

MINIMIZZAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI CAMPI EM MEDIANTE POSIZIONAMENTO AUTOMATIZZATO DI SRB.

G. Cerri, R. De Leo, D. Micheli*, P. Russo

Dipartimento di Elettronica & Automatica, Università di Ancona
via Breccie Bianche 60121, Ancona

* Telecom Italia Mobile
paola.russo@unian.it

Abstract

An optimization procedure for planning the location of RBSs in a cellular phone network is developed by using the genetic algorithm. The quality of service as well as the environment protection against electromagnetic pollution are the parameters on which it is based the code. In particular the C/I ratio, traffic, coverage, and economic efficiency are considered as constrains of the communication system. Five functionals are defined and the algorithm is applied separately to each one, and to their combination. Many results has been found, from which one can infer that an optimized solution represents the best compromise among contrasting requirements.

INTRODUZIONE

La crescente domanda di comunicazioni personali ha fatto aumentare il numero di stazioni radio base (SRB) per permettere la copertura totale del territorio, al fine di garantire il servizio ad un numero molto ampio di utenti. Allo stesso tempo, però, la popolazione è diventata sempre più sensibile al problema di possibili effetti del cosiddetto 'inquinamento elettromagnetico', e considera le SRB pericolose per la salute. In questo filone si inserisce questa ricerca che ha lo scopo di fornire uno strumento per la pianificazione radio che assicuri una buona qualità del servizio, e contemporaneamente tenga conto di vincoli ambientali e di salute.

Lo strumento sviluppato si basa sull'algoritmo genetico, che è un metodo di ottimizzazione molto efficace e relativamente veloce. L'algoritmo viene applicato per minimizzare un funzionale a sua volta composto da altri funzionali relativi alle informazioni sulla copertura, ai livelli di campo nelle zone da coprire, al rapporto C/I, al traffico da servire, ai costi.

FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Gli obiettivi che sono stati individuati e che rappresentano l'oggetto dell'ottimizzazione sono: minimizzazione dei livelli di campo elettromagnetico, massimizzazione del rapporto C/I, minimizzazione della distanza tra le stazioni e il baricentro del traffico, massimizzazione della copertura e massimizzazione dell'efficienza economica della rete.

Per ognuno dei parametri è stato realizzato un funzionale, la cui ottimizzazione consente il raggiungimento del singolo obiettivo. La soluzione finale sarà raggiunta combinando insieme tutti i funzionali e ottimizzando il funzionale così realizzato:

$$F = w_{EI} f_{EI}/f_{EI\max} + w_{dist} f_{dist}/f_{dist\max} + w_{C/I} f_{C/I}/f_{C/I\max} + w_{cov} f_{cov}/f_{cov\max} + w_{eff} f_{eff}/f_{eff\max} \quad (1)$$

dove f_i è il funzionale relativo all'i-esimo requisito della rete, e f_{imax} rappresenta il valore massimo assunto dal singolo funzionale. La normalizzazione è necessaria in quanto i valori dei singoli componenti sono relativi a quantità non omogenee tra loro, e dunque molto diverse in valore. Sono anche stati aggiunti dei pesi w_i che possono essere utili quando si vuole enfatizzare un particolare aspetto della rete.

L'ottimizzazione della rete può essere vista graficamente come in fig.1. La massimizzazione dell'area del pentagono realizza l'obiettivo della pianificazione.

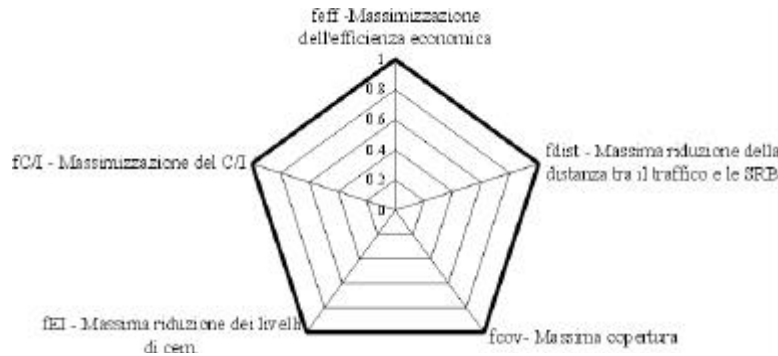


Fig.1 Rappresentazione grafica dell'ottimizzazione di una copertura radio-cellulare GSM

Il pentagono esterno (valore unitario) rappresenta il risultato ideale della pianificazione.

FUNZIONALI

Per definire i vari funzionali dobbiamo prima di tutto suddividere l'area da ottimizzare in tanti pixel $P \times Q$ che scegliamo grandi circa 10 metri di lato.

Impatto ambientale.

Il primo funzionale rappresenta il livello di campo elettromagnetico nell'area da pianificare. Differenti livelli di protezione possono essere assegnati all'area.

Si possono anche inserire delle aree dove è vietato posizionare le antenne anche se magari è utile avere la copertura radio (es. ospedali, scuole ecc)

Il funzionale ottenuto è il seguente:

$$f_{EI} \equiv \sum_{i=1}^{P \times Q} \left(\sqrt{\left(\sum_{k=1}^M C_k \times [E_{i,k}]^2 + (E_{oi})^2 \right)} \right) / Q_i \quad (2)$$

dove Q_i (3,6,20 V/m) è il livello di sicurezza assegnato al singolo pixel, $E_{i,k}$ è il campo irradiato dalla k-esima stazione nell' i-esimo pixel, C_k il numero di portanti per ogni SRB, E_{oi} un eventuale campo elettrico preesistente nella zona, M il numero totale di SRB, $P \times Q$ il numero di pixel in cui suddividiamo l'area. La presenza del termine Q_i permette di pesare in modo opportuno i livelli di campo elettrico: il campo in un'area molto protetta avrà un peso maggiore di una meno protetta. L'algoritmo di ottimizzazione tenderà ad abbassare il più possibile il funzionale totale, abbassando il livello di campo in quella zona.

Distanza tra SRB e traffico

Il funzionale ottenuto è il seguente:

$$f_{dist} \equiv \sum_{k=1}^M \left(\sum_{i=1}^{N_k} T_{i,k} \times (\text{dist}(RBS_k - \text{Pixel}_{i,k})) \right) \quad (3)$$

dove $T_{i,k}$ è il livello di traffico del singolo pixel, servito dalla k-esima SRB, $\text{dist}(\cdot)$ è la

distanza tra la SRB k e il pixel ik , N_k il numero di pixel serviti dalla k -esima SRB. Ha lo stesso funzionamento del precedente.

Rapporto C/I

Il terzo funzionale deve fare in modo che venga massimizzato il rapporto tra il segnale utile nel i -esimo pixel e il rumore proveniente dalle altre stazioni. In questo caso l'input da utilizzare è il minimo valore di C/I richiesto nel pixel.

$$f_{C/I} \equiv \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^M (R_{k,i} - (P_{kik} - P_{kij})) \right) \quad (4)$$

dove $R_{k,i}$ è il valore limite di C/I in ogni pixel, $P_{k,i,j}$ la potenza ricevuta nel i -esimo pixel servito dalla k -esima SRB, dalla j -esima. Il livelli di potenza sono dati in dBm

Copertura

Il quarto funzionale valuta il livello di copertura in ogni pixel. L'input è dato dal livello minimo richiesto. L'obiettivo è ottenere un minimo di copertura:

$$f_{cov} \equiv \sum_{i=1}^{PxQ} (W_i - P_{RX_i}) \quad (5)$$

dove W_i è la potenza desiderata nell' i -esimo pixel, P_{RX_i} la potenza effettivamente ricevuta. In questo caso le potenze sono considerate in Watt. Con questo funzionale l'algoritmo cerca di posizionare le SRB vicino alle regioni dove il livello di copertura richiesto è più elevato.

Efficienza economica

L'ultimo funzionale cerca di ottenere il massimo ricavo dalla rete cercando di far servire ad ogni SRB il massimo del traffico richiesto. Inoltre da considerazioni preliminari si cerca di ottenere il massimo dell'efficienza facendo condividere alle SRB la stessa quantità di traffico.

$$f_{eff} \equiv \prod_{k=1}^M \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{N_k} \text{traffic}_{i,k}} \right) \quad (6)$$

dove $\text{traffic}_{i,k}$ è un dato di input che riguarda il traffico che si deve servire nel i -esimo pixel, servito dalla k -esima SRB.

E' importante da sottolineare che per ogni iterazione dell'algoritmo di ottimizzazione vengono cambiate le aree cosiddette 'Best Server' per ogni SRB. Cioè per ogni SRB cambiano i pixel che essa copre.

Per valutare il campo elettromagnetico irradiato dalle SRB si è utilizzato il modello Walfish Ikegami, un metodo prettamente statistico di previsione dell'attenuazione in presenza di edifici.

RISULTATI.

Abbiamo considerato un'area ideale (4x5 Km di superficie), nella quale sono stati definiti diversi livelli di protezione, copertura ecc, come mostrato in fig.2.

Nell'area devono essere ubicate 6 stazioni radio base, con 12 portanti ognuna.

Una volta validati i funzionali separatamente, essi sono stati combinati come in eq (1) prendendo i vari pesi unitari. Il risultato è riportato in fig.3. In questo caso il grafico pentagonale che si ottiene è riportato in fig. 4. Come vediamo si ottiene un ottimo risultato per i parametri f_{eff} , $f_{C/I}$ f_{dist} e un buon risultato per gli altri due,

anche se non si ottiene, come prevedibile, la situazione ideale.

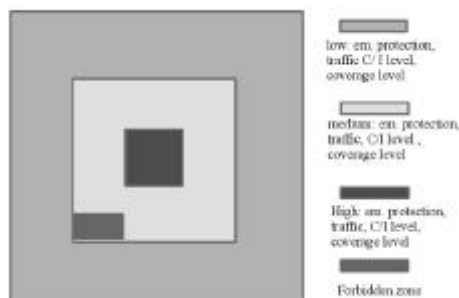


Fig.2 Città ideale per valicare la procedura.

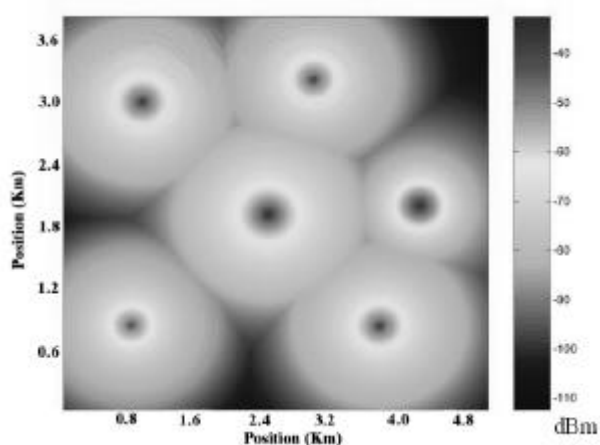


Fig. 3 Risultato ottenuto per la combinazione dei funzionali

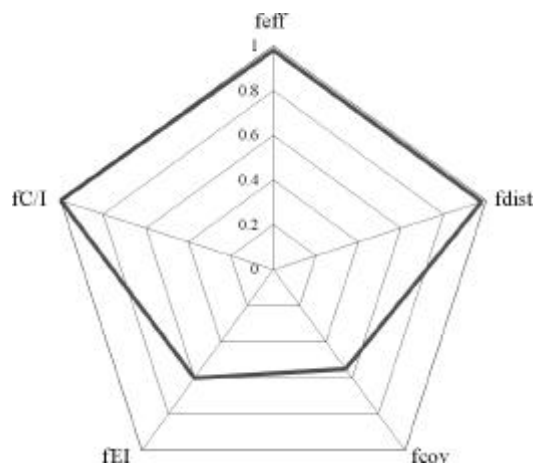


Fig.4 Grafico pentagonale relativo al risultato di fig.3

CONCLUSIONI.

Questo lavoro rappresenta un approccio organico all'automatizzazione della procedura di posizionamento delle SRB di una rete cellulare. La struttura proposta è flessibile e i vari funzionali possono essere riarrangiati per adattarsi a specifiche situazioni, così' come possono essere aggiunti altri funzionali se si vuole tenere conto di altri obiettivi. Sviluppi futuri della ricerca riguarderanno l'utilizzo di diversi tipi di valutazione del campo elettromagnetico, come ad esempio il ray-tracing per le aree prissime alle antenne. Inoltre una cartografia 3D dell'area sotto esame verrà in futuro considerata per prelevare i dati di input della zona. Il numero di SRB e il tipo di antenna saranno anche essi inseriti nella procedura di ottimizzazione, piuttosto che scelti a priori come fatto fino ad ora.

BIBLIOGRAFIA.

1. M. Bozzetti, G. Cerri, R. De Leo, P. Russo, 'Optimization of the Planning of Radio Base Station in Bitonto Town (Italy)' Proceeding of the Ebea 2001 conference, Helsinki, 6-8 Settembre 2001.
2. G. Cerri, R. De Leo, M. Perla, P. Russo, 'Optimized Location of Radio Base Station For Minimizing The Environmental Impact' Proceeding of the BEMS 2001 conference, St. Paul