



UNIVERSITY
OF TRENTO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E SCIENZA DELL'INFORMAZIONE

38050 Povo – Trento (Italy), Via Sommarive 14
<http://www.disi.unitn.it>

STUDIO PRELIMINARE SINTESI SISTEMI RADIANTI PER RBS – STATO
DELL'ARTE

A. Massa, and ElediaLab

June 2008

Technical Report # DISI-08-066



ELEctromagnetic DIAgnostics Lab.

*Information and Communication Technology Dept.
University of Trento*

Via Sommarive 14, 38050 Trento, ITALY

Phone +39 0461 882057 Fax +39 0461 882093

E-mail: andrea.massa@ing.unitn.it



DIT-PRJ-08-037

Studio Preliminare Sintesi Sistemi Radianti per RBS

Report N. 01

“Stato dell’Arte”

<i>Authors:</i>	ELEDIA Group
<i>Version:</i>	2.0
<i>Document state:</i>	Final
<i>Access:</i>	Confidential
<i>Date:</i>	June 10, 2008 (01-06-08)
<i>Page number:</i>	6

Indice

1	Le antenne per RBS	2
2	Tecniche per migliorare le prestazioni degli array per RBS	3
3	Analisi dell'antenna di riferimento: Kathrein 742264	4

1 Le antenne per RBS

Lo studio dello stato dell'arte per i dispositivi radianti per Radio Base Stations (RBS) si è basato sull'analisi sia della letteratura scientifica sull'argomento, sia sullo studio delle prestazioni attualmente mostrate dalle antenne disponibili a livello commerciale, quali ad esempio le antenne della ditta produttrice Kathrein [1].

Sebbene le antenne per RBS siano oggetto di studio da decenni [2-5], la graduale evoluzione dei requisiti di progettazione per tali dispositivi (necessità di minori ingombri, di operatività su un numero maggiore di bande e di prestazioni più elevate) le rende ancora oggetto di ricerca sia in ambito scientifico che industriale.

Le realizzazioni classiche [6] delle antenne per RBS si basano su array lineari di elementi radianti su singola frequenza, che vengono sovrapposti nel caso la RBS debba complessivamente operare su diverse bande (le bande GSM e UMTS, ad esempio). Antenne operanti in doppia e tripla banda sono infatti sempre più diffuse a livello commerciale, dal momento che esse permettono la riduzione dei costi di installazione e mantenimento delle RBS [7,8].

In passato, gli elementi radianti degli array per RBS erano realizzati mediante diverse tecnologie, quali, ad esempio, guide d'onda fessurate o dipoli elementari [9]. Attualmente, la tecnologia più comunemente utilizzata per la realizzazione degli elementi radianti negli array per RBS si basa su dipoli incrociati [1,6]. Le motivazioni che conducono alla scelta di elementi radianti molto semplici sono legate alla necessità di disporre di dispositivi economici, in grado di irradiare una potenza significativa (dell'ordine delle centinaia di watt) ed in grado di esibire una durata di vita media consistente. Oltre a tali vantaggi, i dipoli incrociati permettono una semplice realizzazione di array che operano in doppia polarizzazione indipendentemente [2-5].

Una tipica antenna per RBS operante su singola frequenza è composta di un certo numero di elementi radianti (solitamente dell'ordine della decina), i quali sono provvisti di un backing metallico che, oltre a sostenere la struttura, permette di migliorare la direttività dell'array [1,6]. Infatti, l'obiettivo di una antenna per RBS è quella di permettere la copertura di un settore di circa 60 gradi (in azimuth): questo fa sì che una singola RBS possa gestire fino a 3 celle mediante 3 antenne indipendenti montate sullo stesso supporto (ad esempio un traliccio telefonico) [1].

Dati gli obiettivi precedentemente illustrati, è possibile comprendere come un'antenna per RBS non debba fornire in azimuth un'apertura di lobo ridotta. Al contrario, l'apertura di lobo deve essere contenuta in elevazione, dal momento che tale parametro stabilisce la dimensione della cella che sarà servita dalla stazione radio: questo è il motivo per cui le antenne per RBS sono realizzate come array verticali.

L'evoluzione delle reti cellulari ha portato ad una riduzione sempre più consistente delle dimensioni delle celle radio: in questo modo, infatti, un numero crescente di utenti può usufruire di connettività wireless, e con banda più ampia. Tale necessità ha portato alla progettazione di array per RBS con apertura di lobo in elevazione sempre minore, oltre che alla nascita di dispositivi per il downtilting (elettronico e meccanico) dell'array [1,6]. Rivolgendo il lobo principale del diagramma di radiazione verso il suolo, infatti, è possibile ridurre in modo consistente la dimensione delle celle realizzate: questo richiede però che il rapporto di lobo secondario dell'array sia sufficientemente ridotto (solo una parte ridotta della radiazione sia inviata al di fuori della cella ideale).

A causa delle precedenti considerazioni, le figure di merito che sono solitamente utilizzate per valutare le prestazioni di antenne di questo tipo sono le seguenti [1]:

- Guadagno di antenna (per ogni banda)
- Half Power Beam Width (HPBW, orizzontale e verticale, per ogni banda)
- Sidelobe Level (verticale, solitamente, per ogni banda)
- Dimensione dell'antenna

È importante notare che la valutazione precisa di tali parametri in un'antenna reale deve tenere conto di molti fattori oltre che della struttura e posizione degli elementi radianti: ad esempio, la presenza del radome (inserito per proteggere l'antenna dagli eventi atmosferici) è spesso causa di consistenti differenze tra le caratteristiche previste e quelle effettivamente misurate.

2 Tecniche per migliorare le prestazioni degli array per RBS

L'analisi dello stato dell'arte sulle antenne per RBS mostra che l'innovazione in questo campo è legata alla necessità di

- ridurre la dimensione dell'antenna
- ridurre il rapporto di lobo secondario (SLL)
- aumentare il guadagno d'antenna

Per quanto riguarda la dimensione dell'antenna, tale parametro è legato sia alle frequenze di lavoro, sia al tipo di elementi radianti utilizzati, sia al tipo di spaziatura utilizzata (uniforme o non uniforme). Trascurando il cambiamento delle frequenze di lavoro, sia l'utilizzo di array non equispaziati [10] che di elementi più compatti [7,8] è diffusamente trattato in letteratura, mentre è attualmente trascurato in ambito commerciale.

Per quanto riguarda il rapporto di lobo secondario, in letteratura sono proposte un numero enorme di tecniche per la riduzione del SLL [11–15]. Gli approcci più comunemente seguiti per la riduzione del SLL in questo tipo di applicazione si basano sull'utilizzo di reti di alimentazione non uniforme agli elementi radianti, variando sia la potenza trasmessa ad ogni elemento che la fase [2–5,

11–15]. Inoltre, l'utilizzo di riflettori incurvati in sostituzione del riflettore piano solitamente posto a sostegno dell'array o l'ottimizzazione delle caratteristiche del radome utilizzato per proteggere gli elementi radianti e la rete di alimentazione [16] può permettere una ulteriore riduzione del SLL. Anche tali approcci, sebbene approfonditi nella letteratura scientifica, sono applicati solo marginalmente nella progettazione di antenne commerciali per RBS.

Infine, dal momento che il guadagno d'antenna è legato al tipo di elementi radianti utilizzati, al tipo di materiali e dalle strutture di alimentazione, al livello di lobo secondario dell'antenna e all'apertura di lobo principale [2–5], è possibile dedurre che le osservazioni precedenti riguardanti l'utilizzo di elementi radianti ottimizzati, di tecniche di progettazione di array non equispaziati, di radome e piani riflettenti ad elevate prestazioni si applicano anche alla soluzione di tale problema.

Riassumendo, dall'analisi dello stato dell'arte è emerso che le antenne per RBS più comunemente diffuse a livello commerciale non si basano su design che includono la possibilità di:

1. spaziare non uniformemente gli elementi radianti
2. utilizzare elementi radianti compatti ed eventualmente multibanda
3. utilizzare strutture con riflettori e/o radome ottimizzati (eventualmente numericamente)

Risulta perciò che la fase di progettazione successiva potrà considerare tali elementi quali possibili tecniche per il miglioramento delle prestazioni delle antenne per RBS.

3 Analisi dell'antenna di riferimento: Kathrein 742264

L'analisi del report tecnico inviato da ArsLogica [17], e della scheda tecnica [6] relativa all'antenna di riferimento per l'attività di progettazione ha permesso di evidenziare alcune considerazioni più specifiche per l'attività progettuale attuale, di seguito riassunte.

- L'antenna di riferimento considerata permette operatività sulle bande 824–960 MHz e 1710–2180 MHz, con doppia polarizzazione e tilting modificabile sia meccanicamente che elettronicamente (in questo caso mediante switch meccanico di porzioni di linee di alimentazione di lunghezza differente). Gli elementi radianti a 900 MHz sono 4 quadrupli dipoli, mentre a 1800 MHz sono operativi 8 elementi radianti.
- L'antenna di riferimento è di dimensioni contenute rispetto alle antenne solitamente utilizzate in questo tipo di applicazioni (lunghezza pari a circa 1.3 metri): questo si traduce in direttività e guadagno contenuti rispetto ad altre realizzazioni di maggiore dimensione (HPBW in elevazione pari a 14.5° a 900 MHz, 7.3° a 1.8 GHz).
- L'antenna riferimento usa alimentazione non uniforme degli elementi. L'ampiezza dell'eccitazione ad ogni elemento radiante è stabilita da 4 amplificatori con diversi guadagni, mentre la fase delle alimentazioni è regolata da linee di ritardo selezionabili meccanicamente di lunghezza elettrica differente per permettere il tilting controllato elettronicamente.

- Il SLL ottenuto da quest'antenna è tra 13 e 16 dB. Tale valore è legato sia alla dimensione contenuta dell'array, sia al ridotto numero di elementi radianti a disposizione complessivamente.

Riassumendo, l'analisi dell'apparato di riferimento ha confermato che i fattori sui quali è possibile basare l'attività progettuale sono i seguenti:

1. utilizzo di array non uniformi
2. utilizzo di elementi complessi multibanda
3. utilizzo di strutture con riflettori e/o radome ottimizzati numericamente
4. utilizzo di elementi dotati di maggior direttività (ad esempio di dimensioni maggiori)

Riferimenti bibliografici

- [1] Kathrein, "Company website," World Wide Web electronic publication, 2008, <http://www.kathrein.de/en/mca/index.htm>.
- [2] C. A. Balanis, *Antenna theory: analysis and design*. New York: Wiley, 1997.
- [3] R. S. Elliott, *Antenna theory and design*. New Jersey: IEEE Press - John Wiley & Sons, 2003.
- [4] L. C. Godara, Ed., *Handbook of Antennas in wireless communications*. New York: CRC Press, 2002.
- [5] T. A. Milligan, *Modern Antenna Design*. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- [6] Kathrein, "Model 742264: XXPol Panel 824-960/1710-2180 65°/65° 14/17 dBi 0°-14°/0°-8° T," World Wide Web electronic publication, 2008, <http://www.kathrein.de/de/mca/produkte/download/9363217a.pdf>.
- [7] E. Zeni, R. Azaro, P. Rocca, and A. Massa, "Quad-band patch antenna for Galileo and Wi-Max services," *Electronics Letters*, vol. 43, no. 18, pp. 960-962, 31 2007.
- [8] R. Azaro, G. Boato, M. Donelli, G. Franceschini, A. Martini, and A. Massa, "Design of miniaturised ISM-band fractal antenna," *Electronics Letters*, vol. 41, no. 14, pp. 785-786, July 2005.
- [9] Kathrein, "Technical Information and New Products (Edition 3)," World Wide Web electronic publication, September 2000, <http://www.kathrein.de/de/mca/techn-infos/download/9986223.pdf>.
- [10] P. Kozakowski, M. Mrozowski, and W. Zieniutycz, "Synthesis of nonuniformly spaced arrays using genetic algorithm," *12th International Conference on Microwaves and Radar*, vol. 2, pp. 340-344, May 1998.

- [11] N. Goto and D. Cheng, "Sidelobe-reduction techniques for phased arrays using digital phase shifters," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 18, no. 6, pp. 769–773, Nov 1970.
- [12] J. Perini, "An unusually simple technique for sidelobe reduction," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. EMC-11, no. 1, pp. 29–34, Feb. 1969.
- [13] —, "Side-lobe reduction by beam shifting," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 12, no. 6, pp. 791–792, Nov 1964.
- [14] M. S. Smith and T. G. Tan, "Sidelobe reduction using random methods for antenna arrays," *Electronics Letters*, vol. 19, no. 22, pp. 931–933, 27 1983.
- [15] K.-K. Yan and Y. Lu, "Sidelobe reduction in array-pattern synthesis using genetic algorithm," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 45, no. 7, pp. 1117–1122, Jul 1997.
- [16] F. Hsu, P.-R. Chang, and K.-K. Chan, "Optimization of two-dimensional radome boresight error performance using simulated annealing technique," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 41, no. 9, pp. 1195–1203, Sep 1993.
- [17] ArsLogica SpA, "Indicazioni sullo stato attuale tecnologia KATHREIN," July 2008.