

# ***SMART ANTENNA MICROSTRIP SWITCH-BEAM MULTIBAND MULTIBEAM DENGAN PHASE ARRAY UNTUK KOMUNIKASI WIRELESS***

**Yuliarman Saragih<sup>1)</sup>, Ibrahim<sup>2)</sup>**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

*Email: yuliarman@staff.unsika.ac.id<sup>1)</sup>, ibrahim@ft.unsika.ac.id<sup>2)</sup>*

## **Abstrak**

Perkembangan antena dimasa depan akan mengarah *smart* antena, dimana antena mampu menentukan *beam* mana yang paling kuat. Antena yang bekerja *Multiband* dan *Multibeam* menjadi sebuah hal yang mungkin dilakukan untuk perkembangan *smart* antena. *Beam* antena dapat berubah karena perubahan fasa, dan dapat diperoleh menggunakan butler matrik. Salahsatu kelemahan antena multiband adalah gainnya yang rendah, untuk meningkatkan gain dapat dilakukan dengan meng-array antena tersebut. *Multiband* dan *multibeamsmart* antena dapat diperoleh menggunakan *phase array* dengan penggunaan *butler matiks* sebagai perubah *phase* dan penggunaan antena *multiband* yang *diarray*.

Kata kunci : *smart antenna, wideband, butler matrik, multibeam, phase array*

## **Abstract**

*The development of the antenna leads to smart antenna, where the antenna is able to determine which beam is the strongest. Antennas that work Multiband and Multibeam are possible for the development of smart antennas. The antenna beams can change due to phase changes, and can be obtained using the butler matrix. One of the disadvantages of a multibans antenna is the low gain, therefore arraying the antenna can be used to increase the gain. Multiband and multibeam can be obtained using phase array with the use of the matler butler as a phase change and the use of an arrayed multiband antenna.*

*Keywords : smart antenna, wideband, butler matrik, multibeam, phase array*

## **PENDAHULUAN**

Semakin meningkatnya perkembangan komunikasi *wireless* dengan berbagai sistem yang berbeda mulai dari GSM, CDMA, UMTS, WLAN dan WiMAX dibutuhkan perangkat antena yang berbeda pula. Namun, pada era konvergensi saat ini dibutuhkan customer premise equipments (CPEs) yang mampu bekerja secara multiband, sehingga berbagai sistem tersebut dapat terintegrasi. Penggunaan antena multiband pada sebuah sistem radio frekuensi (RF) dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi sistem tersebut secara ekonomi. Sehingga permasalahan yang timbul akibat perbedaan alokasi frekuensi sistem RF pada setiap negara dapat diatasi. Tantangan utama dalam merancang antena multiband yaitu membuat multiresonansi dengan antena yang kecil (Yu, et. al., 2009).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk merancang antena multiband, teknik yang digunakan pun juga bermacam-macam seperti penggunaan *chip capacitor* dan *T-shaped slit* (Lee, et.al, 2008), Sierpinski Fractal (Romeu, et. al., 2001), *triple microstrip patch* (Manoj, et. al., 2005), *inner subpatch resonating* (Wong, et. al., 2003). Untuk memperluas *coverage*, maka dibutuhkan antena yang memiliki nilai gain tinggi, pada penelitian (Konda, et. al., 2006) mengusulkan untuk dipergunakan teknik *multiband array*.

Antena yang didesain harus pula menjawab kebutuhan peningkatan kapasitas dengan *coverage* yang lebih luas, karena itu dikembangkan pula *smart antenna* (Bellofiore, et. al., 2001). Kedepan, *smart* antena akan menjadi pertimbangan untuk teknologi *mobile wireless*. Kunci utama *smart* antena yaitu pada pengarahannya *beamwidth*-nya, untuk pengarahannya *beamwidth* secara konvensional maka digunakan motor mekanik (Mailloux, et. al., 2005) sementara yang baru lebih banyak ini digunakan *phasearray* (Visser, et. al., 2005) karena perubahan *phase* sinyal *input* dapat merubah *beamwidth* dari antena.

Teknik yang biasa digunakan pada *smart* antenna yang menggunakan sistem *phasearray* (Choi, 1998), yaitu *tracking beam* atau *switching beam*. Teknik *tracking beam* menggunakan sebuah algoritma *adaptive* dimana sinyal yang diterima dari *antenna array* kemudian dikalkulasikan untuk memaksimalkan *signal to interference and noise ratio* (SINR), sedangkan pada teknik *switching beam* digunakan antenna *phasearray* dimana hanya sinyal yang memiliki power yang paling tinggi saja yang akan diterima (Skrivervik, et. al., 2003). Apabila kedua teknik tersebut dikomparasikan, hasil yang lebih baik akan dihasilkan oleh *smart* antenna dengan teknik *tracking beam* baik dalam hal kapasitas maupun *coverage* (Choi, 1998). Sementara itu apabila dilihat dari tingkat kesulitan dalam mendesain maka teknik *tracking beam* akan jauh lebih sulit dibandingkan *switching beam* karena menerapkan *adaptive* algoritma.

## METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang dibahas berkisar pada perancangan *smart* antenna multiband yang menghasilkan *multibeam* dengan teknik *switching beam* dan mikrostrip *phasearray*. Akan dilakukan proses simulasi kemudian dilakukan pengukuran dan kalkulasi manual secara pendekatan untuk menganalisa teoretis antenna yang dibangun.

Sebuah *smart* antenna adalah antenna *array* yang menyesuaikan *beam* dengan lingkungan (kebutuhan), dan terbagi menjadi dua klasifikasi yaitu :

- Phased array* atau *multibeam* antenna, yaitu terdiri atas beberapa *fix beam* yang memiliki arah tertentu dan dapat dipilih mana saja yang akan diaktifkan.
- Adaptive antenna array*, yaitu sebuah *antenna array* yang dapat menerima sinyal secara bersamaan untuk kemudian dikombinasikan yang dapat memaksimalkan nilai *signal to interference and noise ratio* (SINR). Artinya bahwa *main lobe* antenna selalu berada pada pancaran utamanya.

Dari penjelasan tersebut, secara umum metode untuk menghasilkan sebuah *smart* antenna terbagi menjadi dua, metode algoritma *adaptive* dan metode *multibeam phase*. Metode algoritma *adaptive* yaitu metode yang mampu menghasilkan sebuah algoritma *adaptive* sehingga sinyal yang diterima antenna memiliki daya yang tinggi dengan interferensi yang rendah. Sementara itu, metode *beamforming* yaitu metode yang digunakan untuk membuat pola radiasi yang berbeda (*multiple*) dari antenna *array* dengan menambahkan konstruksi perubahan fasa pada antenna *array* tersebut. Persamaan *array faktor* (AF) pada Antenna *array* memenuhi persamaan (1).

$$AF(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M I_{mn} e^{j(\beta \hat{r} \cdot \mathbf{r}'_{mn} + \alpha_{mn})} \quad (1)$$

Dimana :

$$\mathbf{r}'_{mn} = x'_{mn}\hat{x} + y'_{mn}\hat{y} + z'_{mn}\hat{z}$$

$$(\theta, \phi), u = \sin \theta \cos \phi$$

$$v = \sin \theta \sin \phi$$

$$\omega = \cos \theta$$

$$\beta = \lambda/2\pi$$

Dari persamaan (1) terlihat bahwa  $\beta$  adalah konstanta propagasi,  $I_{nm}$  adalah magnitude dan  $\alpha$  adalah fasa. Walaupun AF bukan merupakan pola radiasi sesungguhnya, akan tetapi AF memegang peranan penting dalam bentuk pola radiasi. Sehingga secara tidak langsung pola radiasi dapat berubah dengan berubahnya fasa ( $\alpha$ ), dan hal ini sesuai dengan persamaan (1). Dari analisa ini ditemukan hasil perubahan *beam* antenna dengan merubah nilai  $\alpha$ . Perubahan nilai  $\alpha$  ini dapat terjadi apabila kita menambahkan butler matrik pada antenna tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Antena merupakan media yang dapat merubah besaran listrik dari saluran transmisi menjadi suatu gelombang elektromagnetik untuk diradiasikan ke udara bebas. Sebaliknya antena juga menangkap gelombang elektromagnetik dari udara bebas untuk dijadikan listrik kembali melalui saluran transmisi. Berdasarkan definisi standar dari IEEE, antena merupakan alat/divais yang digunakan untuk meradiasi atau menerima gelombang radio (elektromagnetik). Dengan kata lain, antena merupakan struktur transisi antara ruang bebas (*free space*) dan sebuah alat pengarah yang mengkonversi gelombang elektromagnetik menjadi arus listrik maupun sebaliknya sehingga ada signal ataupun interferencenya juga. Tabel 1 adalah perbandingan *signal to interference ratio* (SIR) pada *Switching beam* dan *Adaptivebeam* dengan array 6 elemen, gain 20 dB dan SNR 10 dB[11].

Tabel 1. Perbandingan SIR

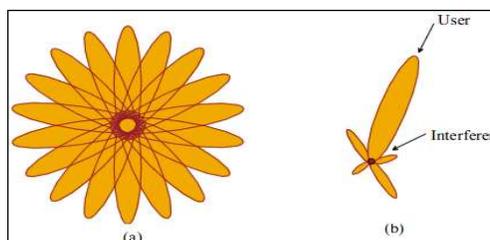
Subscriber	SIR (dB)	
	Switching beam	Adaptive beam
10	8,270	9,441
20	7,788	8,427
30	8,182	7,402
40	7,519	7.177
50	7,44	6,928
60	7,064	6,938
70	6,982	6,806
80	6,711	6,783
90	6,4747	8,852
100	6,278	6,844

Dari tabel 1 terlihat perbedaan yang tidak terlalu mencolok antara *switching beam* dengan *adaptivebeam*. Padahal apabila dilihat dari tingkat kesulitan, metode algoritma *adaptive* akan jauh lebih sulit dari pada metode *beamforming*, karena menerapkan algoritma *adaptive*. Pada penelitian [12] dijelaskan beberapa keuntungan dan konsideran dari *smart* antena, diantaranya yaitu terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Keuntungan *Smart* Antenna

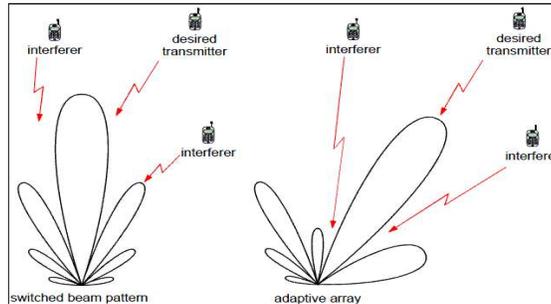
Karakteristik	Catatan
Kapasitas	Meningkat
<i>Range (Coverage)</i>	Meningkat
<i>Security</i>	Meningkat
<i>Inter-Symbol-Interference (ISI)</i>	Menurun
<i>Physical Size</i>	Meningkat
<i>Transceiver Complexity</i>	Meningkat
<i>Resource Management</i>	Meningkat

*Adaptive antenna array* adalah sebuah antena yang paling advance, dimana antena tersebut menggunakan beberapa variasi algoritma *adaptive* untuk mendapatkan SINR paling tinggi dengan interferensi paling rendah seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



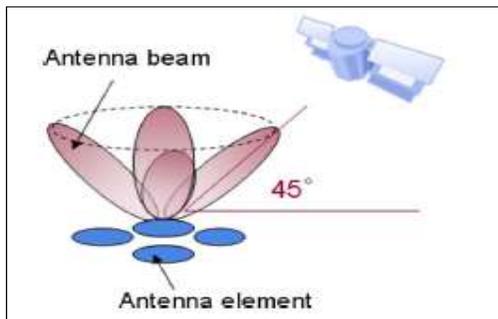
Gambar 1. *Switched beam* antenna system dan *Adaptive antenna array*

Sementara itu, apabila dilihat dari sisi interferensi antenna, maka pada Gambar 2 menjelaskan hal tersebut dengan *mobile phone* atau *subscriber* sebagai *interferer* dari pancaran sinyal *beam*.



Gambar 2. Switched *beam* dan *adaptive array* dilihat dari sisi interferensi

Pada [14], penulis mendeskripsikan tentang *Sectoral Conical Beam Former for a 2x2 Array Antennayaitu* antenna yang digunakan untuk aplikasi komunikasi satelit. Antena ini diharapkan mampu memiliki *beam* maksimum pada sudut elevasi *measured* 45° dan azimuth 45°, 135°, 225°, 315°. Cara kerjanya terlihat seperti pada Gambar 3.



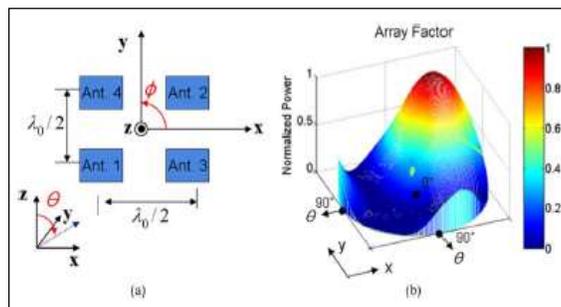
Gambar 3. *Beam* antenna

Seperti pada umumnya, jurnal ini menggunakan *phaseshifter* sehingga memiliki perbedaan fasa. Fasa relatif antar pencatu terlihat pada Tabel 3 perbandingan antar fase.

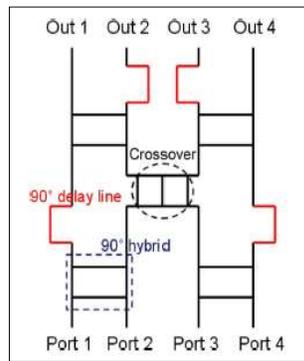
Tabel 3. Perbandingan fase antar port pencatu

<i>Relative Phase</i>	<b>Antena 1</b>	<b>Antena 2</b>	<b>Antena 3</b>	<b>Antena 4</b>
Kasus 1	180 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>
Kasus 2	0 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>
Kasus 3	90 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>
Kasus 4	90 <sup>0</sup>	90 <sup>0</sup>	0 <sup>0</sup>	180 <sup>0</sup>

Sementara itu *array factor* terlihat seperti pada Gambar 4 dengan butler matrik pada Gambar 5.



Gambar 4. *Array factor*

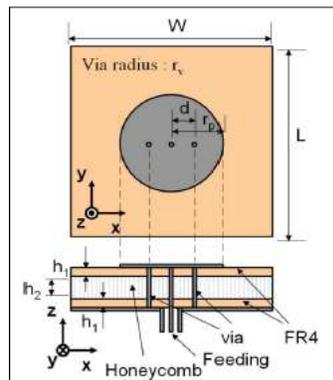


Gambar 5. Butler Matrik.

Setelah mendesain butler matrik, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah mendesain antenanya. Terlihat pada Tabel 4 jenis pencatuan yang dipakai adalah tipe port langsung.

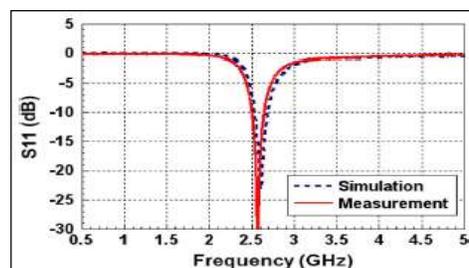
Tabel 4. Parameter dimensi antenna

Parameter	Panjang (m)
W	100
L	100
$h_1$	0,4
$h_2$	2,61
$r_v$	0,3
$r_p$	14
d	5

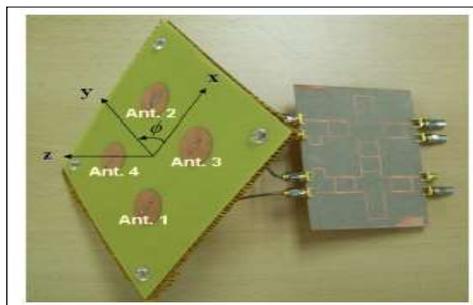


Gambar 6. Bentuk Geometri Antenna

Pada Gambar 6 terlihat bentuk geometri dari antenna, pencatuan dari bawah. Bentuk antenna yang dirancang berbentuk lingkaran dan antenna tersebut bekerja pada frekuensi 4,5 GHz seperti pada Gambar 7.

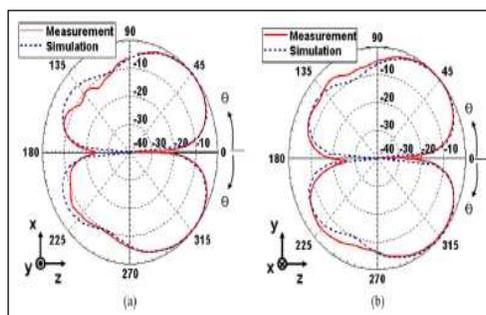


Gambar 7. Frekuensi kerja Antenna

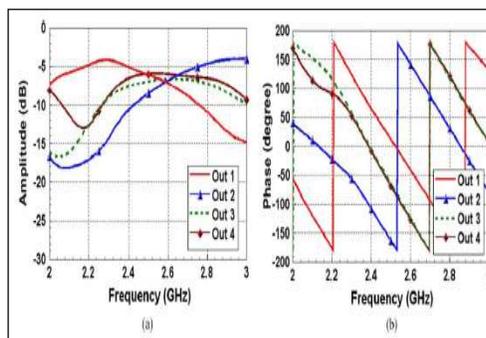


Gambar 8. *Array Multibeam Antenna*

Pada Gambar 8 terlihat antenna *Array Multibeam* yang telah difabrikasi untuk kemudian dikombinasikan. Sementara itu pancaran *beam* nya terlihat pada Gambar 9.

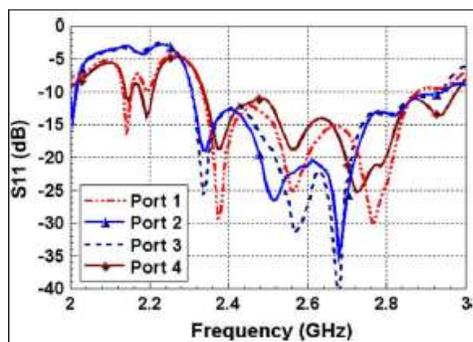


Gambar 9. Pola Radiasi Antena

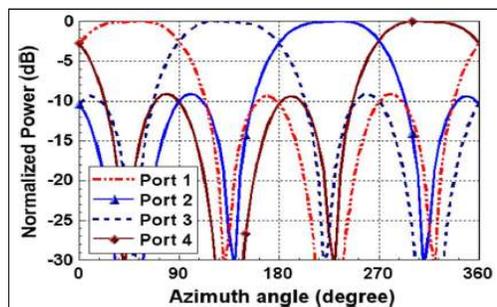


Gambar 10. Perubahan *Phase*

Pada Gambar 10 terlihat perubahan *Phase* pada *butler matriks*, sementara itu pada Gambar 11 terlihat *bandwidth antenna* dengan pola radiasinya terlihat pada Gambar 12.

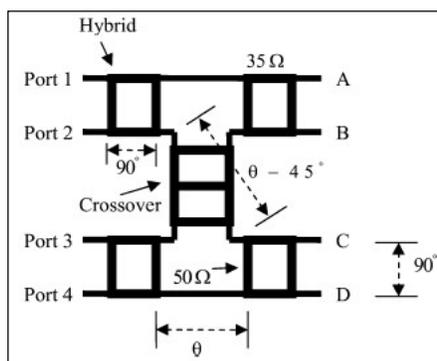


Gambar 11. *Bandwidth Antenna*



Gambar 12. Pola radiasi pada semua port

Sementara itu metode yang digunakan adalah metode *beamforming* yaitu metode yang digunakan untuk membuat pola radiasi yang berbeda (*multiple*) dari antenna *array* dengan menambahkan konstruksi perubah fasa pada antenna *array* tersebut. Proses perubahan fase tersebut menggunakan butler matriks, butler matrik adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari, coupler, *phaseshifter*, dan cross over. Secara umum ide utamanya yaitu perancangan antenna array dengan menambahkan butler matiks. Jurnal ini memulainya dengan pembahasan butler matrik 4 x 4 sebagai pencatu antenna *array*. Seperti terlihat pada Gambar 13.



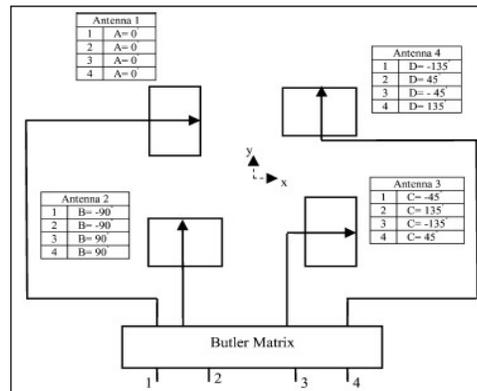
Gambar 13. Geometri Butler Matriks

Butler matriks ini akan menghasilkan pencatu yang satu sama lain ortogonal dengan *phase*  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , dan  $270^\circ$ . Secara lebih lengkap terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbedaan fase pada Butler Matriks

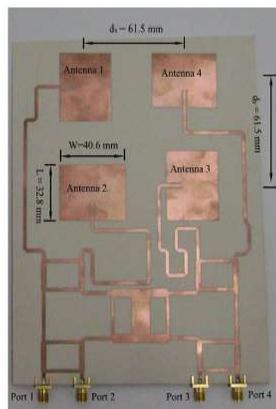
		Fase A	Fase B	Fase C	Fase D
		Antena 1	Antena 2	Antena 3	Antena 4
<b>Port 1</b> <b>(Set 1)</b>	Teori	0	-90	-45	-135
	Hasil Simulasi	0	-89,913	-45,04	-135,04
<b>Port 2</b> <b>(Set 2)</b>	Teori	0	-90	135	45
	Hasil Simulasi	0	-90,273	134,142	44,773
<b>Port 3</b> <b>(Set 3)</b>	Teori	0	90	-135	-45
	Hasil Simulasi	0	89,369	-135,046	-44,773
<b>Port 4</b> <b>(Set 4)</b>	Teori	0	90	45	135
	Hasil Simulasi	0	90	45,227	135,04
	Nilai Terukur	0	89	48	143

Pada Tabel 5 diperlihatkan perubahan fase pada masing-masing port, perubahan fase ini akan menghasilkan perubahan *beam* pada antena. Gambar 14 menunjukkan konfigurasi empat antena yang dihubungkan dengan 4 x 4 butler matriks sehingga empat antena tersebut memiliki perubahan fasa yang berbeda.



Gambar 14. Konfigurasi Geometri Butler Matriks Sebagai Pencatu

Pada Gambar 15 terlihat rancangan antena *array* dengan butler matriks apabila dihubungkan secara terintegrasi.



Gambar 15. Hasil Pabrikasi

## KESIMPULAN

Perangkat RF mulai dari GSM, CDMA, UMTS, WLAN dan WiMAX yang bekerja pada frekuensi yang berbeda membutuhkan perangkat antena yang berbeda pula. Untuk meningkatkan efisiensi secara ekonomi maka dibangunlah antena multiband. Sementara itu, antena yang didisain harus pula menjawab kebutuhan peningkatan kapasitas dengan *coverage* yang lebih luas, karena itu dikembangkan pula *smart* antena.

Pada penelitian ini, penulis memberikan kontribusi yang baru dalam hal perancangan *smart* antena multiband namun mampu menghasilkan *multibeam* dengan *phasearray*. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan tambahan pengetahuan tentang multiband *multibeamsmart* antena

## DAFTAR RUJUKAN

Ya-Chung Yu and Jenn-Hwan Tarn, "A Novel Modified Multiband Planar Inverted-F Antenna" *IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters*, vol.8, pp 189-192. April.2009.

- Keon-Myung Lee, Young-Je Sung, Jung-Woo Baik, Young-Sik Kim, "A triangular microstrip patch antenna for multi-band applications" *Microwave Conference, 2008. APMC 2008. Asia-Pacific*. pp 1 – 4. 2008.
- Romeu, J. Soler, J "Generalized Sierpinski fractal multiband antenna" *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. vol. 49 pp. 1237 – 1239. 2001.
- Manoj, J. Rohith, K.R. Binu, P. Mohanan. "Compact planar multiband antenna" *Antennas and Propagation Society International Symposium*. vol. 1B . pp : 471 – 474. 2005.
- Kin-Lu Wong. Gwo-Yun Lee. Tzung-Wern Chiou. "A low-profile planar monopole antenna for multiband operation of mobile handsets" *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. vol. 51 pp 121 – 125. 2003.
- R B Konda, G M Pushpanjali, S N Mulgi, S K Satnoor. "Design of wideband and multiband microstrip array antennas" *Indian Journal of Radio & Space Physics*. Vol. 35, pp. 372-375. October 2006.
- Lima, A.G.M. de Menezes, L.R.A.X. "A multiband fractal antenna array to software defined radio" *International Conference on Microwave and Optoelectronics*. pp ; 256-258. 2005.
- Bellofiore, S. Foutz, J. Balanis, C.A. Spanias, A. "Smart antennas for wireless communications".*Antennas and Propagation Society International Symposium*. Vol. 4. Pp : 26-29. 2001.
- R. J. Mailloux, *Phased Array Antenna Handbook*, 2nd ed. Norwood, MA: Artech House, 2005.
- Hubregt J. Visser, *Array and Phased Array Antenna Basics*. John Wiley & Sons Ltd. 2005.
- Donghee Shim, Seungwon Choi. "Should the smart antenna be a tracking beamarray or switching beamarray?" *Vehicular Technology Conference*. pp: 494 - 498 vol.1.1998.
- Ivica Stevanovi'c, Anja Skrivervik and Juan R. Mosig. *Smart Antenna Systems for Mobile Communications*, Final Report Laboratoire d'Electromagn'etisme et d'Acoustique Ecole Polytechnique F'ed'erale de Lausanne. January 2003.

