficie isolivello. Il modello urbano rende immediata la lettura della criticità del sito potendo rappresentare i volumi degli edifici insieme alla su-



Fig. 8 - Rappresentazione 3D di una superficie isolivello

perficie che delimita la porzione di spazio contenente livelli di campo superiori alla soglia specificata.

La Vector ha sviluppato una serie di prodotti di analisi territoriale specifici per la simulazione della propagazione radioelettrica, a copertura di un'ampia serie di settori:

- WinRPT per i collegamenti Punto-Punto;
- WinWLL per i collegamenti Punto-Multi-Punto;
- BDC per il *broadcasting* radio/televivo;
- GSR per la progettazione di sistemi Radio/TV complessi;
- WinERT per l'analisi tramite *ray-tracing*;
- VICREM per la verifica dell'impatto ambientale dei CEM;
- WinEDT per l'analisi ottica;

Relativamente ai modelli numerici del territorio urbano la Vector dispone di un catalogo che copre tutti i capoluoghi di provincia, più buona parte dei comuni appartenenti all'*interland* delle grandi città italiane. I dati sono disponibili sia in formato vettoriale, sia *matrix* con differente risoluzione. Al dato altimetrico per i centri principali possono essere aggiunti attributi relativi alla viabilità, aree verdi, acque, linee ferroviarie ed altro.

Per quanto riguarda il dettaglio dei prodotti realizzati e forniti dalla Vector si rimanda al sito web sotto riportato.

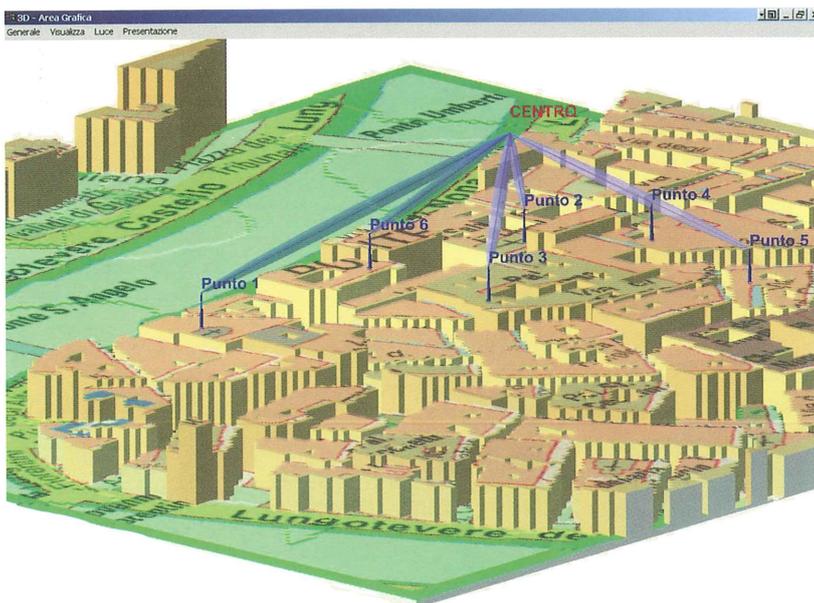


Fig. 7 - Rappresentazione 3D di un sito multipunto completo delle connessioni fra Master e Terminal Station

Autore

GIORGIO DI BELLA

Responsabile Commerciale
Vector S.r.l. - Gruppo Citec
www.gruppocitec.com/gis
g.dibella@citec.it