

การปรับปรุงสายอากาศแบบช่องเปิดแบบแถบกว้างสำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย

Improved Wide-band Slot Antenna for Wireless Communication Systems

เทพ เกื้อทวีกุล

Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เลขที่ 69 ม.1 ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000 โทรศัพท์ 055-706546 E-mail: thesak_e@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการขยายแบนด์วิธของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย โดยทำการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอล และตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลให้เป็น 45 องศา เพื่อช่วยขยายแบนด์วิธให้เพิ่มมากขึ้น โดยนำเอาระเบียบวิธีเชิงตัวเลขมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD) จากผลการจำลองสายอากาศที่มีการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลมี แบนด์วิธเท่ากับ 6.95 GHz (3.4-10.35 GHz) และการตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลให้เป็น 45 องศา มีแบนด์วิธเท่ากับ 7.25 GHz (3.52-10.77 GHz) ซึ่งแบนด์วิธเพิ่มขึ้น 0.3 GHz โดยมีแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศรูปแบบนี้เป็นแบบสองทิศทาง

คำสำคัญ: การขยายแบนด์วิธ สายอากาศช่องเปิดแบบแถบกว้าง

Abstract

This paper presents bandwidth enhancement techniques of CPW-Fed slot antenna for wireless communication systems. The bandwidth enhancement techniques are

Composed of insert L-shaped strip and cutting L-shaped strip 45 degree in the slot antenna. This antenna is analyzed by using Finite Difference Time Domain (FDTD) method. The simulated results can be obtained the impedance bandwidths of 6.95 GHz cover 3.4 GHz to 10.35 GHz (L-shaped strip) and improved impedance bandwidths of 7.25 GHz cover 3.52 GHz to 10.77 GHz (cutting L-shaped strip 45 degree), increase 0.3 GHz. The far-field radiation pattern of resonance frequencies is bi-directional.

Keywords: bandwidth enhancement, wide band slot Antenna

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลข่าวสารได้มีการพัฒนาและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารดาวเทียม ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย เป็นต้น ซึ่งการสื่อสารเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้แถบความถี่ในย่านความถี่ไมโครเวฟในการรับ-ส่งข้อมูลทั้งสิ้น ระบบเครือข่ายไร้สายนับเป็นการเทคโนโลยีหนึ่งในปัจจุบันนี้

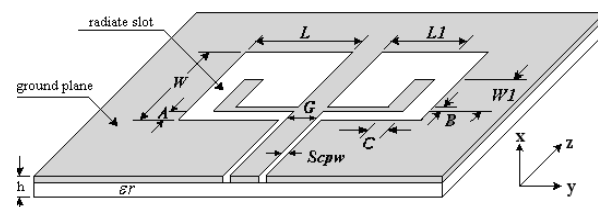
การใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากระบบมีความยืดหยุ่นสูง เพราะเป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูล เช่น โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (WLAN) ถูกกำหนดอยู่ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11a/b/g ไวแมกซ์ (WiMAX) และความถี่แบบแถบกว้างยิ่ง (UWB) เป็นต้น สายอากาศเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ปัจจุบันจึงมีนักวิจัยด้านการสื่อสารได้ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาสายอากาศ ซึ่งสายอากาศที่นิยมนำไปใช้งานย่านความถี่ไมโครเวฟ คือ สายอากาศแบบไมโครสตริป [2-5] เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการได้แก่ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ราคาถูก ออกแบบได้ง่าย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เช่น การออกแบบสายอากาศความถี่เดียว และสองความถี่สำหรับการสื่อสารไร้สายในมาตรฐานของ IEEE 802.11a/b/g/j และ IEEE 802.16d [6-9] ซึ่งสายอากาศที่ออกแบบเฉพาะความถี่เท่านั้น จากนั้นจึงมีนักวิจัยพัฒนาสายอากาศแบบแถบกว้างเพื่อให้ได้แบนด์วิธที่มากขึ้น [10-12] เพื่อนำไปใช้งานย่านความถี่ตั้งแต่ 2-6 GHz อย่างไรก็ตาม ย่านความถี่ใช้งานในอนาคตจะถูกกำหนดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาสายอากาศให้มีแบนด์วิธที่มากขึ้นเพื่อให้รองรับระบบการสื่อสารไร้สายในอนาคต

ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอเทคนิคการขยายแบนด์วิธของสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย โดยใช้เทคนิคการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลและการตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลให้เป็น 45 องศาเพื่อขยายแบนด์วิธให้มากขึ้น โดยนำเอาระเบียบวิธีเชิงตัวเลขมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องจำกัดในโดเมนเวลา (FDTD) เพื่อศึกษาคุณสมบัติของสายอากาศประกอบด้วยการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วน

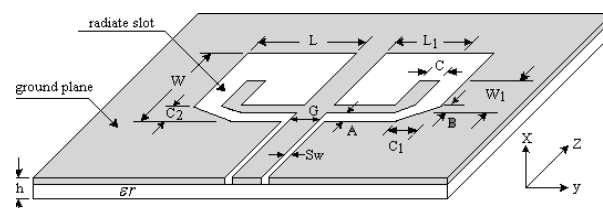
แรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกล

2. โครงสร้างของสายอากาศและผลการจำลอง

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลเพื่อช่วยในการขยายแบนด์วิธและเพื่อขยายแบนด์วิธให้มากขึ้น ดังนั้นจึงใช้การตัดแถบช่องเปิดของสายอากาศด้านล่างออกเป็นรูปเฉียง 45 องศาทั้งสองด้านโดยโครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดแสดงดังรูปที่ 1



(ก) สายอากาศแบบแถบกว้างที่ใส่แผ่นสตริปรูปตัวแอล



(ข) สายอากาศแบบแถบกว้างที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา

รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม

จากรูปที่ 1 (ก) แสดงโครงสร้างของสายอากาศช่องเปิดที่แทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลโดยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายอากาศ มีดังนี้

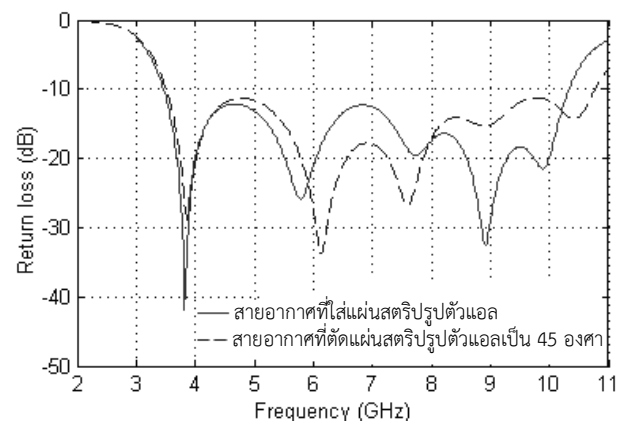
- L คือ ความยาวของช่องเปิด
- L1 คือ ความยาวของแผ่นสตริปตามแนวนอน
- W คือ ความกว้างของช่องเปิด
- W1 คือ ความยาวของแผ่นสตริปตามแนวตั้ง
- A คือ ระยะระหว่างแผ่นสตริปกับขอบล่างของสายอากาศ
- B คือ ขนาดของแผ่นสตริปแนวนอน
- C คือ ขนาดของแผ่นสตริปแนวตั้ง
- G คือ ระยะห่างระหว่างสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม
- Scpw คือ ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วม
- ϵ_r คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง
- h คือ ค่าความหนาของวัสดุฐานรอง

นอกจากนั้นสายอากาศในหัวข้อนี้จะมีพารามิเตอร์เพิ่มขึ้นอีกสองพารามิเตอร์ได้แก่ C_1 คือ ความยาวที่ตัดออกด้านแนวนอน และ C_2 คือ ความกว้างที่ตัดออกแนวตั้งดังรูปที่ 1 (ข)

ในการพัฒนาสายอากาศให้ได้ตามต้องการตามต้องการ จะเริ่มต้นจากการตัดช่องเปิดด้านล่างทั้งสองด้านเฉียงประมาณ 45 องศา จากการศึกษาพบว่า การตัดและปรับค่าดังกล่าวจะช่วยในการขยายแบนด์วิธให้มากขึ้นได้ดังแสดงในรูปที่ 2 และค่าต่าง ๆ ของสายอากาศช่องเปิดที่ใส่สตริปตัวแอลและตัดขอบของช่องเปิดด้านล่างแสดงในตารางที่ 1 โดยผลการจำลองที่ได้จะแสดงในรูปที่ 2 - 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของสายอากาศแบบแถบกว้างที่ใส่แผ่นสตริปรูปตัวแอลและสายอากาศที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา

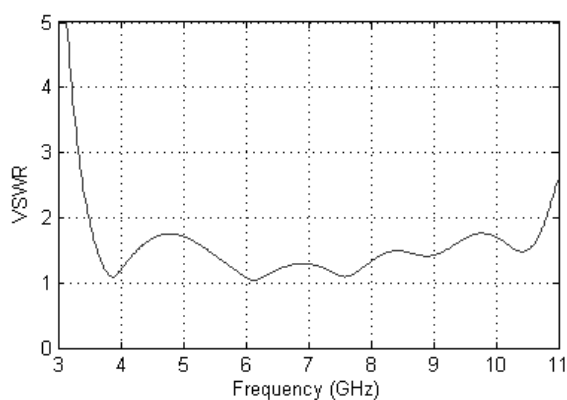
พารามิเตอร์	ขนาดของสายอากาศช่องเปิด
W	14.1 มิลลิเมตร
L	18.0 มิลลิเมตร
L1	15.9 มิลลิเมตร
W1	10.2 มิลลิเมตร
A	0.3 มิลลิเมตร
B	1.65 มิลลิเมตร
C	5.4 มิลลิเมตร
C_1	2.5 มิลลิเมตร
C_2	2.5 มิลลิเมตร



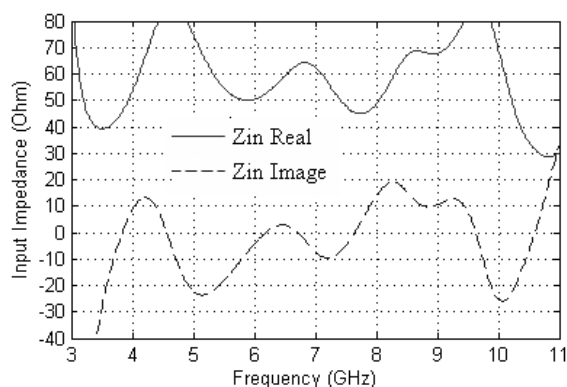
รูปที่ 2 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) สายอากาศที่ใส่แผ่นสตริปรูปตัวแอลและสายอากาศที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา

จากผลการจำลองในรูปที่ 2 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศที่ใส่แผ่นสตริปรูปตัวแอลได้แบนด์วิธ เท่ากับ 6.95 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 3.4-10.35 GHz และสายอากาศที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา มีแบนด์วิธเท่ากับ 7.25

GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 3.52-10.77 GHz ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศสองแบบนี้แล้วแบบที่สอง การตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา จะช่วยให้มีแบนด์วิธเพิ่มขึ้น 0.30 GHz ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ใกล้เคียง 50 โอห์ม ค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งประมาณ 1 ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 และคุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศาแสดงดังตารางที่ 2



รูปที่ 3 อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ของสายอากาศที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา



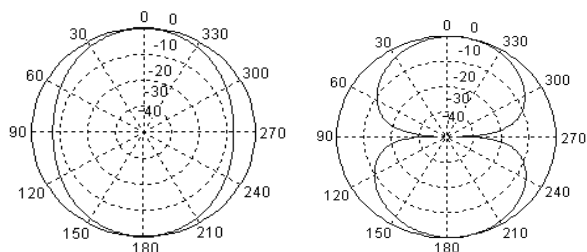
รูปที่ 4 อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ของสายอากาศแบบแถบกว้างที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา

ตารางที่ 2 คุณลักษณะต่าง ๆ ของสายอากาศแบบแถบกว้างที่มีการปรับปรุงโดยตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลเป็น 45 องศา

คุณลักษณะของสายอากาศ	ความถี่ 3.87 GHz	ความถี่ 6.14 GHz	ความถี่ 7.59 GHz	ความถี่ 8.89 GHz	ความถี่ 10.42 GHz
S_{11} พารามิเตอร์	-28.77 dB	-33.75 dB	-26.87 dB	-15.34 dB	-14.25 dB
VSWR	1.07	1.04	1.09	1.41	1.48
Z_{in} (Z_{in} real) โอห์ม	47.38	51.88	46.02	67.69	37.78
Z_{in} (Z_{in} Imag) โอห์ม	2.29	-0.91	-1.75	9.73	-12.08
อัตราขยาย dBi	2.63	4.21	5.36	3.30	3.94
แบนด์วิธ	7.25 GHz (3.52-10.77 GHz)				

จากตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะต่าง ๆ ของการออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่มีสตริปตัวแอลที่ป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบท่อนำคลื่นระนาบร่วมที่มีการปรับปรุงโดยตัดช่องเปิดด้านล่างเฉียง 45 องศาทั้งสองด้าน ซึ่งจากผลการจำลองได้สี่ความถี่เรโซแนนซ์ คือ 3.87 GHz 6.14 GHz 7.59 GHz 8.89 GHz และ 10.42 GHz โดยค่าการสูญเสียย้อนกลับเท่ากับ -28.77 dB -33.75 dB -26.87 dB -15.34 dB และ -14.25 dB ตามลำดับ ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์โดยประมาณจะใกล้เคียงกับ 50 โอห์ม และอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งใกล้เคียง 1 โดยมีแบนด์วิธเท่ากับ 7.25 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 3.52-10.77 GHz และมีอัตราขยาย เท่ากับ 2.63 dBi 4.21 dBi 5.36 dBi 3.30 dBi และ 3.94 dBi ที่ความถี่ 3.87 GHz 6.14 GHz 7.59 GHz 8.89 GHz และ 10.42 GHz ตามลำดับ

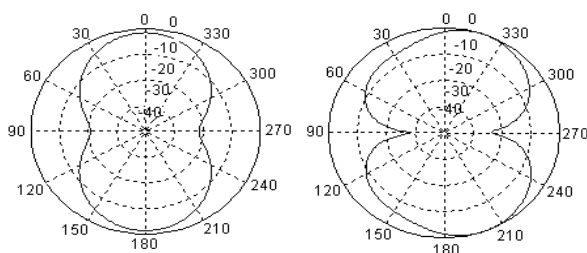
รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบสนามแม่เหล็ก (xy) และระนาบสนามไฟฟ้า (xz) แสดงในรูป ที่ 5 – 7



(ก) ระนาบ xy

(ข) ระนาบ xz

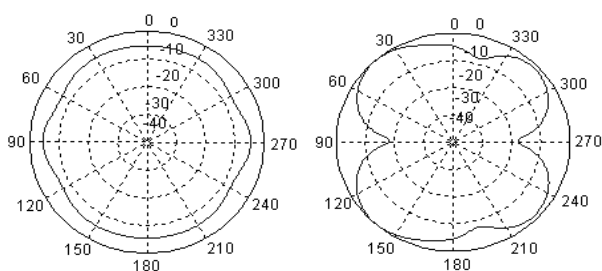
รูปที่ 5 รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศที่ความถี่ 3.87 GHz



(ก) ระนาบ xy

(ข) ระนาบ xz

รูปที่ 6 รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศที่ความถี่ 6.14 GHz



(ก) ระนาบ xy

(ข) ระนาบ xz

รูปที่ 7 รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศที่ความถี่ 8.89 GHz

จากรูปที่ 5 - 7 แสดงแบบรูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศแบบช่องเปิดที่ความถี่ 3.87 GHz 6.14 GHz และ 8.89 GHz ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองได้รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะไกลในระนาบ xy จะแสดงสนามแม่เหล็กโดยมีรูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบรอบทิศทาง และระนาบ xz จะแสดงสนามไฟฟ้า โดยมีรูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบสองทิศทาง (Bidirectional)

3. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบสายอากาศช่องเปิดที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมสำหรับระบบการสื่อสารไร้สาย โดยใช้เทคนิคการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลเพื่อช่วยในการขยายแบนด์วิธและใช้เทคนิคการตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลให้เป็น 45 องศา เพื่อขยายแบนด์วิธให้มากขึ้นกว่าเดิม จากผลการจำลอง สายอากาศที่มีการแทรกแผ่นสตริปรูปตัวแอลมีแบนด์วิธ เท่ากับ 6.95 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 3.4-10.35 GHz และการใช้เทคนิคการตัดแผ่นสตริปรูปตัวแอลให้เป็น 45 องศา มีแบนด์วิธเท่ากับ 7.25 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 3.52-10.77 GHz จากผลการจำลองพบว่าสามารถขยายแบนด์วิธให้มากขึ้นกว่าเดิม 0.3 GHz โดยมีแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศรูปแบบนี้เป็นแบบสองทิศทาง ซึ่งสามารถนำไปใช้งานในระบบการสื่อสารไร้สายได้อย่างกว้างขวาง

4. เอกสารอ้างอิง

- [1] Federal Communications Commission, "First Report and Order, Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems," FCC, 2002.

- [2] C. A. Balanis, "Antenna theory analysis and design", third editions, John Wiley & Son, Inc, 2005.
- [3] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon. "Microstrip Antenna Handbook", Boston, Artech House, 2001.
- [4] I. J. Bahl, and P. Bharita, "*Microstrip Antenna*", Dedham, Artech House, 1980.
- [5] K. F. Lee and W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*. New York John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [6] W. Kueathaweekun, N. Anantrasirichai, J. Nakasuwan, and T. Wakabayashi, "Broadband Slot Antenna Fed by Microstrip Line", ICEAST, 21-23 November, Thailand, 2007.
- [7] Y. Shih-Huang and W. Kin-Lu, "Dual-band F-Shaped Monopole Antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN Application", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, USA, vol. 4, Jun, 2002.
- [8] H. D. Chen, J. S. Chen, and Y. T. Cheng, "Modified Inverted-L Monopole Antenna for 2.4/5.2 GHz Dual-Band Operations," Electron. Letter, USA, Vol.39, pp.1567-1568, 2007.
- [9] C. Horng-Dean, "Slot Antenna Coupled by Microstrip Line for Dual Frequency," IEEE Trans. on Antennas and Propagation, USA, Vol. 51, No. 8, pp. 1982-1986, 2003.
- [10] W. Kueathawikun, P. Thumwarin, N. Anantrasirichai, and T. Wakabayashi, "Wide-band Slot Antenna for WLAN Application" ISAP2006, November 1-4, Singapore, 2006.
- [11] P. Jearapraditkul, W. Kueathaweekun, N. Anantrasirichai, O. Sangaroon and T. Wakabayashi, "Bandwidth Enhancement of CPW-Fed Slot Antenna with Inset Tuning Stub", ISCIT, 21-23 October, Vientiane, Lao, 2008.
- [12] W. Kueathaweekun, P. Jearapraditkul, N. Anantrasirichai, O. Sangaroon, and T. Wakabayashi, "Wide-band CPW-fed Slot Antenna with Tuning Stub and π -Strip for WLAN/WiMAX Application", ISPACS, 8-11 December, Bangkok, Thailand, 2008.
- [13] Yongxi Qian, Tatsuo Itoh, "FDTD Analysis and Design of Microwave Circuits and antennas Software and Applications", Tokyo, Realize Inc., 1999.