

รายการอ้างอิง

- [1] Keiser, G. Optical Fiber Communications. McGraw-Hill Higher Education, 2000
- [2] Asatani, K. and Maeda, Y. Access Network Architectural Issues for Future Telecommunication Networks. IEEE Communications Magazine 36 (August 1998): 110–114.
- [3] Maeda, Y. A Standardization Plan for Broadband Access Network Transport. IEEE Communications Magazine 7 (July 2001) : 166–172.
- [4] International Telecom Union. V.90 : A digital modem and analogue modem pair for use on the Public Switched Telephone Network (PSTN) at data signalling rates of up to 56 000 bit/s downstream and up to 33 600 bit/s upstream [online]. 1999. Available from: <http://www.itu.int/rec/T-REC-V.90-199809-I> [2009, September]
- [5] Fernando, X. Broadband Access Networks. Proceedings of International Conference on Signal Processing Communications, Chennai, 2008, pp 380-383, 2008.
- [6] Sasaki, J. Mitsuishi, T. and Fmyu, Y. Cable and Wireless Hybrid Access Networks for Rural Residential Areas. Proceedings of International Conference on Electrical and Electronic Technology, 2001, pp 494-499, 2001.
- [7] Shumate, P. W. Fiber-to-the-Home: 1977–2007. J. Lightwave. Technology 26 (May 2008) : 1093-1103.
- [8] Ebihara, T. Understanding the Japanese Broadband Miracle [Online]. 2007. Available from http://www.itif.org/files/Ebihara_Japanese_Broadband.pdf [2009, September]
- [9] Decusatis, C. Handbook of Fiber Optic Data Communication: A Practical Guide to Optical Networking. Elsevier Academic Press, 2008.

- [10] Kitayama, K. Wang, X. and Wada, N. OCDMA over WDM PON – a solution path to gigabit-symmetric FTTH. J. Lightwave. Technology 24 (April 2006): 1654-1662.
- [11] Wang, X. Recent progresses in OCDMA. Proceedings of International Conference on Transparent Optical Networks, Athens, 2008, pp 39-42, 2008.
- [12] ลัญฉกร วุฒิสทิธิกุลกิจ. หลักการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่. พิมพ์ครั้งที่ 2 : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [13] ลัญฉกร วุฒิสทิธิกุลกิจ. เทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย CDMA (CDMA Technology). พิมพ์ครั้งที่ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
- [14] Wang, X. Keys towards practical OCDMA networks. Proceedings of International Conference on Optoelectronics, Fiber Optics and Photonics, 2004, pp 1-6, 2004.
- [15] Wang, X. Hamanaka, T. Wada, N. Nishiki, A. and Kitayama, K. 10-user, truly-asynchronous OCDMA experiment with 511-chip SSFBG en/decoder and SC-based optical threshold. Proceedings of Optical Fiber Communication Conference Technical Digest, 2005, 3pp, 2005
- [16] Wang, X. Wada, N. Hamanaka, T. Miyazaki, T. Cincotti, G. and Kitayama, K. OCDMA over WDM Transmission. Proceedings of International Conference on Transparent Optical Networks, Rome, 2007, pp 110-113, 2007.
- [17] Wang, X. Wada, N. and Kitayama, K. Inter-symbol interference and beat noise in flexible data-rate coherent OCDMA and the BER improvement by using optical thresholding. Optics Express 13 (2005): 10469-10474.
- [18] Wang, X. and Kitayama, K. Analysis of beat noise in coherent and incoherent time-spreading OCDMA. J. Lightwave. Technology 22 (October 2004): 2226-2235.

- [19] Wang, X. Matsushima, K. Nishiki, A. Wada, N. and Kitayama, K. High reflectivity superstructured FBG for coherent optical code generation and recognition. Optics Express 13 (2005) : 5457-5468.
- [20] International Telecom Union. G.652. Characteristics of a single-mode optical fibre and cable. [online]. 2009. Available from : <http://www.itu.int/itu-t/recommendations/index.aspx?ser=G> [2009, October]
- [21] Imai, T. Access Network Technology for Diverse Services. NTT Technical Review 3 (June 2005): 9-13.
- [22] Agrawal, G. Applications of Nonlinear Fiber Optics (Optics and Photonics Series). Academic Press. 2001.
- [23] Kazovsky, L., et al. Optical Fiber Communication Systems. Artech House, 1996.
- [24] Gorshe, S. S. FTTH & FTTC Technologies and Standards. China Communications (December 2006) : 104-114.
- [25] Chen, H. Zhang, Y. Wang, X. Wada, N. Miyazaki, T. Zhang, Y. and Xie, S. Multiuser asynchronous OCDMA system with different types of FBG based en/decoder. Proceedings of Opto-Electronics and Communications Conference and The Australian Conference on Optical Fibre Technology, Sydney 2008, pp 1-2, 2008.
- [26] Wang, X. Wada, N. Hamanaka, T. and Kitayama, K. Dispersion flattened-fiber based optical thresholder for multiple-access-interference suppression in OCDMA system. Optics Express 13 (July 2005): 5499-5505.
- [27] Cincotti, G. Wada, N. and Kitayama, K. Characterization of a full encoder/decoder in the AWG configuration for code-based photonic routers. Part I: Modelling and design. J. Lightwave Technology 24 (January 2006): 103-112.
- [28] Jiang, Z. Seo, D. Yang, S. Leaird, D. E. Roussev, R. V. Langrock, C. Fejer, M. M. and Weiner, A. M. Four-User, 2.5-Gb/s, Spectrally Coded OCDMA System



Demonstration Using Low-Power Nonlinear Processing. J. Lightwave Technology 23 (January 2005) : 143-158.

- [29] Stock, A. and Sargent, E. H. The role of optical CDMA in access networks. IEEE Communications Magazine 40 (September 2002): 83-87.
- [30] Wang, X. Hamanaka, T. Wada, N. and Kitayama, K. Dispersion-flattened-fiber based optical threshold for multiple-access-interference suppression in OCDMA system. Optics Express 13 (July 2005): 5499-5505.
- [31] Fathallah, H. Rusch, L. A. and LaRochelle, S. Passive optical fast frequency-hop CDMA communications system. J. Lightwave Technology 17 (March 1999): 397-405.
- [32] Tsuda, H. Takenouchi, H. Ishii, T. Okamoto, K. Gosh, T. and Amano, C. Photonic spectral encoder/decoder using an AWG for coherent optical code division multiplexing. Proceedings of Optical Fiber Communication Conference and The International Conference in Integrated Optics and Optical Fiber Communications, San Diego 1999, PD32/1 - PD32/3 Suppl. 1999.
- [33] Galli, S. Menendez, S. Toliver, R. Banwell, P. Jackel, T. Young, J. and Etemad, J. DWDM compatible Spectrally Phase Encoded Optical CDMA. Proceedings of Global Telecommunications Conference, 2004, pp 1888-1894, 2004.
- [34] Wang, X. and Wada, N. Experimental demonstration of OCDMA traffic over optical packet switching network with hybrid PLC and SSFBG en/decoders. J. Lightwave Technology 24 (August 2006): 3012-3020.
- [35] Institute of Electrical and Electronics Engineers. 802.3av-2009 [Online]. 2009. Available from: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.3av-2009.pdf> [September, 2010]
- [36] Corning. Corning SMF-28 ULL Optical Fiber with Corning Ultra Low Loss Technology Product Information. [Online]. Available from: <http://www.corning.com> [September, 2010]

- [37] Lee, J. H. Petropoulos, P. C. Ibsen, P. M. and Richardson, D.J. A grating-based OCDMA coding-decoding system incorporating a nonlinear optical loop mirror for improved code recognition and noise reduction, J. Lightwave Technology 20 (January 2002) : 36-46

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบจำลองการส่งสัญญาณ OCDMA-PON ที่ใช้ใน simulation

ในส่วนนี้จะแสดงแบบจำลองการส่งสัญญาณ OCDMA-PON ที่ใช้ในการ simulation ด้วยโปรแกรม Optisys รวมไปถึงการตั้งค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ต่างๆในระบบที่ใช้ในการจำลองการส่งสัญญาณ ในส่วนแรกจะอธิบายถึง global parameter ซึ่งเป็นตัวกำหนดพารามิเตอร์หลักของระบบ เช่น อัตราบิต จำนวนบิตที่ใช้ในการส่งสัญญาณ เป็นต้น ส่วนที่ 2 จะอธิบายถึง OLT ซึ่งประกอบไปด้วยตัวส่งสัญญาณแสง OCDMA และ encoder ส่วนที่ 3 จะกล่าวถึงเส้นใยแสงที่ใช้ ได้แก่ เส้นใยแสงชนิดโหมดเดียว ITU-T G.652.C และเส้นใยแสงชดเชยดิสเพอร์ชันชนิดชดเชยความชันดิสเพอร์ชัน และส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึง ONU ซึ่งประกอบไปด้วย decoder ตัวรับสัญญาณแสง วงจรกรองผ่านต่ำ และอุปกรณ์ตรวจวัดอัตราบิตผิดพลาด ตามลำดับ

○ Global parameter

ก่อนที่จะเริ่มทำ simulation จะต้องมีการตั้งค่า global parameter เป็นอันดับแรก ได้แก่ อัตราบิตของระบบ (bit rate) จำนวนบิตที่ใช้ในการส่งสัญญาณ (sequence length) และอัตราการสุ่มในช่วงเวลา 1 คาบบิต (sample per bit) โดยระบบ OCDMA-PON ที่ได้ทำ simulation มีค่า global parameter แสดงดังรูปที่ ก.1 โดยมีอัตราบิตเท่ากับ 1.25 Gbps sequence length เท่ากับ 256 บิต และจำนวน sample per bit เท่ากับ 1024 ตามลำดับ

Layout 1 Parameters

Σ3

Label: Layout 1

OK

Cancel

Simulation

Signals

Spatial effects

Noise

Signal tracing

Name	Value	Units	Mode
Simulation window	Set sample rate		Normal
Reference bit rate	☒		Normal
Bit rate	1250000000	Bits/s	Normal
Time window	1.024e-007	s	Normal
Sample rate	1280000000000	Hz	Normal
Sequence length	128	Bits	Normal
Samples per bit	1024		Normal
Number of samples	131072		Normal

Add Param...

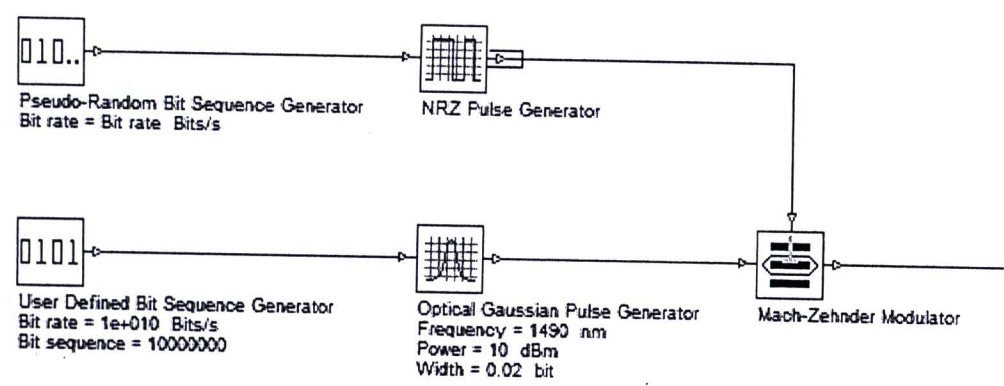
Remove Par

Edit Param...

รูปที่ ก.1 ค่า global parameter ที่กำหนดในระบบ OCDMA-PON

○ OLT

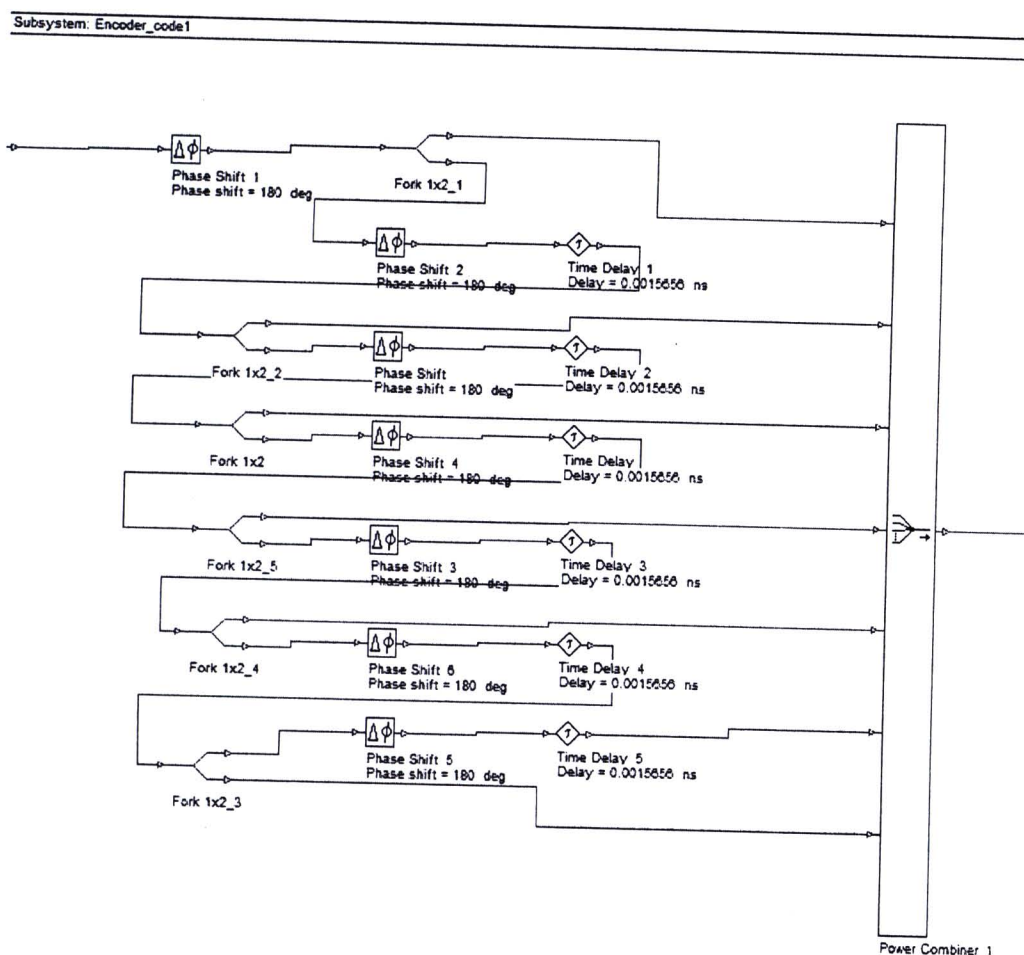
ในส่วนของ OLT จะประกอบไปด้วยตัวส่งสัญญาณของระบบ OCDMA จำนวน N ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังที่ได้อธิบายดังรูปที่ 2.16 โดยแบบจำลองตัวส่งสัญญาณของระบบ OCDMA ที่ใช้ simulation แสดงดังรูปที่ ก.2 กล่าวคือ สัญญาณไฟฟ้าแบบ NRZ สร้างจาก NRZ pulse generator โดยมีลำดับของบิตสัญญาณแบบสุ่มที่สร้างจาก psuedo-random bit sequence generator ที่อัตราบิตเท่ากับอัตราบิตของระบบที่ 1.25 Gbps สำหรับสัญญาณแสง จะมีลำดับของบิตสัญญาณที่สร้างจาก user-defined bit sequence generator ที่มีลำดับของบิตคงที่ที่ "10000000" และมีอัตราการสร้างบิตดังกล่าวเท่ากับ 10 Gbps เพื่อให้ optical Gaussian pulse generator (มีค่า width เท่ากับ 0.02 เพื่อให้ค่า FWHM มีค่าประมาณ 1.56 ps ตามที่ได้ออกแบบไว้ในตอนต้น) สร้างพัลส์แสงทุกๆ 800 ps ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.5.1 หลังจากนั้นสัญญาณแสงและสัญญาณไฟฟ้าจะถูกมอดูเลตด้วยอุปกรณ์มอดูเลตสัญญาณแบบความเข้มแสงตามลำดับ



รูปที่ ก.2 แบบจำลองตัวส่งสัญญาณของระบบ OCDMA ที่ใช้ใน simulation

สัญญาณแสงที่ออกจากอุปกรณ์มอดูเลตสัญญาณจะถูกเข้ารหัสแบบ coherent time-spreading ด้วย encoder ที่ได้จำลองขึ้นมา รูปที่ ก.3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างภายในแบบจำลองของ encoder ที่มีจำนวนชิปเท่ากับ 7 ชิปที่ใช้ใน simulation ประกอบไปด้วยตัวเลื่อนเฟสที่มีลำดับการเลื่อนเฟสเป็นไปตาม gold code ที่ใช้ (0 หรือ π) หลังจากนั้นก็จะผ่าน fork เพื่อให้สัญญาณส่วนหนึ่งสะท้อนออกมาและสัญญาณอีกส่วนหนึ่งก็จะถูกหน่วงเวลาด้วย time delay เท่ากับ 1.56 ps และผ่านไปยังชิปต่อไป ท้ายที่สุดแล้วสัญญาณจากทุกชิปก็จะถูกรวมด้วย power combiner ทำให้สัญญาณขาออกจาก encoder จะเป็นสัญญาณแสงที่ถูกแผ่ออกทางเวลาดังที่ได้

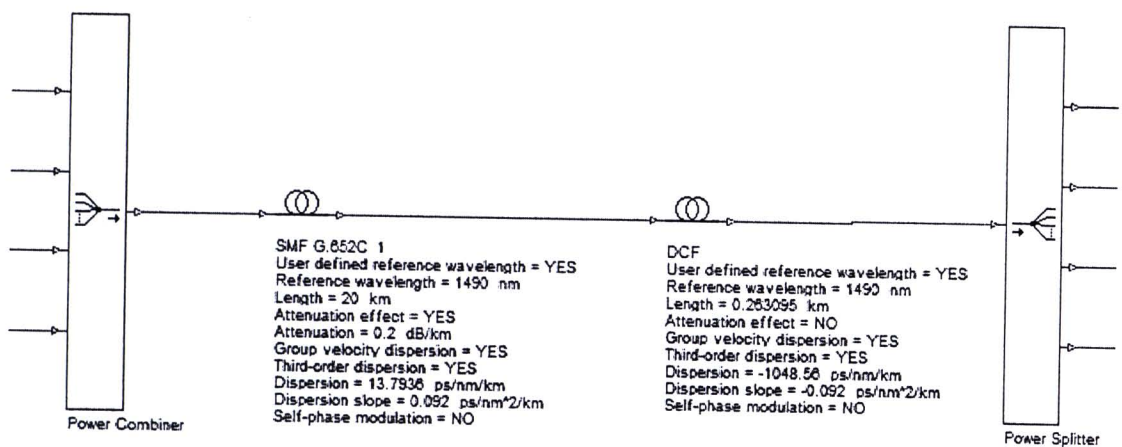
อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.5.2 อย่างไรก็ตามในผลการ simulation ทั้งหมดจะใช้ encoder ที่มีจำนวนชิปเท่ากับ 511 ชิป ซึ่งใช้หลักการในการสร้างแบบจำลองดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อนี้เช่นเดียวกัน



รูปที่ ก.3 แบบจำลองโครงสร้างภายในของ encoder ที่มีจำนวนชิปเท่ากับ 7 ชิปที่ใช้ใน simulation

○ เส้นใยแสง

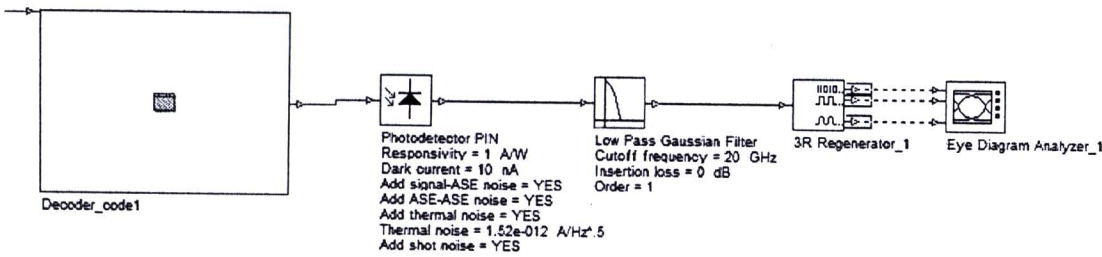
สัญญาณแสงที่ถูก encode จากผู้ใช้บริการทุกรายจะถูกรวมเข้าด้วยกันด้วย power combiner และส่งผ่านเส้นใยแสงชนิดโหมดเดียว และเส้นใยแสงชดเชยดิสเพอร์ชันชนิดชดเชยความชันดิสเพอร์ชันตามลำดับ หลังจากนั้นสัญญาณแสงก็จะถูกแบ่งพลังงานแสงไปยัง ONU แต่ละตัวด้วย power splitter เพื่อทำการ decode สัญญาณแสงในขั้นตอนต่อไป โดยแบบจำลองของเส้นใยแสงที่ใช้ใน simulation สำหรับระบบที่มีจำนวนผู้ใช้บริการในระบบเท่ากับ 4 ราย และค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของเส้นใยแสง เช่น ความยาว ค่าอัตราการลดทอนกำลังของสัญญาณแสง ค่าดิสเพอร์ชัน และค่าความชันดิสเพอร์ชัน ของเส้นใยแสงทั้งสองชนิดแสดงดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 แบบจำลองของเส้นใยแสงที่ใช้ในการส่งสัญญาณในระบบ OCDMA-PON ที่มีจำนวนผู้ให้บริการในระบบเท่ากับ 4 รายที่ใช้ใน simulation

○ ONU

รูปที่ ก.5 แสดงโครงสร้างภายในของ ONU ที่ใช้ใน simulation สัญญาณแสงที่ถูกแบ่งพลังงานแสงโดย power splitter จะเข้ามาที่ ONU แต่ละตัว ในขั้นตอนแรกสัญญาณแสงดังกล่าวจะถูก decode ด้วย decoder เพื่อดึงข้อมูลของตัวเองกลับมาได้อย่างถูกต้อง โดยโครงสร้างของ decoder ที่ใช้ใน simulation นั้นมีลักษณะเช่นเดียวกับ encoder ในรูปที่ ก.3 แต่จะต้องมีลำดับของตัวเลื่อนเฟสที่ตรงกันข้ามกันกับลำดับการเลื่อนเฟสของ encoder หลังจากนั้นก็จะแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยตัวรับสัญญาณแสงชนิด PIN กรองสัญญาณด้วยวงจรกรองผ่านต่ำชนิด Gaussian และดูลักษณะของ eye-diagram พร้อมทั้งวัดอัตราบิดเบือนผลาดด้วย eye-diagram analyzer ตามลำดับ



รูปที่ ก.5 แบบจำลองของ ONU สำหรับ decoder และรับสัญญาณแสงที่ใช้ใน simulation

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายรชฏ มณีชาติ เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2528 อ.เมือง จ.เชียงราย สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา พ.ศ. 2551 และ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตีพิมพ์ และเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ ทั้งหมด 2 ฉบับ

- บทความวิชาการในงานประชุม The 5th National Conference on Optics and Applications (NCOA-5) จัดขึ้น ณ โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2553 ในชื่อบทความเรื่อง Optical CDMA Transmission over Passive Optical Network
- บทความวิชาการในงานประชุม The 9th International Conference on Optical Internet (COIN 2010) จัดขึ้น ณ Shilla Jeju, Jeju ประเทศเกาหลีใต้ ในวันที่ 11-14 กรกฎาคม 2553 ในชื่อบทความเรื่อง Feasibility of employing OCDMA on passive optical network



