มาตรฐานทางเทคนิค
สำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า
(Power Line Communications – PLC)

คณะกรรมการมาตรฐาน กทช.

ธันวาคม 2550

DRAFT for PUBLIC CONSULTATION

ฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการมาตรฐาน กทช.
สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 (สายลม) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.ntc.or.th

	สารบัญ	**i**
	บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)	**0-1**
1	**ส่วนที่หนึ่ง Technical Review**	**1-1**
	ภาพรวมเทคโนโลยี Power Line Communications (PLC)	1-2
	เทคโนโลยี Narrowband PLC	1-5
	เทคโนโลยี Broadband PLC หรือ BPL (Broadband over Power Line)	1-7
	มาตรฐานของภาคอุตสาหกรรม (Industry Standard)	1-25
2	**ส่วนที่สอง PLC related studies and regulatory requirements**	**2-1**
	ประเทศสหรัฐอเมริกา	2-2
	กลุ่มประเทศยุโรป	2-8
	ประเทศออสเตรเลีย	2-9
	ประเทศญี่ปุ่น	2-11
	ประเทศมาเลเซีย	2-14
	ประเทศสิงคโปร์	2-17
	ประเทศเกาหลีใต้	2-19
	สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU)	2-21
	คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิกส์ (IEC)	2-25
	คณะกรรมการพิเศษระหว่างประเทศว่าด้วยการรบกวนทางวิทยุ (CISPR)	2-27
	สถาบันมาตรฐานโทรคมนาคมแห่งยุโรป/คณะกรรมการมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์แห่งยุโรป (ETSI/CENELEC)	2-30
	ผลการศึกษาเกี่ยวกับการรบกวนระหว่าง PLC/BPL กับข่ายสื่อสารอื่น	2-35
	ผลการทดลองและทดสอบการใช้เทคโนโลยี PLC ในประเทศไทย	2-39
3	**ส่วนที่สาม Recommendations**	**3-1**
	ความเห็นและข้อเสนอแนะของคณะกรรมการมาตรฐาน กทช.	3-2
	(ร่าง)มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่เทคโนโลยี PLC	3-6
ภาคผนวก ก	องค์ประกอบคณะกรรมการมาตรฐาน กทช.	
ภาคผนวก ข	รายชื่อหน่วยงานที่ร่วมหารือ และมีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะต่อคณะกรรมการมาตรฐาน กทช.	
ภาคผนวก ค	เอกสารอ้างอิง	

มาตรฐานทางเทคนิค
สำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า
(Power Line Communications – PLC)

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

เอกสารนี้ จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications – PLC) ทั้งในลักษณะ Narrowband PLC และ Broadband PLC (BPL) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีใหม่และมีความสำคัญ อีกทั้งผู้ประกอบการยังมีความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาให้บริการในอนาคตอันใกล้ เพื่อที่จะได้นำเสนอเป็นข้อเสนอแนะต่อคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติในการกำกับดูแลการให้บริการดังกล่าว ผ่านทางการกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน มีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่หนึ่ง จะเป็นส่วน Technical Review โดยกล่าวถึงความเป็นมาและรายละเอียดทางเทคนิคของเทคโนโลยี PLC โดยแยกเป็น 3 ประเภท คือ Narrowband PLC, Broadband PLC (In-building) และ Broadband PLC (Access) โดยไม่รวมถึงเทคโนโลยี PLC ที่ใช้สำหรับการสื่อสาร ควบคุม โทรมาตร หรือการปฏิบัติงานของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าเอง นอกจากนั้น ยังได้กล่าวถึงข้อมูลทางเทคนิคอื่นที่สำคัญ เช่น Modulation Schemes, Power levels, Throughputs and performance, Spectral efficiency, และ Quality of service.และสุดท้ายได้กล่าวถึงมาตรฐานของภาคอุตสาหกรรม (Industry standards) ซึ่งเป็นการรวมตัวกันของผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตหลายกลุ่มเพื่อกำหนด specifications ที่ต้องการสำหรับการใช้งานร่วมกันของอุปกรณ์จากผู้ผลิตหลายราย

ส่วนที่สอง จะเป็นส่วน BPL related studies and regulatory requirements โดยกล่าวถึงผลการศึกษา และกฎระเบียบของประเทศต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยี PCL ทั้งที่เป็น Narrowband PLC และ Broadband PLC (BPL) ซึ่งประกอบด้วย กฎระเบียบของประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มประเทศยุโรป ประเทศออสเตรเลีย ประเทศญี่ปุ่น ประเทศมาเลเซีย ประเทศสิงคโปร์ และประเทศเกาหลีใต้

นอกจากนั้น ยังได้นำเสนอข้อมูลหรือความคืบหน้าในการกำหนดมาตรฐานขององค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยี PLC (ระบบและอุปกรณ์) มาใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิกส์ (IEC) คณะกรรมการพิเศษระหว่างประเทศว่าด้วยการรบกวนทางวิทยุ (CISPR) และสถาบันมาตรฐานโทรคมนาคมแห่งยุโรป/คณะกรรมการมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิกส์แห่งยุโรป (ETSI/CENELEC) ซึ่งส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นที่ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าและการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility/Interference) เป็นหลัก

ในส่วนของผลการศึกษาที่นำมาไว้ในเอกสาร จะเป็นผลการศึกษาเกี่ยวกับการรบกวนระหว่าง Broadband PLC /BPL กับข่ายสื่อสารอื่น โดยเฉพาะข่ายสื่อสารในกิจการวิทยุสมัครเล่น ซึ่งได้รับผลกระทบอย่างมากในช่วงแรกที่มีการนำเทคโนโลยี Broadband PLC /BPL มาใช้งาน รวมทั้งได้นำเสนอผลการทดลองและทดสอบการใช้เทคโนโลยี Broadband PLC ในประเทศไทย ที่ได้รับข้อมูลจากการหารือกับการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคด้วย

ส่วนที่สาม จะเป็นส่วน Recommendations ซึ่งได้นำเสนอข้อเสนอแนะของคณะกรรมการมาตรฐาน กทช. โดยแบ่งเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการในการนำเทคโนโลยี PLC มาใช้งาน ทั้งในเชิงเทคนิค และในเชิงพาณิชย์ และข้อเสนอแนะสำหรับคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติในการอนุญาตและกำกับดูแลการใช้งานเทคโนโลยี PLC ในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะสำหรับ กทช. ประกอบด้วย

1) กทช. ควรอนุญาตให้ใช้งานเทคโนโลยี PLC ในประเทศไทย ทั้งที่เป็น narrowband PLC และ broadband PLC เมื่อมองจากประโยชน์ที่จะได้รับต่อวงการโทรคมนาคมในภาพรวม โดยกำกับดูแลเท่าที่จำเป็น ผ่านทางการกำหนดมาตรฐานทางเทคนิค และเงื่อนไขการใช้งานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ควรอนุญาตให้ใช้งานเทคโนโลยี Narrowband PLC ได้ โดยกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล (IEC, CENELEC (Europe) หรือ FCC (USA))

ควรอนุญาตให้ใช้งานเทคโนโลยี Broadband PLC (In-building) ซึ่งเป็นส่วนที่ส่งผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำซึ่งอยู่ภายในอาคารหรือบ้านเรือน โดยกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล (CISPR หรือ FCC (USA))

ควรอนุญาตให้ทดลองใช้งานเทคโนโลยี Broadband PLC (Access) ซึ่งเป็นส่วนที่ส่งผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำหรือแรงปานกลางที่อยู่ภายนอกอาคารบ้านเรือน) เนื่องจากมีผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมได้แสดงความประสงค์ที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาทดลองให้บริการ และมีความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับหนึ่ง แต่จำเป็นจำเป็นต้องมีมาตรฐานทางเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการกำกับดูแลเป็นการล่วงหน้า เพื่อลดหรือขจัดการรบกวนที่อาจเกิดขึ้นต่อกิจการโทรคมนาคมอื่น

2) (ร่าง)มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเสนอข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ซึ่งใช้เทคโนโลยี PLC ที่จะนำมาใช้งานภายในประเทศ โดยมุ่งเน้นที่ข้อกำหนดด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า/การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า และด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าเป็นหลัก นอกจากนั้น ในส่วนของ broadband PLC ยังได้มีข้อกำหนดและเงื่อนไขการใช้งานเป็นการเฉพาะเพื่อลดหรือขจัดปัญหาการรบกวนอันอาจจะเกิดขึ้นต่อกิจการโทรคมนาคมอื่นอีกด้วย

คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. ประสงค์จะขอรับข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีต่อเอกสารนี้ โดยเฉพาะในส่วนของข้อเสนอแนะสำหรับ กทช. และ(ร่าง)มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า เพื่อจะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ ก่อนนำเสนอ กทช. พิจารณาต่อไป

ส่วนที่หนึ่ง

Technical Review

ภาพรวมเทคโนโลยี Power Line Communications (PLC)

เทคโนโลยี Power Line Communications (PLC) เป็นเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสาร ที่ทำให้สามารถส่งสัญญาณเสียง ข้อมูล และมัลติมีเดีย โดยผ่านระบบนำจ่ายกระแสไฟฟ้า หรือสายไฟฟ้าที่มีใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป ทั้งที่เป็นระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ (LV distribution cable) หรือระบบจ่ายไฟฟ้าแรงปานกลาง (MV distribution cable)[1] โดยอาจมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็น Power Line Communications (**PLC**), Power Line Telecommunications (**PLT**), Broadband over Powerline (**BPL**) หรือ Ethernet over Powerline และอาจมีการให้คำนิยามและรายละเอียดของเทคโนโลยีที่แตกต่างกันไปด้วย แต่ในที่นี้ จะเรียกเทคโนโลยีในลักษณะนี้ทั้งหมดว่า **เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications - PLC)**

เทคโนโลยี PLC เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สายไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม เพื่อให้บริการ รับ ส่ง ข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลความเร็วต่ำ (narrowband PLC) เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน การเฝ้าระวังรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน และใช้ในการควบคุม สั่งการของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าเองเช่น การควบคุมการทำงานของ switch gear (เพื่อปิด-เปิด อุปกรณ์ป้องกันระบบจ่ายไฟฟ้า) การอ่านมาตรวัดไฟฟ้าอัตโนมัติ (automatic meter reading - AMR) หรือการแจ้งอัตราค่าไฟฟ้า (tariff broadcast) เป็นต้น โดยพัฒนามาจากในระยะเริ่มแรกที่หน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า (power utility providers) ใช้สายส่งแรงสูง เพื่อติดต่อสื่อสาร และใช้ในการควบคุมสถานีจ่ายไฟฟ้า (substation) ระหว่างกัน และในปัจจุบันได้พัฒนาขีดความสามารถให้รับส่งข้อมูลความเร็วสูง (broadband PLC) เช่น high speed Internet, video streaming, VoIP ผ่านระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำได้ด้วย จึงสามารถใช้เป็นโครงข่ายส่วนเข้าถึงผู้ใช้บริการ (access network) ทดแทนคู่สายโทรศัพท์ได้ ดังจะได้กล่าวต่อไป

ความเป็นมาของเทคโนโลยี PLC [1]

หน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าร่วมกับผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้มีการริเริ่มนำเทคโนโลยี PLC มาใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1922 โดยใช้คลื่นพาห์ในช่วงความถี่ 15 – 500 kHz ป้อนในสายส่งแรงสูง เพื่อใช้ในการโทรมาตร (telemetry)

ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1930 – 1940 ได้มีการนำ ripple carrier signaling มาใช้ในระบบจ่ายไฟฟ้า 10 – 20 kV และ 240/415 V

ในช่วงปี ค.ศ. 1970 บริษัท Tokyo Electric Power ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการอ่านมาตรวัดไฟฟ้าระยะไกล (remote meter reading) และประสบความสำเร็จ จนกระทั่งประมาณปี 1985 ได้ให้ความสนใจและทำการศึกษาในการนำ digital communications และ digital signal processing มาส่งผ่านสายไฟฟ้า และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ปัจจุบัน PLC สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบทั้งในส่วนของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าเอง และประชาชนทั่วไป

[1] LV (220/110 volts)

MV (1000 ~ 40,000 volts)

การประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี PLC

PLC สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งในส่วนของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า และประชาชนทั่วไป ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- **ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน (Home control)**

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศภายในบ้าน เช่นเครื่องเสียง โทรทัศน์ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในบ้าน การรักษาความปลอดภัยภายในบ้านโดยใช้กล้องวิดีโอ (surveillance video camera) ตลอดจนระบบที่เรียกว่า Home Automation สามารถใช้เทคโนโลยี PLC ได้โดยไม่ต้องเดินสายควบคุมใหม่ ในการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมนี้ จะส่งสัญญาณคลื่นพาห์ (carrier wave) ที่มีความถี่ระหว่าง 20 – 200 kHz เข้าไปในสายไฟฟ้าผ่านเครื่องส่ง และจะผสมสัญญาณดิจิตอลไปด้วย ส่วนที่เครื่องรับแต่ละเครื่องในระบบจะมีฟังก์ชันบอกตำแหน่งซึ่งสามารถควบคุมได้โดยสัญญาณที่ส่งมา และถูกถอดรหัสที่เครื่องรับ อุปกรณ์นี้ใช้เสียบกับเต้าเสียบไฟฟ้าที่บ้านได้เลย ซึ่งปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานโดยบรรดาบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อย่างหลากหลาย ซึ่งบางครั้งอาจทำงานร่วมกันไม่ได้

- **ใช้เป็นโครงข่ายภายในบ้าน (Home Networking)**

เป็นการนำเทคโนโลยี PLC มาประยุกต์ใช้งานในลักษณะเช่นเดียวกับโครงข่ายคอมพิวเตอร์ ภายในบ้าน อาคารชุด หรือในอาคารสำนักงานขนาดเล็ก เป็นต้น มาตรฐานของการใช้สายไฟฟ้าเป็นโครงข่ายภายในอาคารดังกล่าวนี้ มีการพัฒนาโดยบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์ที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มอย่างหลากหลาย ซึ่งโครงข่ายดังกล่าวสามารถใช้งานได้ในระยะทางใกล้ มักไม่เกิน 100 เมตร และเพียงแต่เสียบอุปกรณ์ในเต้าเสียบไฟฟ้าที่มีอยู่ โดยไม่ต้องเดินสายเคเบิ้ลใหม่

- **ใช้งานในกิจการของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า (Utility applications)**

หน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าได้ใช้เทคโนโลยีนี้ในธุรกิจหรือการปฏิบัติงานของหน่วยงานเองมาเป็นระยะเวลานานแล้ว ซึ่งส่วนใหญ่ต้องการความกว้างแถบคลื่นที่ไม่มากนัก โดยจะใช้ Coupling Capacitors ชนิดพิเศษต่อกับเครื่องส่งวิทยุความถี่ต่ำ ที่ต่อกับสายไฟฟ้า ความถี่ที่ใช้อยู่ระหว่าง 30 – 300 kHz และเครื่องส่งมีกำลังไม่เกิน 100 วัตต์ เครื่องส่งจะส่งสัญญาณไปตามสายไฟฟ้าแรงสูง[2] เส้นเดียว สอง หรือ ทั้งสามเส้น ช่องสัญญาณต่างๆของ PLC จะถูก couple ที่สายแรงสูง โดยที่สถานีจ่ายไฟย่อยต่างๆ จะติดตั้งอุปกรณ์ filter เพื่อป้องกันกระแสของ carrier frequency ไม่ให้เข้าไปสู่อุปกรณ์ในสถานีจ่ายไฟย่อยนั้นๆ และเพื่อให้เกิดความมั่นใจในกรณีเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องว่าจะไม่มีผลต่อระบบ PLC วงจรนี้จะใช้ในการควบคุมการทำงานของ switch gear และป้องกันสายส่ง ตัวอย่างเช่น สามารถใช้ช่องสัญญาณ PLC เพื่อสั่งการให้ Protection relay ทำงานเมื่อเกิดเหตุขัดข้องในระบบจ่ายไฟฟ้า แต่จะให้ระบบทำงานปกติเมื่อเกิดเหตุขัดข้องที่จุดอื่นในระบบ ปัจจุบันหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้ามักใช้ระบบไมโครเวฟ และสายเคเบิ้ลใยแก้ว เพื่อการสื่อสารในองค์กร และใช้ในการสั่งการ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า แต่การนำ PLC มาใช้ในระบบสื่อสารก็ยังมีความจำเป็น เพื่อใช้ในการ back up ช่องสัญญาณ และเป็นการติดตั้งที่ลงทุนต่ำ นอกจากนี้ ยังมีการนำ PLC ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ มาใช้ในการอ่านหน่วยของมาตรวัดไฟฟ้า ที่เรียกว่า Automatic Meter Reading – AMR อีกด้วย

---

[2] HV (115 kV ~ 500 kV) ซึ่งเป็นสายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เชื่อมต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ไปยังส่วนต่าง ๆ ของประเทศไทย และรวมทั้งการเชื่อมโยงสายส่งกับประเทศเพื่อนบ้านด้วย

- **ใช้ในการส่งกระจายเสียง**

ได้มีการนำเทคโนโลยี PLC มาใช้ในกิจการกระจายเสียงผ่านสายไฟฟ้า หรือสายโทรศัพท์ เช่นในประเทศเยอรมัน และสวิตเซอร์แลนด์ มีการส่งกระจายเสียงวิทยุโดยใช้สายโทรศัพท์ และในประเทศสหรัฐอเมริกาและรัสเซีย มีการส่งกระจายเสียงโดยใช้เทคโนโลยี PLC ผ่านสายไฟฟ้ามาเป็นเวลานาน ตัวอย่างของรายการกระจายเสียงโดยใช้เทคโนโลยี PLC ในสวิตเซอร์แลนด์ ซึ่งเรียกกันว่า “wire broadcasting” ใช้ความถี่ดังนี้

- 175 kHz Swiss Radio International
- 241 kHz “Classical music”
- 274 kHz RSI 1 “rete UN” (Italian)
- 340 kHz “Easy music”

- **ใช้เป็น Internet access**

เป็นการนำมาใช้งานเพื่อเข้าถึงโครงข่าย Internet ความเร็วสูง หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า Broadband over powerline (BPL) ที่ให้บริการด้านโทรคมนาคม เช่น VoIP และการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียเพื่อความบันเทิง เช่น ดูหนัง ฟังเพลง เล่นเกม รวมถึงการเชื่อมต่อกับกล้องวีดิโอ เพื่อเฝ้าระวังความปลอดภัยในบ้านเรือน หรือสำนักงาน เป็นต้น โดยใช้ BPL modem เสียบที่เต้าเสียบไฟฟ้า แล้วนำอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ มาต่อผ่าน BPL modem ก็สามารถใช้งานได้

เทคโนโลยี Narrowband PLC

เทคโนโลยี PLC ในลักษณะที่เป็น narrowband นั้น มีใช้งานมาค่อนข้างนานแล้ว โดยเฉพาะในประเทศอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั้งในยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น แต่ในประเทศไทยยังมีใช้งานไม่แพร่หลายมากนัก และจนถึงขณะนี้ ยังไม่ได้มีการกำกับดูแลการใช้งาน หรือการกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคแต่อย่างใด

ระบบสื่อสัญญาณที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC นั้น เริ่มต้นมาจากการใช้งานภายในหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าที่มักใช้เทคโนโลยีการส่งสัญญาณในลักษณะดังกล่าวสำหรับการอ่านหน่วยของมาตรวัดไฟฟ้า (AMR) หรือระบบการส่งข้อมูลควบคุมและโทรมาตร (SCADA) โดยมีช่วงความถี่ที่ใช้งานแตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไป จะอยู่ในย่านที่ต่ำกว่า 1 MHz

ในเอกสารนี้ จะไม่นำเทคโนโลยี narrowband PLC ที่ใช้งานสำหรับกิจการภายในของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าเองมาพิจารณา เนื่องจากไม่อยู่ภายใต้อำนาจการกำกับดูแลของ กทช. เว้นแต่ในกรณีที่มีการรบกวนเกิดขึ้นกับข่ายสื่อสารอื่นที่ได้รับอนุญาตโดยถูกต้องจาก กทช.

เทคโนโลยี narrowband PLC อีกส่วนหนึ่งนั้น ได้นำมาประยุกต์ใช้งานในเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีอุปกรณ์อยู่หลายหลายรูปแบบ แต่ส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานในลักษณะของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศภายในบ้าน (home control) เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในบ้าน การรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน หรือเครื่องติดต่อภายใน (อินเตอร์คอม) ซึ่งสามารถใช้เทคโนโลยี PLC ได้โดยไม่ต้องเดินสายควบคุมใหม่ สามารถเสียบกับเต้ารับไฟฟ้าได้เลย

การทำงานของอุปกรณ์นี้จะป้อนสัญญาณคลื่นพาห์ (carrier wave) ที่ความถี่ที่ระบุเข้าไปในสายไฟฟ้าผ่านเครื่องส่ง และจะทำการผสมสัญญาณดิจิตอลไปด้วย ส่วนที่เครื่องรับแต่ละเครื่องในระบบ จะมีการระบุที่อยู่ (address) ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยสัญญาณที่ส่งมา และเครื่องรับจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้รับมาเป็นคำสั่งเพื่อควบคุมอุปกรณ์อีกครั้งหนึ่ง

อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC ในแบบนี้ มีผลิตภัณฑ์จำหน่ายในตลาดอยู่ทั่วไป มีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย และมีรายละเอียดทางเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะในส่วนของความถี่ที่แพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

ผลิตภัณฑ์	ช่วงความถี่ที่ใช้	กลุ่มประเทศ
A	< 2 MHz	อเมริกาเหนือ
B	3 kHz – 148.5 kHz	ยุโรป
C	10 kHz – 450 kHz	ญี่ปุ่น
D	3 kHz – 525 kHz	ออสเตรเลีย

บางประเทศถือว่าระบบสื่อสัญญาณที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อีกทั้งช่วงความถี่ของการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อยู่ในช่วงที่มีข่ายสื่อสารอื่นใช้งานน้อย โอกาสเกิดการรบกวนทางวิทยุจึงน้อยตามไปด้วย ดังนั้น จึงไม่ได้กำกับดูแลในทางโทรคมนาคมแต่อย่างใด

หรือหากมีการกำกับดูแล ก็จะกำกับเฉพาะในส่วนของมาตรฐานด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า หรือทางการรบกวนทางวิทยุเท่านั้น

ตัวอย่างอุปกรณ์ Narrowabnd PLC ที่มีวางขายในท้องตลาด สามารถดูได้ที่ www.x10.com หรือ CEbus (ANSI/TIA 600.31-97)

รูปที่ 1-1 ตัวอย่างอุปกรณ์ Narrowband PLC

ลักษณะทางเทคนิคของระบบ BPL [2]

อุปกรณ์ที่ใช้งานในลักษณะนี้ จะส่งสัญญาณที่ความถี่ในช่วง 1.6 – 30 MHz (อุปกรณ์บางยี่ห้ออาจสูงถึง 80 MHz) และมีอัตราการรับ-ส่งข้อมูลแบบอสมมาตร (asymmetry) ตั้งแต่ 256 kbps จนถึง 2.7 Mbps โดยที่อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (repeater) อาจมีความเร็วสูงถึง 40 Mbps และสามารถต่อโมเด็มได้ถึง 256 จุด ส่วนที่สถานีจ่ายไฟแรงปานกลาง (MV substation) มีความเร็วที่เชื่อมต่อกับโครงข่าย Internet อยู่ที่ 135 Mbps ผู้ให้บริการอาจใช้เทคโนโลยีนี้ร่วมกับโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) หรือโครงข่ายไร้สายอื่นๆ เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตได้

โดยทั่วไปแล้ว จะแบ่งอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ BPL เป็นสองส่วน คือ อุปกรณ์ส่วนที่รับส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำซึ่งอยู่ภายในอาคารบ้านเรือน (In-building BPL) ที่อยู่ภายหลังมาตรวัดไฟฟ้าแล้วและไม่ได้อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า และส่วนที่รับส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าแรงปานกลางหรือแรงต่ำซึ่งอยู่ภายนอกอาคารบ้านเรือน (Access BPL) ซึ่งมักเป็นส่วนที่อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

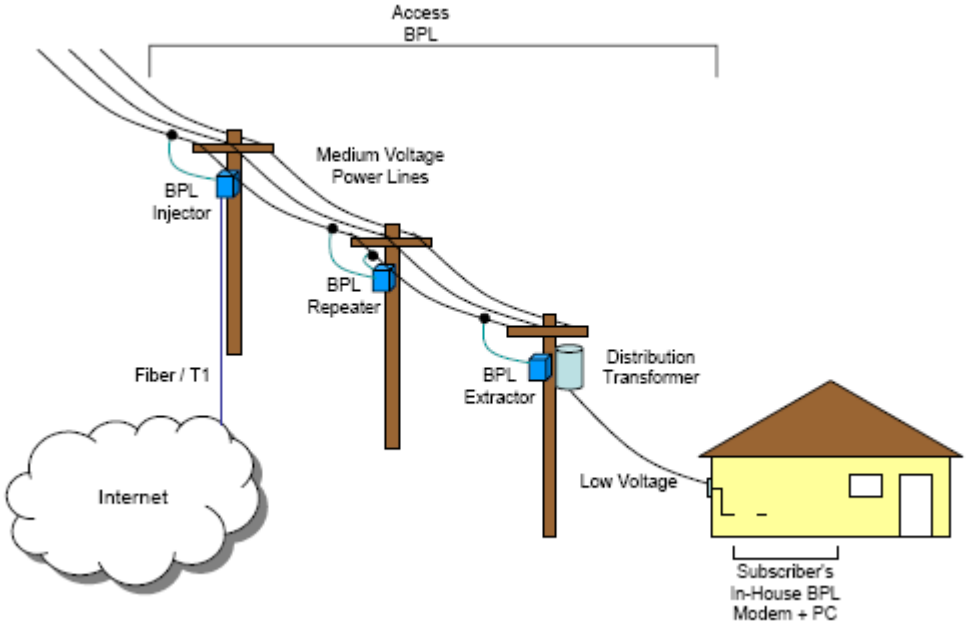
อุปกรณ์ที่ใช้ในลักษณะ In-building BPL มักจะเป็น BPL modem หรืออุปกรณ์ในส่วนของผู้ใช้บริการ (Customer Premises Equipment: CPE) เท่านั้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในลักษณะ Access BPL ประกอบด้วย injector, repeater และ extractor

อุปกรณ์ injector (หรือ concentrator) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง เข้ากับสายไฟฟ้าแรงปานกลาง (Medium Voltage) เพื่อส่งสัญญาณในการให้บริการ BPL ซึ่งสายไฟฟ้าแรงปานกลางนี้อาจจะแขวนอยู่เหนือศีรษะหรือเป็นท่อลอดใต้พื้นดิน สำหรับสายไฟฟ้าที่อยู่เหนือศีรษะ โดยทั่วไปจะอยู่สูงกว่าพื้นดินประมาณ 10 เมตร สายส่งไฟฟ้าที่เป็นวงจรจ่ายไฟฟ้าแรงปานกลางจากสถานีย่อย (substation) จะเป็นสายส่งไฟฟ้าสามเฟส โดยมีลักษณะการจัดวางสายหลายลักษณะ เช่น แนวนอน แนวตั้ง หรือรูปสามเหลี่ยม เป็นต้น โดยจ่ายไฟต่อไปยังลูกค้าทั้งในแบบเฟสเดียวหรือหลายเฟสก็ได้ โดยทั่วไปแล้ว สายตัวนำ neutral ที่ต่อลงดินไว้ (ground) ไว้จะวางอยู่ใต้สายตัวนำมีเฟส และเชื่อมระหว่างหม้อแปลงจ่ายไฟฟ้า (distribution transformer) ที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าแรงต่ำไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้ อาจป้อนสัญญาณ BPL เข้าสู่สายไฟฟ้าแรงปานกลางได้หลายรูปแบบ เช่น ป้อนเข้าสายไฟฟ้ามีเฟสสองเส้น หรือสายไฟฟ้ามีเฟสสายหนึ่งกับสายดิน หรือป้อนเข้าสายไฟฟ้ามีเฟส หรือสายดินเพียงอย่างเดียวก็ได้

อุปกรณ์ extractor เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่างสายไฟฟ้าแรงปานกลางกับที่พักอาศัย เพื่อให้บริการ BPL ซึ่งปกติจะติดตั้งอยู่กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าแรงต่ำเพื่อส่งสัญญาณไปยังบ้านโดยตรงผ่านสายไฟฟ้า extractor บางตัวสามารถที่จะเพิ่มระดับสัญญาณ BPL ให้เพียงพอสำหรับการส่งต่อไปให้สายไฟฟ้าแรงต่ำได้ และบางประเภทสามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (repeater) ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่ไม่ใช่อุปกรณ์จำพวก BPL เช่น Wi-Fi ™ เป็นต้น ซึ่งเป็นการขยายโครงข่ายไปยังผู้ใช้บริการ

เนื่องจากสายไฟฟ้าแรงปานกลางที่มีระยะทางยาว ๆ ทำให้สัญญาณลดทอนหรือผิดเพี้ยน จึงจำเป็นต้องใช้ BPL repeater เพื่อเพิ่มระดับความแรงของสัญญาณให้เหมาะสมกับการใช้งาน



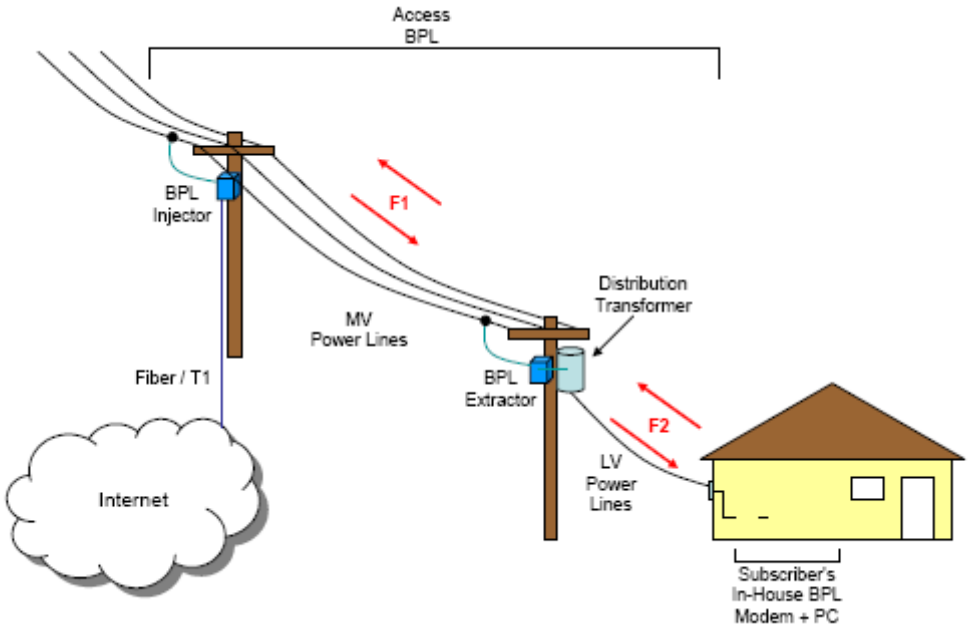
รูปที่ 1-2 แสดงการติดตั้งระบบ BPL กับระบบนำจ่ายไฟฟ้า

ระบบ BPL สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะการใช้งานได้ดังต่อไปนี้

ประเภทที่หนึ่ง

ระบบ BPL ประเภทแรก ใช้เทคนิคการผสมสัญญาณแบบ Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) เพื่อกระจายสัญญาณ BPL ใช้แถบความถี่ที่กว้างโดยการใช้คลื่นพาห์ย่อย ๆ เป็นจำนวนมาก โดยมีอุปกรณ์ BPL injector ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจาก Internet backbone ให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณ BPL (OFDM) ส่งผ่านไปยังสายไฟฟ้าแรงปานกลาง และในทางกลับกัน ก็จะแปลงข้อมูลจาก BPL ไปเป็นข้อมูลที่ส่งต่อเข้า Internet backbone ทั้งนี้ จะเชื่อมต่อเข้ากับสายส่งไฟฟ้าเพียงเฟสเดียว

อุปกรณ์ extractor จะทำหน้าที่เชื่อมต่อการส่งข้อมูลสองทางจากสายไฟฟ้าแรงดันต่ำไปยังบ้านผู้ใช้บริการ โดยไม่ผ่านหม้อแปลงจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ เป็นการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายในส่วน In-house BPL เข้ากับส่วน Access BPL ดังนั้น ผู้ใช้บริการจึงสามารถใช้บริการ BPL ได้โดยมีอุปกรณ์ปลายทาง หรือ BPL modem โครงข่ายในลักษณะนี้ อาจจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ repeater ทำหน้าที่ขยายสัญญาณระหว่าง injector และ extractor ให้มีระดับสัญญาณที่สูงขึ้น เพื่อให้สามารถให้บริการได้ระยะทางไกลขึ้น

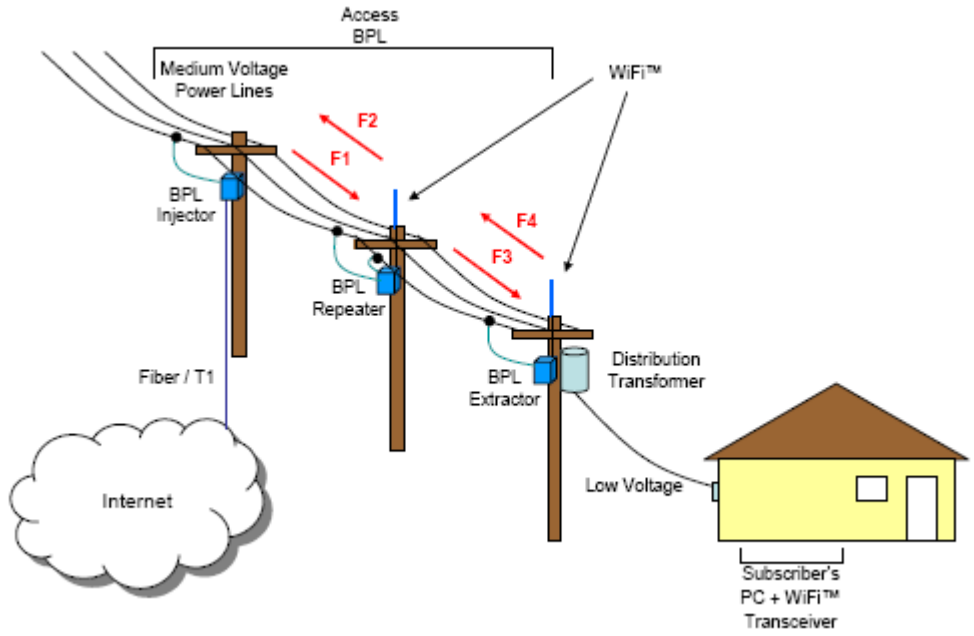


รูปที่ 1-3 แสดงระบบ BPL ประเภทที่หนึ่ง

จากที่แสดงไว้ในรูป 1-3 อุปกรณ์ injector และอุปกรณ์ extractor จะใช้ช่วงความถี่เดียวกัน (F1) ในสายส่งไฟฟ้าแรงปานกลาง ซึ่งจะแตกต่างจากช่วงความถี่ (F2) ที่ใช้สำหรับสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับอุปกรณ์ใช้ภายในอาคาร (In-house BPL device) และใช้หลักการ Carrier Sense Multiple Access (CSMA) ร่วมกับ Collision Avoidance (CA) ในการยืนยันช่องใช้งาน เพื่อลดการรบกวนกันระหว่างระบบ เนื่องจากระบบนี้ยอมรับการรบกวนที่เกิดจากการใช้งานช่องเดียวกันในระดับหนึ่ง และใช้สายส่งไฟฟ้าแรงปานกลางเพียงเฟสเดียวต่อระบบ ดังนั้น อาจมีได้สองถึงสามระบบในสาย MV ของระบบนำจ่ายเดียวกัน

ประเภทที่สอง

ระบบ BPL ประเภทที่สอง ใช้วิธีการมอดูเลต OFDM แต่ต่างจากระบบแรกในส่วนของการส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้บริการ โดยระบบนี้จะใช้อุปกรณ์ extractor เพื่อรับสัญญาณจากสายส่งไฟฟ้าแรงปานกลางแล้วแปลงเป็นการส่งข้อมูลไร้สายไปยังผู้ใช้บริการ โดยใช้อุปกรณ์ IEEE 802.11b Wi-Fi™ (ระบบ BPL ประเภทแรก ใช้วิธีการส่งสัญญาณไปยังผู้ใช้บริการผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ) ซึ่งอุปกรณ์ปลายทางอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์พกพาส่วนตัวก็ได้ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้แทนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ



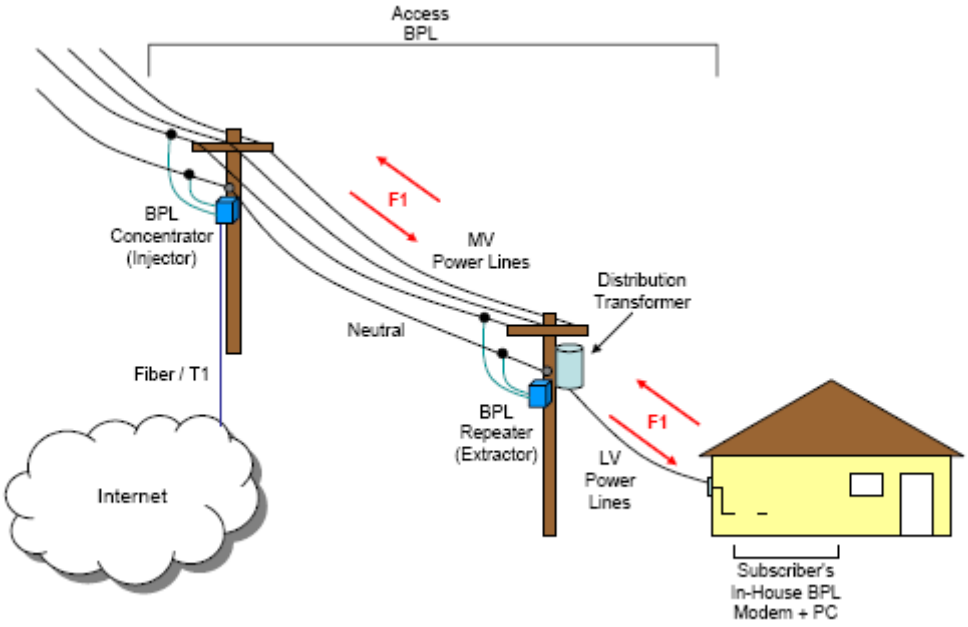
รูปที่ 1-4 แสดงระบบ BPL ประเภทที่สอง

ระบบนี้ใช้ช่วงความถี่ที่แตกต่างกันทั้งทางด้านจากผู้ใช้ (upstream) และไปยังผู้ใช้ (downstream) สัญญาณรบกวนจากการใช้ช่วงความถี่เดียวกันจะต้องอยู่ในระดับที่ต่ำ และต้องมีอุปกรณ์ repeater เพื่อเพิ่มระยะทางระหว่าง injector กับ extractor และอุปกรณ์ BPL repeater ต้องใช้ช่วงความถี่ในการส่งและรับที่แตกต่างกัน และอุปกรณ์ BPL repeater ที่อยู่ใกล้เคียงกันจะต้องใช้ช่วงความถี่ที่แตกต่างกัน และต้องแตกต่างจาก injector ด้วย อีกทั้ง ในบางครั้ง อาจจะต้องทำงานในลักษณะของ extractor ได้ด้วย เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลไร้สาย Wi-Fi™ ในระบบนี้ จะป้อนสัญญาณเข้าไปในสายส่งไฟฟ้าแรงปานกลางเพียงเฟสเดียวเท่านั้น

ประเภทที่สาม

ระบบ BPL ประเภทที่สาม ใช้เทคนิค Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) ส่งสัญญาณผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงปานกลางไปยังผู้ใช้บริการ โดยผู้ใช้บริการในแต่ละจุดให้บริการ (BPL cell) จะใช้ช่วงความถี่เดียวกัน และใช้เทคนิค Carrier Sense Multiple Access (CSMA) ในการเลือกใช้ช่องความถี่เหมือนกับระบบ BPL ประเภทแรก ซึ่งยอมรับการรบกวนช่องใช้งานเดียวกันได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละตัวในระบบจะใช้ช่วงความถี่เดียวกันในการรับส่งข้อมูล ทั้งนี้ ระบบนี้จะใช้สายส่งไฟฟ้าแรงปานกลาง 2 สาย (สายเฟสและสาย neutral) ในการรับส่งข้อมูล

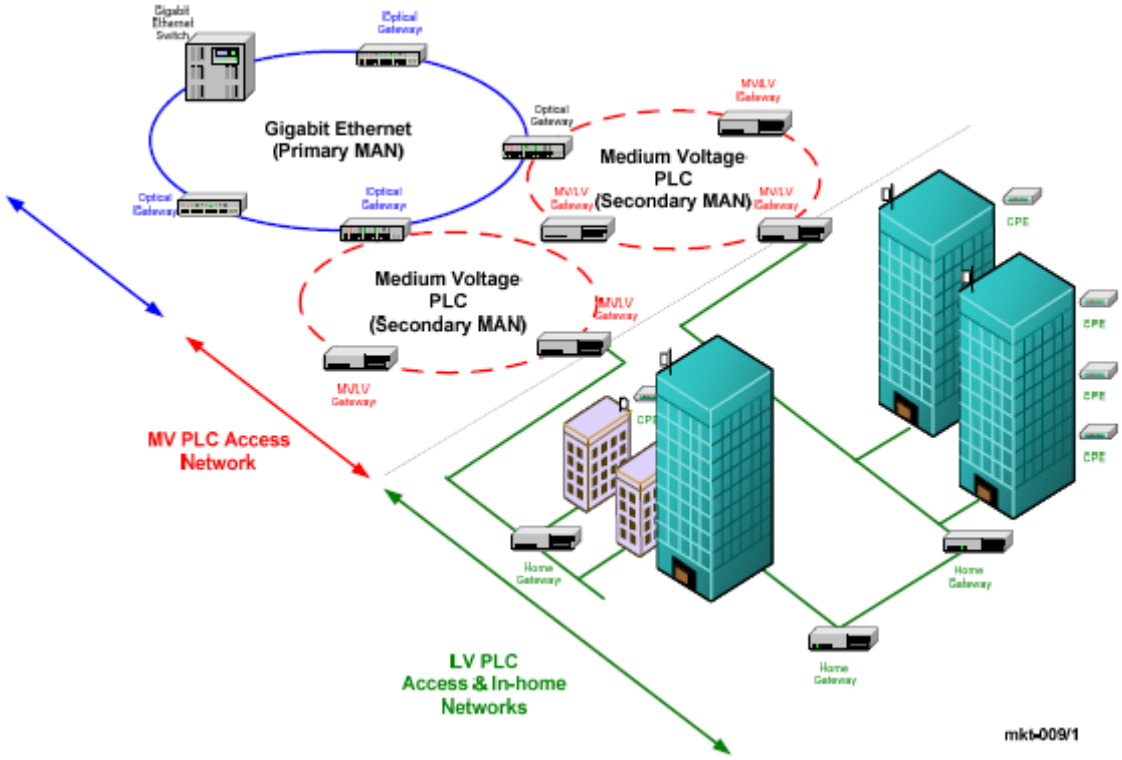
ในระบบนี้ จุดให้บริการแต่ละจุดจะประกอบด้วย injector ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับ Internet backbone และใช้ repeater (extractor) ในการเพิ่มระดับของของสัญญาให้เพียงพอต่อการกระจายข้อมูลไปยังที่พักอาศัย ซึ่งต่อผ่าน BPl modem ทั้งนี้ อาจมีการเหลื่อมล้ำกันของสัญญาณระหว่างจุดให้บริการแต่ละจุดบ้าง แต่ injector และ repeater จะเลือกช่องทางการส่งสัญญาณที่ดีที่สุดในการส่งสัญญาณแต่ละครั้ง



รูปที่ 1-5 แสดงระบบ BPL ประเภทที่สาม

สถาปัตยกรรมโครงข่ายของระบบ BPL [3]

โครงข่ายที่ใช้ประกอบการให้บริการ BPL จะประกอบด้วยโครงข่าย 3 ส่วน คือ 1) โครงข่ายส่วนเชื่อมต่อกับโครงข่ายหลัก (backhaul) ซึ่งมักเป็นโครงข่ายเคเบิลใยแก้วนำแสง และอยู่ในความรับผิดชอบของผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมที่ให้บริการโครงข่าย 2) โครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า MV และ 3) โครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV ซึ่งรวมถึงอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่บ้านหรืออาคารของผู้ใช้บริการ (CPE) ด้วย ดังแสดงในรูป



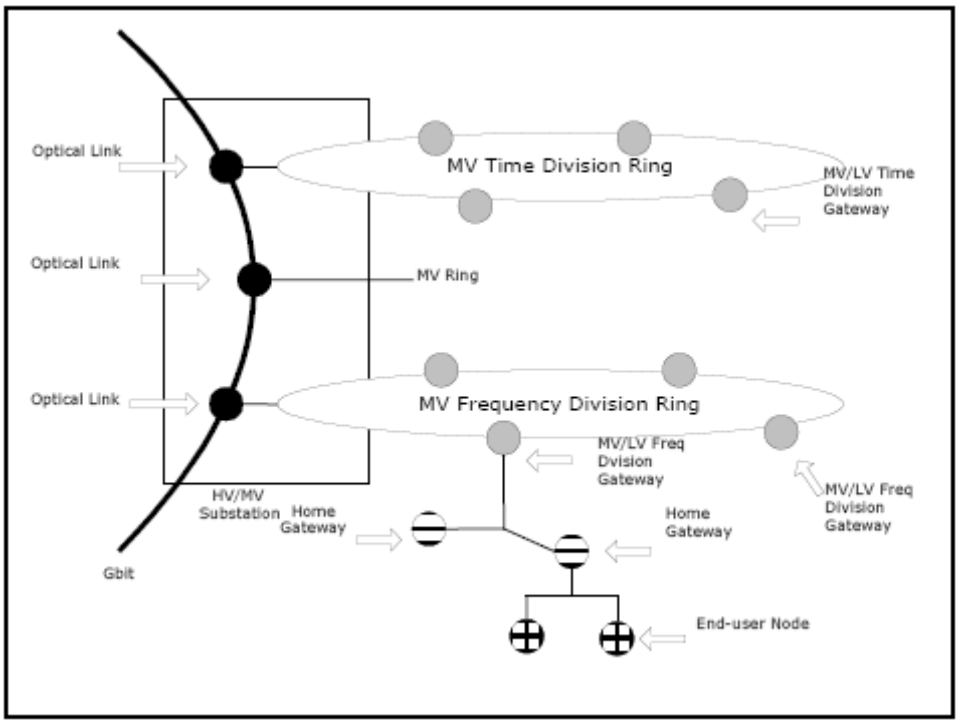
รูปที่ 1-6 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่าย BPL

โครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า MV

โครงข่าย BPL ส่วนนี้ มักใช้สถาปัตยกรรมแบบวงรอบ (ring topology) ดังแสดงไว้ในรูป 1-6 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างโครงข่าย backhaul กับโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV ซึ่งอาจใช้การผสมสัญญาณแบบแบ่งความถี่ (frequency division) หรือการผสมสัญญาณแบบแบ่งเวลา (time division) ก็ได้ แต่ละ node ของวง จะเชื่อมต่อกับโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV

การแบ่งสัญญาณแบบความถี่จะใช้ได้ดี ในกรณีที่มีการรบกวนกันระหว่างโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า MV กับ LV โดยเลือกใช้ช่วงความถี่ที่แตกต่างกัน ก็จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว (และยังใช้ได้กับโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV จำนวนหลายโครงข่ายได้ด้วย)

การแบ่งสัญญาณแบบแบ่งเวลา กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า และติดตั้งได้ง่ายกว่า แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของ latency และ throughput

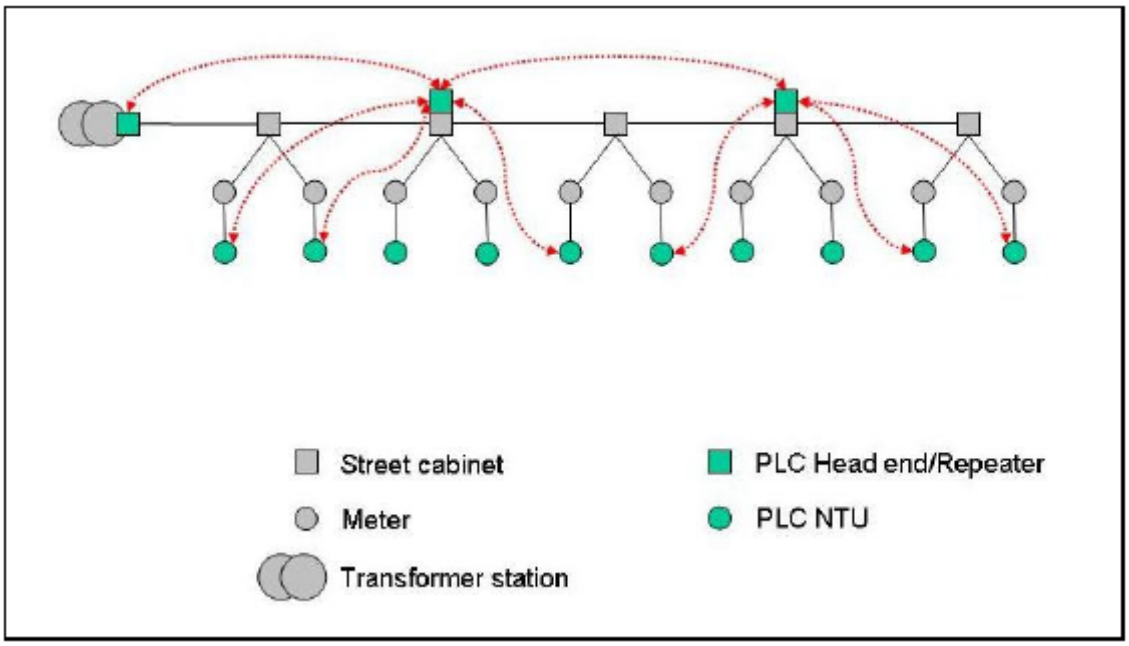


รูปที่ 1-7 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า MV

โครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV

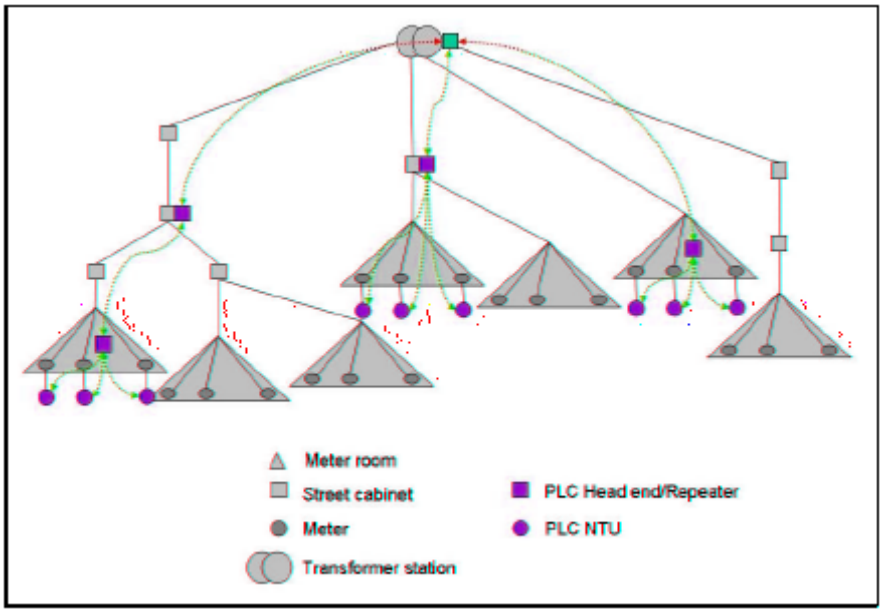
โครงข่าย BPL ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้บริการโดยตรง ดังนั้น สถาปัตยกรรมโครงข่ายจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่าง ๆ เป็นต้นว่า สถานที่ตั้งโครงข่าย (อาคารสูง บ้านเรือน นิคมอุตสาหกรรม) ความหนาแน่นของผู้ใช้บริการ ระยะทางของโครงข่าย และการออกแบบโครงข่ายว่าประกอบด้วยโครงข่ายย่อยมากน้อยแค่ไหน

1) ตัวอย่างโครงข่ายที่ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้บริการไม่หนาแน่น (เช่น พื้นที่ชานเมือง ที่มีบ้านเดี่ยว) แสดงไว้ในรูปที่ 1-8 ซึ่งในกรณีดังกล่าว มักติดตั้ง head end ไว้ที่สถานีหม้อแปลงไฟฟ้า และระยะห่างระหว่าง head end กับอุปกรณ์ทวนสัญญาณ หรือระหว่างอุปกรณ์ทวนสัญญาณด้วยกัน ไม่ควรเกิน 100 เมตร

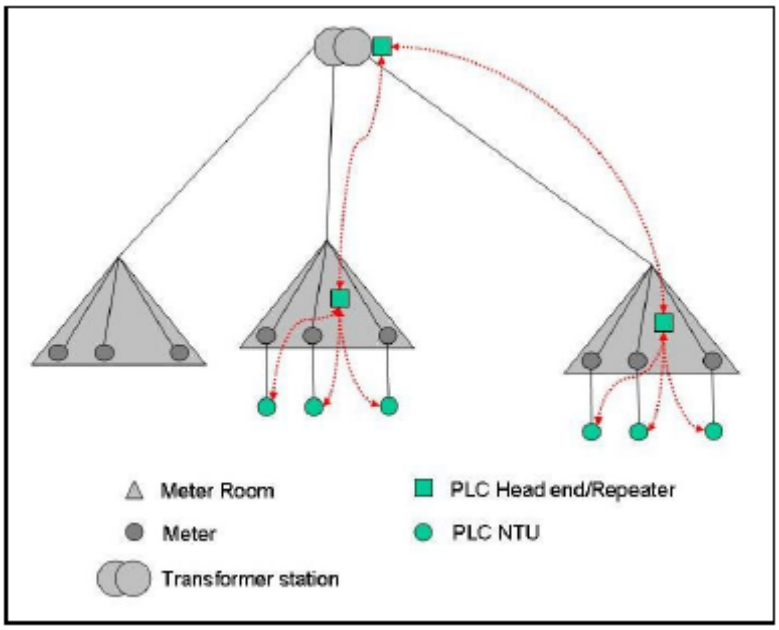


รูปที่ 1-8 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV

2) ตัวอย่างโครงข่ายที่ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้บริการหนาแน่น เป็นอาคาร โดยมาตรวัดไฟฟ้าจะอยู่รวมกันในห้องวางมาตรวัดไฟฟ้า ซึ่งต่อเข้าโดยตรงกับหม้อแปลงนำจ่ายไฟฟ้า ทั้งนี้ หากสายส่งไฟฟ้าต่อตรงกับห้องวางมาตรวัดไฟฟ้าที่เดียว ก็ใช้ star topology (ดังแสดงในรูปที่ 1-9) แต่หากมีห้องวางมาตรวัดไฟฟ้าหลายห้อง ก็ต้องใช้ tree topology (ดังแสดงในรูปที่ 1-10)

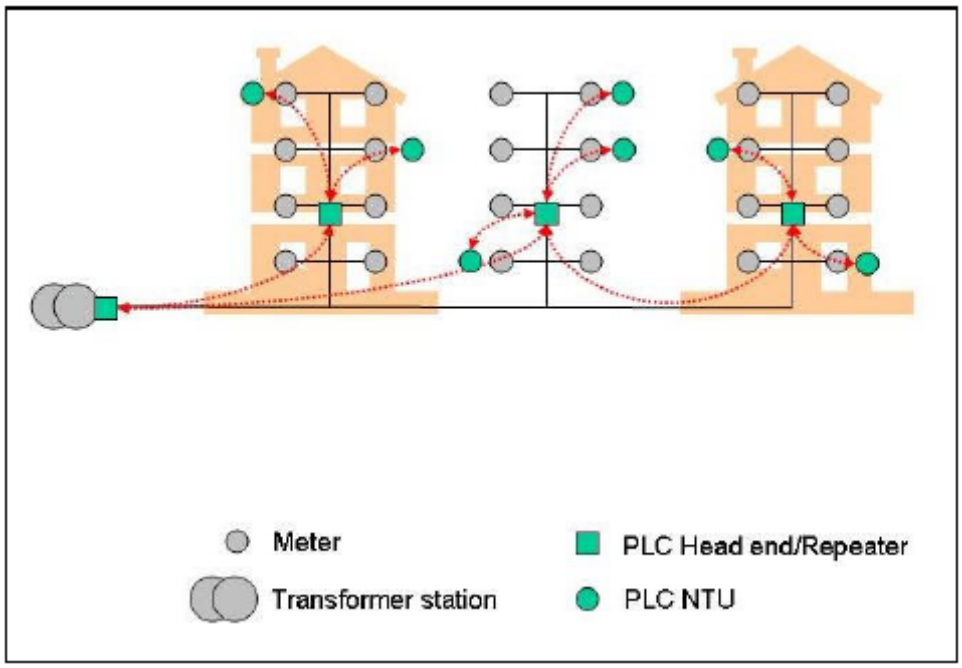


รูปที่ 1-9 star topology



รูปที่ 1-10 tree topology

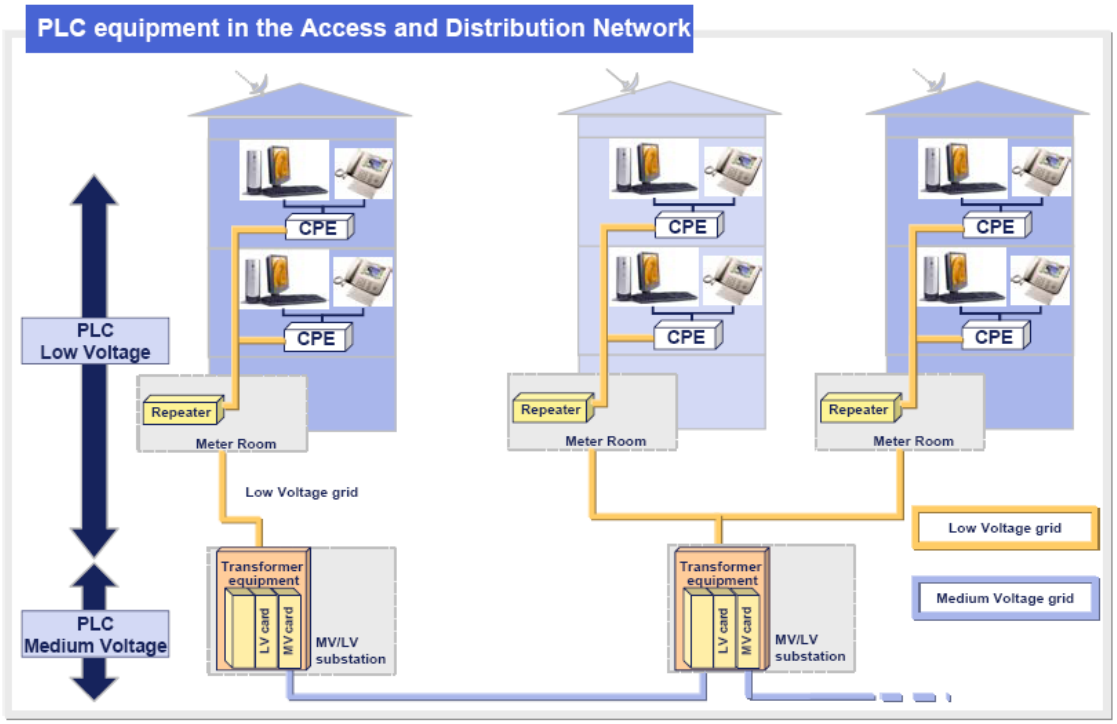
3) ตัวอย่างโครงข่ายที่ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้บริการหนาแน่น เป็นอาคารสูงที่มีมาตรวัดไฟฟ้าติดตั้งแยกออกจากกัน (อาจมีติดตั้งทุกชั้น) ซึ่งในกรณีนี้ มักติดตั้ง head end ไว้ที่สถานีหม้อแปลงไฟฟ้า และติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณภายในแต่ละอาคาร



รูปที่ 1-11 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่าย BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า LV

BPL Equipment

อุปกรณ์หลักที่สำคัญของ BPL ในส่วนที่ใช้สายไฟฟ้า MV และสายไฟฟ้า LV ประกอบด้วย อุปกรณ์สำหรับลูกค้า (Customer Promise Equipment: CPE), Repeater และ Transformer Equipment (TE)



รูปที่ 1-12 PLC Equipment in the Access and Distribution Network

Modem or Customer Premise Equipment (CPE)

CPE หรือ modem เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่พักอาศัยของผู้ใช้บริการ โดยการเสียบเข้ากับเต้าเสียบไฟฟ้า ซึ่ง CPE จะรับทั้งสัญญาณและพลังงานไฟฟ้า CPE จะแยกเสียงและข้อมูลออกจากกันขึ้นอยู่กับการใช้งานของผู้ใช้บริการ เช่น การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์ และมี CPE หลายประเภทที่ใช้เฉพาะการใช้อินเทอร์เน็ต เท่านั้น บางชนิดใช้อินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์ด้วยกัน และบางประเภทใช้เฉพาะเสียง เท่านั้น นอกจากนี้อาจมีการรวมฟังก์ชันต่าง ๆ เข้าไป เช่น การรวม Wi-Fi™ ไว้ใน CPE นั้นด้วย

รูปที่ 1-13 ตัวอย่างของอุปกรณ์ CPEs

Repeater or Intermediate Equipment

เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มระดับสัญญาณจากหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำก่อนส่งไปยังผู้ใช้บริการ (มีระยะทางสูงสุด 300 เมตร) ปกติจะติดตั้งใกล้กับมาตรวัดไฟฟ้าหรือที่ใดที่หนึ่งระหว่างสายส่งไฟฟ้ากับที่พักอาศัยของผู้ใช้บริการ บางครั้งใช้สำหรับการขยายพื้นที่การให้บริการให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้นด้วย

รูปที่ 1-14 ตัวอย่างของอุปกรณ์ทวนสัญญาณ ที่ติดตั้งในห้องมาตรวัดไฟฟ้า (ล่าง)และ ตู้ข้างถนน (บน)

Transformer Equipment (TE)

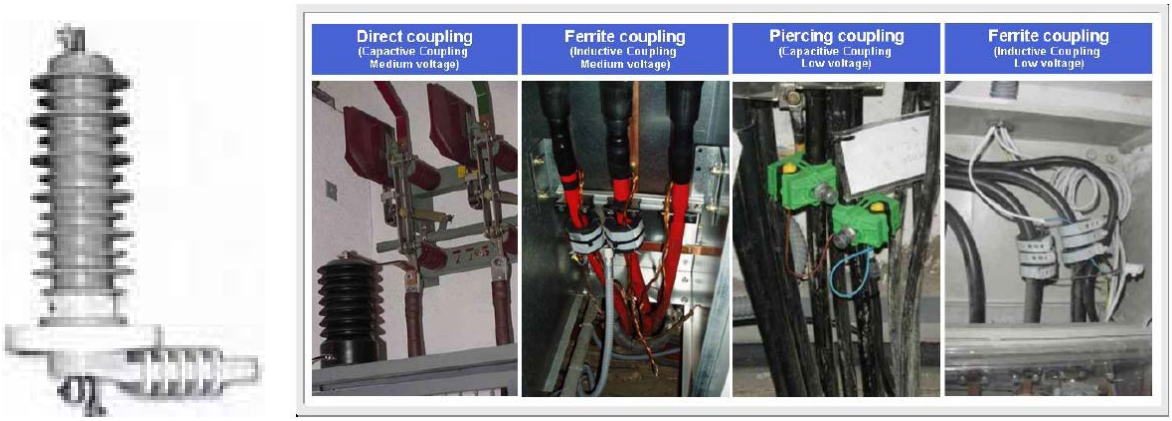
อุปกรณ์ TE ติดตั้งที่หม้อแปลงนำจ่ายไฟฟ้าย่อย เพื่อกระจายสัญญาณจากโครงข่าย BPL ที่เชื่อมต่อสายส่งไฟฟ้าแรงปานกลาง เป็นอุปกรณ์ในส่วนของ extractor หรืออาจรวมฟังก์ชันการทำงานอยู่ใน repeater ด้วยก็ได้

รูปที่ 1-15 Transformer Equipment

Accessory Equipment: Coupling Unit

Coupling Unit เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้อนสัญญาณจากอุปกรณ์ BPL เข้าไปยังสายส่งไฟฟ้า (MV and LV) ซึ่งมี 2 ประเภทด้วยกัน

- Capacitive coupling ทำหน้าที่ป้อนสัญญาณเข้าสู่สายส่งไฟฟ้าโดยตรง
- Inductive coupling ป้อนสัญญาณเข้าสู่สายส่งไฟฟ้าด้วยการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (inductive)



รูปที่ 1-16 แสดงอุปกรณ์ coupling ลักษณะต่าง ๆ

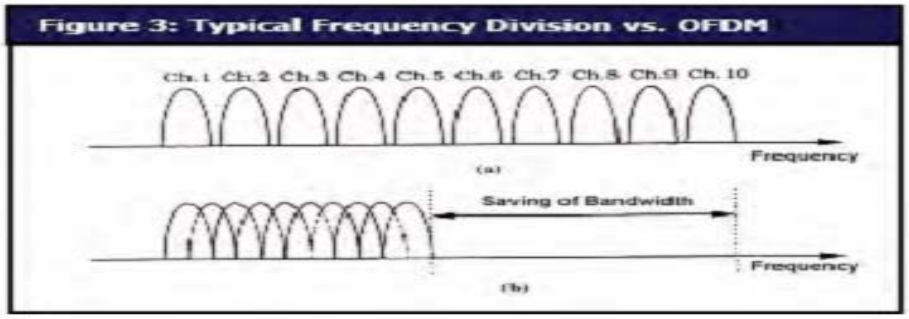
ข้อมูลคุณสมบัติทางเทคนิคอื่น [4,5]

คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. ได้รับข้อมูลคุณสมบัติและรายละเอียดทางเทคนิคของอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี BPL จากผู้ผลิตอุปกรณ์บางส่วน ซึ่งเห็นสมควรหยิบยกมาแสดงไว้ในเอกสารนี้ด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลคุณสมบัติและรายละเอียดดังกล่าว ไม่ได้เป็นตัวแทนหรือใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันของผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี BPL ทุกราย

การมอดูเลต (Modulation)

วิธีการมอดูเลตที่ใช้เป็นการมอดูเลต OFDM ซึ่งนิยมกับการสื่อสารประเภทอื่น ๆ ด้วย เช่น ADSL, VDSL, และ IEEE 802.11 เป็นต้น

การมอดูเลตสัญญาณผ่านช่องสัญญาณของ BPL มีหลากหลายวิธี แต่หลังจากทำการวัดและทดสอบแล้ว การมอดูเลตแบบ OFDM เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถป้องกันการรบกวนและให้มีประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าสูงสุด จึงได้นำวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์ในยุคแรก ๆ และคุณสมบัติที่สำคัญ OFDM สามารถใช้งานได้ดีเมื่อมีการจางหายของสัญญาณ และการใช้เวลาการกระจายสัญญาณที่กว้าง ซึ่งมีความสำคัญมากในกรณีการใช้คลื่นพาห์หลาย ๆ คลื่นพาห์หรือคลื่นพาห์หลาย ๆ คลื่นในการติดต่อสื่อสาร เป็นวิธีการที่นำมาใช้ทั้งในการมอดูเลตและการมัลติเพล็กสัญญาณ ที่มีคลื่นพาห์ย่อยมากกว่าหนึ่งพันคลื่นพาห์ มีการใช้งานค่อนข้างยืดหยุ่นไม่คำนึงถึงการรบกวนที่เกิดจากช่องสัญญาณอื่น จึงเป็นการมอดูเลตที่มีการป้องกันการรบกวนและทำให้ระบบมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น



โดยทั่วไป FDM จะแบ่งช่วงความถี่ออกเป็นช่องสัญญาณจำนวน N ช่อง ที่ไม่ซ้อนทับกัน จึงทำให้ไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน แต่มีข้อเสียในการใช้คลื่นความถี่ไม่เต็มประสิทธิภาพ ในขณะที่ OFDM ใช้ช่องความถี่ที่มีการซ้อนทับกัน และตั้งฉากกับคลื่นความถี่อื่นและมีช่องว่างระหว่างคลื่นความถี่ 1/T จำนวนรอบคลื่นทั้งหมดของแต่ละสัญลักษณ์ที่มีช่วงคลื่น T

ข้อดีของการผสมสัญญาณแบบ OFDM

- สามารถใช้งานได้ดีเมื่อมีการจางหายของคลื่นสัญญาณ (mutipath fading) ด้วยเวลาการแพร่กระจายคลื่นที่กว้าง
- ความเร็วของข้อมูลในแต่ละคลื่นพาห์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ของแต่ละคลื่นพาห์)
- การรบกวนมีผลกระทบต่อคลื่นพาห์บางช่วงเท่านั้น ทำให้มีความน่าเชื่อถือของระบบสูง

Power Levels

ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (Power Spectral Density: PSD) ของสัญญาณที่ส่งออกไป มีรูปร่างและความเข้มของสัญญาณ ดังนี้

- PSD: <= -50 dBm/Hz
- Dynamic Range: Up to 90 dB
- Minimum required received power level: -70 dBm (assuming no background noise)

ระดับความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังข้างต้น เป็นช่วงที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของระดับสัญญาณที่รับได้ และการออกแบบระบบ

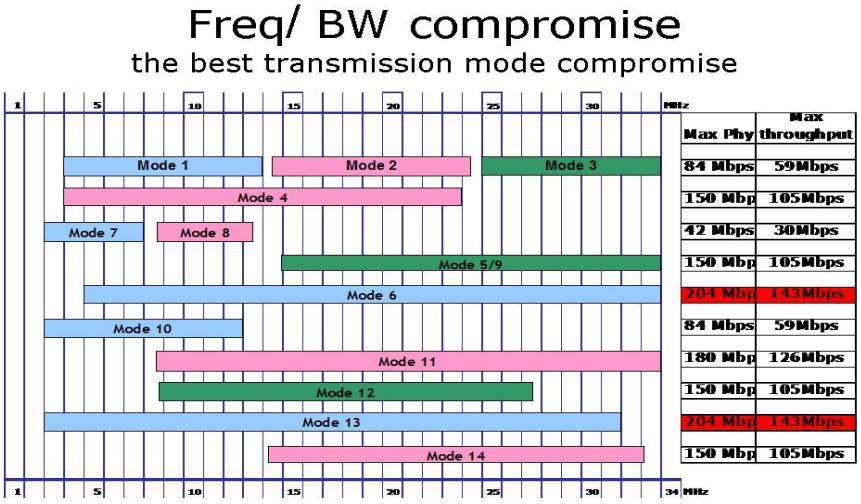
ค่าของ PSD สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการปรับระดับการกรองขจัดสัญญาณ (notching) ให้มีความลึกมากขึ้น โดยสามารถปรับได้ถึง 30 dB ขึ้นอยู่กับการกำหนดของหน่วยงานกำกับดูแล การปรับ Notch ให้มีค่ามากถึง 40 dB เป็นสิ่งที่สามารถทำได้ แต่ถ้าหากเกินกว่า 32 dB ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

Throughputs

อุปกรณ์ BPL โดยทั่วไปจะใช้ความกว้างแถบความถี่ใช้งาน ประกอบด้วย 10, 20 and 30 MHz

Default Configuration			
Mode	**Bandwidth (MHz)**	**From (MHz)**	**To (MHz)**
1	**10**	**3**	**13**
2	**10**	**13.5**	**23.5**
3	**10**	**24**	**34**
4	**20**	**3**	**23**
5	**20**	**14**	**34**
6	**30**	**4**	**34**

ทั้งนี้ อุปกรณ์ BPL บางระบบ จะมีความสามารถในการเลือก bandwidth ที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดได้ด้วย ดังแสดงในรูป



Performance

สมรรถนะ (performance) ของระบบขึ้นอยู่กับการลดทอนของช่องสัญญาณหรือสัญญาณรบกวน และยากในการที่จะหาสูตรในการคำนวณ ตัวอย่างของการวัดสมรรถนะภายในห้องทดสอบ ที่ PSD = –50 dBm/Hz for the 10 MHz mode and –56 dBm/Hz for the 20 and 30 MHz modes แสดงให้เห็นในตาราง

Performance vs Attenuation		
Attenuation	**Throughput (Mbps)**	**Bandwidth (MHz)**
40	**44**	**10**
	62	**20**
60	**30**	**10**
	35	**20**
	40	**30**
70	**13**	**10**
	9	**20**
	11	**30**

Maximum Throughput

ประสิทธิภาพของระบบจะวัดที่ Physical layer ที่ช่องสัญญาณที่เหมาะสม หากวัดที่ Application Layer มีอัตราความเร็วข้อมูลที่ต่ำกว่า เนื่องจากลักษณะของโปรโตคอลโดยมีการเพิ่มส่วนหัวและการแก้ไขความถูกต้องของข้อมูล อัตราความเร็วข้อมูลที่ชั้น Application แสดงไว้ในตาราง

Max. Throughtput at the Application Layer	
Mode Bandwidth (MHz)	**FTP Throughtput (Mbps)**
10	**48**
20	**90**
30	**130**

Bit Error Rate

คุณลักษณะ Bit Error Rate ของระบบ BPL จะถูกกำหนดควบคู่ไปกับ QoS ของแต่ละบริการที่เลือกใช้งาน ซึ่งอาจมีค่าแตกต่างกันได้

Bit Error Rate จะถูกกำหนดโดยผู้ให้บริการ ซึ่งค่า Bit Error Rate ที่กำหนดไว้เบื้องต้น จะกำหนดไว้ที่ 10^{-9} ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกหรือกำหนดได้ตามความเหมาะสม โดยทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ 10^{-3} 10^{-6} และ 10^{-9} เป็นต้น

Channel Adaptation

ระบบจะทำการตรวจสอบระดับของสัญญาณรบกวนและการลดทอนภายในช่องสัญญาณด้วยความละเอียดสูง ค่าที่วัดได้จะนำไปปรับเปลี่ยนตัวแปรในการมอดูเลตของแต่ละช่องสัญญาณเพื่อที่จะรักษา BER ของแต่ละช่องสัญญาณ

ผู้ให้บริการสามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรได้ดังนี้

- Algorithm agility
- Modulation thresholds
- Desired BER
- Disabled carriers

ในขณะเดียวกันการปรับตัวแปรของ Reed-Solomon Forward Error Correction สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้โดยคำนึงถึงความจุของข้อมูล (capacity) และสมรรถนะของระบบ

Spectral Efficiency

สามารถปรับได้ถึง 9bits/sec/Hz โดยขึ้นอยู่กับ SNR ของแต่ละช่องสัญญาณ หาก SNR ของระบบ มีค่าลดลง ระบบจะลด Spectral Efficiency ลง เพื่อที่จะรักษา BER ให้อยู่ในค่าที่กำหนด

Quality of Service (QoS)

คุณภาพการให้บริการ (Quality of Service: QoS) ของอุปกรณ์ BPL บางเทคโนโลยี สามารถกำหนดความสำคัญไว้ 8 ระดับ เพื่อกำหนดคุณภาพการให้บริการที่ต้องตอบสนองตามเวลาจริง (real time) เช่น การให้บริการเสียงผ่านการให้บริการอินเทอร์เน็ต (VoIP) และการให้บริการข้อมูลความเร็วสูง

- รับประกันแบนวิดธ์ที่ใช้ในแต่ละบริการ เช่น การส่งถ่ายข้อมูล เป็นต้น
- Bound latency ของแต่ละบริการที่ต้องการ เช่น VoIP, video เป็นต้น
- มีค่า BER ต่ำสำหรับบริการที่ต้องการความเชื่อถือสูง
- รับประกันข้อผิดพลาดจากการให้บริการ อาจใช้ช่องสำรองในการให้บริการเมื่อเกิดความผิดพลาดในช่องที่ใช้งาน

การออกแบบ chipset ได้ออกแบบให้มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลสูงสำหรับอุปกรณ์ที่เป็นของผู้ใช้บริการ (Customer Premise Equipment: CPE) เช่น modem หรือโครงข่ายที่ใช้ภายในบ้าน และรองรับการทำงานร่วมกับ LAN ที่สามารถบริหารจัดการ QoS ได้

นอกจากนี้ยังมีโปรโตคอล 802.1D ที่สามารถปรับได้ถึง 64/128 MACs เพื่อรองรับการใช้งานของ VoIP และสามารถใช้บริการ VoIP พร้อมกับการใช้บริการอื่น ๆ

ข้อดีและข้อเสียของการนำเทคโนโลยี PLC (BPL) มาประยุกต์ใช้งาน

BPL มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับบริการ cable modem หรือ DSL (Digital Subscriber Line) เพราะสามารถใช้โครงข่ายพื้นฐานที่มีอยู่แล้ว และยังทำให้ประชาชนทั่วไปในที่ห่างไกล แต่มีไฟฟ้าใช้สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้มากขึ้น สามารถลดช่องว่างในการเข้าถึงข่าวสารข้อมูล หรือที่เรียกว่า digital divide ได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังสะดวกที่จะนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เช่น ทีวี เครื่องเสียง มาเชื่อมต่อเพื่อความบันเทิงได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การให้บริการ BPL ยังไม่มีมาตรฐานทางเทคนิคเป็นที่ยอมรับ แต่มีการใช้งานเฉพาะกลุ่ม ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาต่อไป เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ เช่น ความกว้างแถบคลื่นที่จะใช้งาน การรบกวนทางวิทยุ และคุณภาพของบริการ เป็นต้น

ระบบจ่ายไฟฟ้าในอเมริกาเหนือ และยุโรปมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้มีผลต่อการนำ BPL มาใช้งาน เช่น ในอเมริกาเหนือ หม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละเครื่องจะจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงต่ำให้บ้านเรือนไม่มากนัก (หม้อแปลงขนาดเล็ก และบ้านเรือนอยู่กระจาย) เมื่อเปรียบเทียบกับในยุโรป หม้อแปลงหนึ่งเครื่อง จะจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงต่ำให้บ้านเรือนเป็นร้อยหลังคาเรือน ซึ่งคล้ายกับระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ทำให้การนำ BPL มาใช้งานจึงมีปัญหาแตกต่างกัน เนื่องจากสัญญาณ BPL ไม่สามารถแพร่ผ่านหม้อแปลงได้ ดังนั้นการให้บริการในอเมริกาเหนือจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ (MV coupling) เพื่อสามารถให้บริการลูกค้าหลายๆราย ที่อยู่ในระบบจ่ายไฟฟ้าที่หม้อแปลงจุดอื่นด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากถูกจำกัดที่ความกว้างของแถบคลื่นที่จะใช้งาน ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานพร้อมกันได้ไม่มากนักในสายไฟฟ้าเดียวกัน

นอกจากเหตุผลที่ว่า BPL มีการพัฒนาในยุโรปเร็วกว่าในอเมริกาเหนือ เนื่องจากการออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้าแตกต่างกันดังกล่าวแล้ว ข้อเท็จจริงอีกประการหนึ่งก็คือ ในระบบสายส่งระยะทางไกลๆ โดยทั่วไปจะใช้แรงดันไฟฟ้าสูง เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากสายส่ง (transmission loss) และต้องลดแรงดัน เมื่อต้องจ่ายไฟฟ้าให้บ้านเรือน ประกอบกับสัญญาณ BPL ไม่สามารถแพร่ผ่านหม้อแปลงได้ เนื่องจากขดลวดในหม้อแปลงมีค่า inductance สูง ทำให้เปรียบเสมือนเป็น low - pass filter ที่ป้องกันไม่ให้ความถี่สูงผ่าน จึงจำเป็นต้องมี repeater ติดตั้งที่หม้อแปลงทุกเครื่องที่สัญญาณ BPL เดินทางผ่าน

โดยทั่วไป ในอเมริกาเหนือจะใช้หม้อแปลงขนาดเล็กติดตั้งเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงต่ำให้บ้านเรือนเพียง 2 – 3 หลัง ส่วนในยุโรปและประเทศไทยจะติดตั้งหม้อแปลงขนาดใหญ่และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้บ้านเรือนประมาณ 10 – 100 หลัง เป็นต้น จากข้อแตกต่างในระบบจ่ายไฟฟ้าดังกล่าว จะเห็นว่าในอเมริกาเหนือจะต้องมี repeater มาก ตรงข้ามกับยุโรปและประเทศไทยที่สามารถให้บริการลูกค้าได้หลายสิบรายที่อยู่ในบริเวณหม้อแปลงเดียวกัน

ทางเลือกอีกอย่างหนึ่งที่จะนำ BPL มาใช้งานคือ ใช้เป็น backhaul สำหรับการสื่อสารไร้สาย WiFi และในอนาคต BPL อาจจะนำใช้เป็น backhaul ของโครงข่าย WiMAX ด้วยก็ได้

BPL มีข้อเสียโดยแยกเป็นประเด็นหลักได้ 2 ส่วนคือ สายไฟฟ้าจะเกิดสัญญาณรบกวนมาก ทุกครั้งที่เราเปิด-ปิดสวิทช์อุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ประหยัดพลังงานบางชนิดทำให้เกิดฮาร์โมนิกส์รบกวนในสายไฟฟ้า ดังนั้นในการออกแบบเพื่อนำ BPL มาใช้งานต้องคำนึงถึงการป้องกัน และลดการรบกวนดังกล่าว

ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือ ระดับความแรงและความถี่ของสัญญาณที่แพร่ออกมา เนื่องจากความถี่ย่าน 1 – 30 MHz เป็นย่านความถี่ของวิทยุสมัครเล่น และการส่งวิทยุกระจายเสียงคลื่นสั้น รวมทั้งระบบโทรคมนาคมอื่นๆ เช่น ทางทหาร วิทยุการบิน เป็นต้น ดังนั้น เมื่อมีการส่งสัญญาณ BPL ไปตามสายไฟฟ้า ซึ่งสายไฟฟ้า

ดังกล่าวไม่มีฉนวนหุ้ม (unshielded) ดังนั้นสายไฟฟ้าดังกล่าวจึงเปรียบเสมือนเป็นเครื่องส่งที่ส่งสัญญาณที่ป้อนมาตามสายไฟฟ้า ซึ่งอาจรบกวนสัญญาณวิทยุอื่น ๆ ในย่านความถี่นั้นได้

ปัจจุบัน ระบบ BPL จะใช้เทคโนโลยี OFDM และใช้เทคนิคการบรรเทาหรือลดการรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อข่ายวิทยุสื่อสารอื่น โดยเฉพาะวิทยุสมัครเล่น ในการศึกษาร่วมกันระหว่าง ARRL – American Radio Relay League และ HomePlug powerline alliance แสดงให้เห็นว่า PLC modem ที่ใช้เทคโนโลยี OFDM จะเกิดการรบกวนน้อยลง และอยู่ในวิสัยที่สามารถยอมรับได้

มาตรฐานของภาคอุตสาหกรรม (Industry Standard) [1,6]

บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี PLC ต่างก็ได้รวมตัวกันเพื่อกำหนดมาตรฐานของเทคโนโลยี PLC โดยเฉพาะ broadband PLC ที่ผู้บริโภคจะนำมาใช้งาน ซึ่งมักขึ้นอยู่กับผู้ผลิต chipset เป็นหลัก โดยในขณะนี้ มีมาตรฐานหลัก ๆ ของผู้ผลิต chipset อยู่สองมาตรฐาน และมีหน่วยงานที่รวมตัวเป็นองค์กรเพื่อกำหนดมาตรฐานของภาคอุตสาหกรรมอยู่หลายองค์กร

ในส่วนของ chipset นั้น รายหลักจะเป็น DS2 ซึ่งเป็น chipset ที่ผลิตโดย Design of Systems on Silicon ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับมาตรฐานของ Universal Powerline Association สามารถรองรับการให้บริการ triple play ใช้การผสมสัญญาณ แบบ Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) และใช้ช่องสัญญาณแบบ TDD และ FDD สามารถส่งข้อมูลได้สูงสุดถึง 200 Mbps ที่ระดับ Physical layer และ 130 Mbps ที่ระดับ Application layer

Chipset อีกอันหนึ่ง จะผลิตโดย INT6000 ของ Intellon เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็น adapter สำหรับโครงข่ายความเร็วสูงเพื่อความบันเทิงภายในบ้าน รวมถึงการส่งสัญญาณภาพแบบ High Definition (HD) และ Standard Definition (SD) ซึ่งตรงตามคุณสมบัติเฉพาะของ HomePlug AV ส่งสัญญาณได้ความเร็วสูงสุดถึง 150 Mbps

ในส่วนของหน่วยงานภาคผู้ผลิตอุปกรณ์และอุตสาหกรรมโทรคมนาคมที่รวมตัวเป็นองค์กรเพื่อกำหนดมาตรฐานสำหรับเทคโนโลยี PLC นั้น พอจะหยิบยกขึ้นมากล่าวได้ดังนี้

- **HomePlug Powerline Alliance**

  เป็นกลุ่มพันธมิตรทางการค้าประกอบด้วยสมาชิกจำนวน 65 ราย ก่อตั้งเมื่อ เดือนมีนาคม ค.ศ. 2000 โดยบริษัทที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี PLC ได้รวมตัวกันกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ และบริการสำหรับโครงข่ายภายในบ้านที่ใช้สายไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นที่ home networking (LAN) กลุ่มพันธมิตรนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยบริษัทจากสหรัฐอเมริกาและเอเชียแปซิฟิก มีหน้าที่ส่งเสริมและดำเนินการในเรื่องมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ เนื่องจากมาตรฐาน HomePlug เกิดจากความร่วมมือของหลากหลายบริษัทจากทั่วโลก ทำให้ได้มาตรฐานที่มีคุณภาพสูงและเป็นที่ยอมรับในตลาด ตัวอย่างเช่น

- HomePlug 1.0 – มาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ต่อพ่วงผ่านสายไฟฟ้าภายในบ้านที่สามารถส่งข้อมูลได้ 8.2 Mbps
- HomePlug AV – ใช้สำหรับส่ง HDTV และ VoIP ภายในบ้านที่สามารถส่งข้อมูลได้ประมาณ 150 Mbps
- HomePlug BPL – ใช้เป็น broadband access เพื่อใช้งานในบ้าน
- HomePlug CC (Command and Control) – เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำและลงทุนน้อย ใช้สำหรับสั่งการ และควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ตลอดจนการเฝ้าระวังความปลอดภัยภายในบ้าน

ผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.homeplug.org

- **Universal Powerline Association (UPA)**

เป็นผู้วางกรอบให้ผู้นำทางการตลาดด้านอุตสาหกรรม PLC ในตลาดโลก ซึ่งครอบคลุมถึงผู้ผลิตอุปกรณ์ด้าน access และอุปกรณ์ภายในบ้าน ดำเนินการให้เกิดการแข่งขันเสรี และเป็นธรรม ในการนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาติดตั้งใช้งาน และสามารถทำงานร่วมกันได้ เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภคอย่างทั่วถึง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยบริษัทจากยุโรปและญี่ปุ่น โดย UPA ได้ประกาศยอมรับที่จะนำ DS2 200 Mbps chipset มาใช้งานในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของกลุ่ม โดยได้จัดทำมาตรฐาน UPA Digital Home Standard สำหรับใช้งานเป็นโครงข่ายภายในบ้าน (LAN) และร่วมกับ OPERA จัดทำมาตรฐานสำหรับ BPL (Access & in-house) ด้วย

ผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.upaplc.org

- **Open PLC European Research Alliance (OPERA)**

เป็นโครงการวิจัยและพัฒนาซึ่งได้รับการอุดหนุนจาก European Commission มีวัตถุประสงค์ที่จะปรับปรุงเทคโนโลยี PLC ที่มีอยู่แล้ว ให้พัฒนาดีขึ้นไป และกำหนดมาตรฐานของ PLC โดยมีบริษัทและองค์กรเข้าร่วมดำเนินการมากกว่า 30 หน่วยงาน ทั้งนี้ ได้ประกาศยอมรับ DS2 200 Mbps chipset มาปรับใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของกลุ่ม และได้จัดทำมาตรฐานสำหรับ BPL (Access & in-house) ขึ้นมา 2 ฉบับ คือ

- OPERA SPECIFICATION – Part 1: TECHNOLOGY
- OPERA SPECIFICATION – Part 2: SYSTEM

ผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.ist-opera.org

- **IEEE**

เป็นองค์กรทางด้านวิชาการที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี ได้ริเริ่มจัดทำ project item เพื่อทำการศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานและลักษณะพึงประสงค์ทางเทคนิคที่สำคัญ โดย project ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเทคโนโลยี PLC ประกอบด้วย

- IEEE P1675 – “Standard for Broadband over Powerline Hardware” จัดทำมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์เทคโนโลยี broadband PLC ที่ใช้งานผ่านสายไฟฟ้า และความปลอดภัยในการติดตั้ง

- IEEE P1775 – “Powerline Communication Equipment – Electromagnetic Compatibility (EMC) Requirements Testing and Measurement Methods” จัดทำมาตรฐานที่เน้นในเรื่องของอุปกรณ์ PLC ที่เกี่ยวข้องกับ EMC รวมถึงวิธีทดสอบและวิธีการวัด
- IEEE P1901 – “Draft Standard for Broadband over Power Line Network : Medium Access Control and Physical Layer Specifications” กำหนดมาตรฐานการให้บริการ broadband ผ่านสายไฟฟ้า โดยมีเป้าหมายในการกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของ Medium Access Control และ Physical Layer สำหรับอุปกรณ์ BPL ทั้งที่ใช้เป็นโครงข่ายภายนอก และภายในที่พักอาศัย

ผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.ieee.org

- **ETSI Project PLT**

เป็นองค์กรมาตรฐานด้านโทรคมนาคมของกลุ่มประเทศยุโรป ซึ่งได้ตั้งกลุ่มทำงานเพื่อศึกษาข้อมูลเพื่อกำหนดมาตรฐานและคุณสมบัติเฉพาะ ครอบคลุมการให้บริการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งที่เป็น MV LV และภายในบ้าน โดยกำหนดว่าอุปกรณ์ของผู้ผลิตแต่ละรายต้องสามารถใช้งานร่วมกันได้ สามารถทำงานร่วมกับระบบจ่ายไฟฟ้าที่มีอยู่แต่เดิม และสอดคล้องกับข้อกำหนดของกลุ่มประเทศยุโรป อย่างไรก็ตาม มีความคืบหน้าค่อนข้างช้า เนื่องจากมุ่งเน้นข้อกำหนดที่ใช้สำหรับกำกับดูแลค่อนข้างมาก

ผู้สนใจสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.etsi.org

ส่วนที่สอง

PLC related studies and regulatory requirements

ประเทศสหรัฐอเมริกา [7,8,9,10]

Federal Communications Commission (FCC) ซึ่งเป็นหน่วยงานกำกับดูแลด้านกิจการวิทยุคมนาคมและกิจการโทรคมนาคมของสหรัฐอเมริกา เป็นหน่วยงานกำกับดูแลแรก ๆ ที่ได้กำกับดูแลเทคโนโลยี Power Line Communications (PLC) ผ่านทางกฎระเบียบ FCC Rules Part 15 ซึ่งใช้บังคับกับอุปกรณ์ที่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ทั้งโดยเจตนาและไม่เจตนา

FCC ได้อนุญาตให้ส่งสัญญาณผ่านสายไฟฟ้าเพื่อใช้ในทางโทรคมนาคม โดยเรียกระบบที่ได้รับอนุญาตในลักษณะนี้ในภาพรวมว่า **Carrier Current System**[3] โดยส่วนใหญ่ จะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ไม่เกิน 2 MHz นอกจากนั้นยังได้อนุญาตให้หน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าส่งสัญญาณผ่านสายไฟฟ้าเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลเพื่ออ่านค่าและควบคุมระบบส่งกำลังและนำจ่ายไฟฟ้าของหน่วยงานสาธารณูปโภคเองอีกด้วย โดยเรียกว่าระบบ power line carrier system (ถือว่าเป็น carrier current system ประเภทหนึ่ง) และกำหนดให้ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ 10 – 490 kHz เท่านั้น

ในการอนุญาตนั้น FCC ได้กำหนดขีดจำกัดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับการใช้งาน carrier current system ไว้ (ยกเว้น power line carrier system ซึ่งไม่มีขีดจำกัดในการใช้งาน เว้นแต่ตามที่กำหนดไว้ใน FCC § 15.113 เท่านั้น) ดังต่อไปนี้

<u>ขีดจำกัดสำหรับ conducted emission[4] limits</u> [FCC § 15.107 (a) - (c)]

fundamental operating frequency	limits	notes
535 – 1705 kHz	No limits	if intended to be received by standard AM receiver
all other bands between 9 kHz - 30 MHz	1000 μV	only in the band 535 – 1705 kHz
all other bands above 30 MHz	1000 μV (same as general limits for bands < 30 MHz)	only in the band 535 – 1705 kHz

[3] **Carrier current system** เป็นระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าไปยังเครื่องรับ ซึ่งเครื่องรับนี้อาจรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น (ซึ่งอุปกรณ์ก็จะถือเป็นอุปกรณ์ที่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยไม่ได้เจตนา - unintentional radiator) หรือเครื่องรับอาจรับสัญญาณผ่านการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายไฟฟ้านั้น (ซึ่งอุปกรณ์ก็จะถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยเจตนา - intentional radiator) ก็ได้

[4] Conducted emissions consist of desired or undesired electromagnetic energy propagated along a conductor. Conducted limits are generally specified from 150 kHz to 30 MHz only, because signals below 30 MHz have wavelengths greater than 10 meters and lower propagation losses, and can take special advantage of long stretches of electrical wiring.

ขีดจำกัดสำหรับ radiated emission[5] limits [FCC § 15.109 (a) (b) (e) (g)]

Frequency (MHz)	Field Strength (microvolt/meter)	Measurement Distance (meter)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	90*	10
	100**	3
88-216	150*	10
	150**	3
216-960	210*	10
	200**	3
Above 960	300*	10
	500**	3
* Class A limits – applicable to devices marketed for use in a commercial, industrial or business environment ** Class B limits – applicable to devices marketed for use by the general public or are intended to be used in the home		

ทั้งนี้ FCC ไม่ได้จำกัดการใช้งานอุปกรณ์ในระบบ carrier current system ที่มีช่วงความถี่ใช้งานสูงกว่า 2 MHz แต่อย่างใด อุปกรณ์เหล่านี้สามารถใช้งานได้ โดยต้องมีค่าการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นไปตามขีดจำกัดในตารางข้างต้น ดังนั้น อุปกรณ์ระบบ narrow-band PLC และ broadband PLC (in-house) ที่ใช้ช่วงความถี่ 2 – 80 MHz จึงสามารถใช้งานได้ตามกฎระเบียบดังกล่าวข้างต้นอยู่แล้ว

ในปี ค.ศ. 2004 FCC ได้อนุญาตให้ใช้งานระบบที่ใช้เทคโนโลยี Access Broadband over Power Line (Access BPL) เพิ่มเติม โดยมีความเห็นว่า ระบบ BPL ที่ออกแบบอย่างเหมาะสมและทำงานได้กับขีดจำกัดการแพร่ที่กำหนดไว้จะก่อให้เกิดการรบกวนน้อยมาก ระบบ Access BPL สามารถทำงานได้ภายใต้เงื่อนไขได้รับยกเว้นใบอนุญาตและไม่ได้รับคุ้มครองสิทธิการรบกวน การรบกวนที่อาจเกิดขึ้นนั้นจะมีอยู่ในระยะห่างช่วงสั้น ๆ จากสายไฟฟ้าและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น และยังไม่ปรากฏหลักฐานว่า ระบบ BPL จะทำให้ระดับสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (noise floor หรือ background noise level) เพิ่มขึ้น หรือระบบ Access BPL จะแผ่คลื่นวิทยุในระยะทางไกล ๆ เปรียบเสมือนสายอากาศตลอดความยาวของสายส่งไฟฟ้านั้น

ข้อกำหนดใน Part 15 subpart G ซึ่งเกี่ยวกับ Access BPL โดยเฉพาะ มีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อกำหนดทางเทคนิคทั่วไป (General Technical Requirements)

(a) นิยาม

(1) ระบบ Accees BPL คือ ระบบ carrier current system ที่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยไม่ได้เจตนาในย่านความถี่ 1.705 MHz ถึง 80 MHz ผ่านสายไฟฟ้าแบบ Medium Voltage (MV) หรือ Low Voltage (LV)

[5] Radiated emissions consist of desired or undesired electromagnetic energy, in the form of electric and/or magnetic fields, propagated through space.

ในส่วนที่เป็นความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า (ก่อนถึงจุดต่อเพื่อเข้าบ้านเรือนหรืออาคารของผู้ใช้) เพื่อให้บริการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (โดยไม่รวมระบบ in-house BPL และระบบ power line carrier system)

(2) ระบบ In-house BPL คือ ระบบ carrier current system ที่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยไม่ได้เจตนา ในย่านความถี่ 1.705 MHz ถึง 80 MHz ผ่านสายไฟฟ้าแบบ Low Voltage (LV) ซึ่งไม่ได้อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า โดยรวมถึงโครงข่ายสำหรับใช้ติดต่อสื่อสารภายในอาคารที่ไม่ได้ต่อเชื่อมกับโครงข่ายภายนอก และที่ต่อเชื่อมกับระบบ Access BPL ด้วย

(3) MV หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงไฟฟ้าระหว่าง 1000 ถึง 40 000 โวลต์ จากสถานีจ่ายไฟฟ้า (substation) ซึ่งอาจเป็นสายไฟฟ้าใต้ดินหรือพาดสายเหนือศีรษะก็ได้

(4) LV หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงไฟฟ้า 240/120 โวลต์ จากหม้อแปลงนำจ่าย (distribution transformer)ไปยังบ้านเรือนหรืออาคารของผู้ใช้

(b) ขีดจำกัดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(1) ขีดจำกัดสำหรับ conducted emission limits

ไม่ได้ระบุขีดจำกัด (รวมทั้งในช่วงความถี่สำหรับกิจการวิทยุกระจายเสียงระบบ AM) ซึ่งแตกต่างไปจากขีดจำกัดของระบบ carrier current system เดิม

(2) ขีดจำกัดสำหรับ radiated emissions

Frequency (MHz)	Field Strength (microvolt/meter)	Measurement Distance (meter)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	90*	10
	100**	3
88-216	150*	10
	150**	3
216-960	210*	10
	200**	3
Above 960	300*	10
	500**	3
* Class A limits – applicable to MV wires ** Class B limits – applicable to LV wires		

(c) มาตรการหลีกเลี่ยงการรบกวน

(1) ระบบ Access BPL ที่ใช้สาย MV แบบพาดสายเหนือศีรษะ ไม่สามารถใช้ความถี่บางช่วงได้เนื่องจากเป็นความถี่ที่ใช้ในกิจการทางการบิน หรือที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยต่อชีวิต ดังแสดงในตาราง อย่างไรก็ตาม ข้อกำหนดดังกล่าวไม่ใช้บังคับกับสาย LV หรือสาย MV แบบใต้ดิน

PROHIBITED FREQUENCY BANDS
2,850-3,025 kHz
3,400-3,500 kHz
4,650-4,700 kHz
5,450-5,680 kHz
6,525-6,685 kHz
8,815-8,965 kHz
10,005-10,100 kHz
11,275-11,400 kHz
13,260-13,360 kHz
17,900-17,970 kHz
21,924-22,000 kHz
74.8-75.2 MHz

(2) ระบบ Access BPL ต้องไม่ใช้ความถี่ช่วง 2.1735 – 2.1905 MHz (ความถี่สำหรับการแจ้งเหตุฉุกเฉินในกิจการทางทะเล) ภายในรัศมี 1 กิโลเมตร จากสถานีฝั่งและสถานีวิทยุทางทะเล จำนวน 110 สถานีที่ระบุไว้

(3) ระบบ Access BPL ที่ใช้สาย MV ต้องไม่ใช้ความถี่ช่วง 73.0 – 74.6 MHz (ความถี่สำหรับกิจการวิทยุดาราศาสตร์) ภายในรัศมี 29 กิโลเมตร จากหอปฏิบัติการทางดาราศาสตร์ (สำหรับกรณีสาย MV แบบพาดเสาเหนือศรีษะ) หรือภายใน 11 กิโลเมตร จากหอปฏิบัติการทางดาราศาสตร์ (สำหรับกรณีสาย MV แบบใต้ดิน) อย่างไรก็ตาม ไม่มีข้อห้ามการใช้ความถี่ช่วงดังกล่าวสำหรับกรณีสาย LV

(4) อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบ Access BPL จะต้องมีความสามารถที่จะใช้งานเทคนิคการบรรเทาการรบกวนแบบปรับตัวได้ (adaptive interference mitigation technique) ซึ่งอาจใช้หลักการการกรองขจัดสัญญาณ (notching) การปรับเปลี่ยนความถี่ หรือการลดกำลังส่ง

(5) ในกรณีที่ระบบ Access BPL ใช้เทคนิคการกรองขจัดสัญญาณ อุปกรณ์จะต้องมีความสามารถดังต่อไปนี้

(i) สำหรับย่านความถี่ที่ต่ำกว่า 30 MHz ต้องสามารถลดทอนการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในย่านความถี่นั้นลงให้ได้ต่ำกว่าระดับขีดจำกัดที่กำหนด อย่างน้อย 20 dB

(ii) สำหรับย่านความถี่ที่สูงกว่า 30 MHz ต้องสามารถลดทอนการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในย่านความถี่นั้นลงให้ได้ต่ำกว่าระดับขีดจำกัดที่กำหนด อย่างน้อย 10 dB

(6) ระบบ Access BPL ต้องมีความสามารถที่จะทำงานสอดคล้องตามขีดจำกัดการแผ่คลื่นความถี่ในกรณีของการเปิดใช้งานหลังระบบล่ม หรือระหว่างเริ่มต้นการทำงาน

(7) ระบบ Access BPL จะต้องมีความสามารถที่จะทำงานแบบควบคุมการปิดอุปกรณ์จากระยะไกลได้จากส่วนกลาง (remote shut-off) เมื่อพบว่ามีอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดการรบกวนทางคลื่นความถี่อย่างรุนแรง ในกรณีที่เทคนิคการบรรเทาการรบกวนอื่น ๆ ไม่สามารถแก้ปัญหาการรบกวนนั้นได้

(d) วิธีการวัด

(1) วิธีการวัดที่ใช้อยู่เดิมยังสามารถใช้ได้โดยไม่แก้ไขเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ ให้ทำการวัด radiated emission ณ บริเวณสถานที่ตั้ง (in-situ) จำนวน 3 ที่ โดยต้องทำการวัดแยกกันระหว่างสายไฟฟ้าใต้ดินกับสาย

พาดเสาเหนือศรีษะ โดยลักษณะทางเทคนิคของเครื่องมือวัดยังคงเดิม ทั้งนี้ ไม่จำเป็นต้องทำการวัด conducted emisssion

(2) วิธีการวัดที่เพิ่มเติมขึ้นใหม่ ประกอบด้วย

(i) ให้ทำการวัดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวยาว นอกเหนือจากแนวรัศมีด้วย โดยทำการวัดที่ระยะห่างเท่ากับ 0, ¼, ½ , ¾ , และ 1 เท่าของความยาวคลื่น จากจุดที่ส่งสัญญาณเข้าไปในสายไฟฟ้า

(ii) ให้ทำการวัดดังกล่าวที่ระยะห่าง 10 เมตรในแนวนอน ในกรณีของสายไฟฟ้าแบบพาดเสาเหนือศรีษะ ถ้าวัดที่ระยะห่างดังกล่าวไม่ได้ ให้ทำการวัดที่ 3 เมตรแทนได้ โดยต้องปรับแก้ค่าที่วัดได้ให้ถูกต้อง

(iii) นอกเหนือจากการวัดในแนวรัศมีรอบตัวอาคารแล้ว ต้องทำการวัดตามแนวสายไฟฟ้าที่พาดเข้าตัวอาคารด้วย โดยให้ทำการวัด 3 จุด เริ่มต้นจากระยะห่าง 10 เมตรจากตัวอาคาร

(iv) การวัดสามารถกระทำที่ความสูงเท่าใดก็ได้ ที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง 4 เมตร แล้วเลือกค่าที่วัดได้สูงสุด หรืออาจทำการวัดที่ความสูง 1 เมตร แล้วเพิ่มค่า 5 dB เข้าไป

(v) ในกรณีของสายไฟฟ้าแบบใต้พื้นดิน ให้ทำการวัดที่ระยะห่าง 10 เมตรจากหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังใต้ดินที่มีอุปกรณ์ BPL อยู่เดิม (หรือ 3 เมตร ถ้าจำเป็น โดยต้องปรับแก้ค่าที่วัดได้) และทำการวัดตามแนวรัศมีของพื้นที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ BPL

2. ข้อกำหนดด้านการกำกับดูแล (General administrative requirements)

(a) พื้นที่ที่ต้องหารือกับผู้เกี่ยวข้อง (Consultation Area)

(1) กำหนดให้ผู้ประกอบการที่จะนำระบบ Access BPL มาใช้งานในพื้นที่ที่กำหนดไว้ ต้องแจ้งล่วงหน้าให้ผู้รับผิดชอบในพื้นที่ (เช่น FCC field office) ก่อนเป็นเวลาอย่างน้อย 30 วัน

(2) ข้อมูลที่ต้องแจ้งล่วงหน้าประกอบด้วยชื่อผู้ประกอบการ ช่วงความถี่ใช้งาน วันเวลาที่จะเริ่มใช้งาน พื้นที่ที่จะใช้งาน (แสดงโดยใช้รหัสไปรษณีย์) ชื่อผู้ผลิตและอุปกรณ์ที่จะใช้งานในระบบ (โดยอาจระบุเป็น FCC ID หรือระบุตราอักษรและแบบรุ่น) รวมทั้งชื่อและที่อยู่ของผู้ติดต่อ

(3) กำหนดให้ผู้ประกอบการที่จะนำระบบ Access BPL มาใช้งาน ต้องแจ้งให้หน่วยงานที่รับผิดชอบความปลอดภัยสาธารณะ (public safety agencies) คือ ตำรวจ หน่วยดับเพลิง และหน่วยกู้ชีพทราบเป็นการล่วงหน้า โดยใช้วิธีการเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น

(b) มาตรการบรรเทาการรบกวนและการร้องเรียน (Interference mitigation/complaint)

(1) กำหนดให้ใช้วิธีการแจ้งการรบกวน หรือขอคุ้มครองการรบกวน ตามที่ FCC ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน โดยผู้ร้องจะต้องแสดงให้เห็นว่า มีการรบกวนเกิดขึ้นจาก BPL จริง และผู้ประกอบการต้องแก้ไขปัญหาการรบกวนโดยไม่ชักช้า (ภายใน 24 ชั่วโมง ถ้าในกรณีของหน่วยงานความปลอดภัย)

(2) กำหนดให้ผู้ประกอบการ BPL ต้องทำฐานข้อมูลซึ่งเปิดเผยต่อสาธารณะ ซึ่งมีข้อมูลเช่นเดียวกับที่ปรากฏในหัวข้อ consultation area และกำหนดให้มีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

(c) การอนุญาตให้ใช้เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ (Equipment authorization)

กำหนดวิธีการอนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ BPL ใหม่ โดยกำหนดให้ใช้วิธี Certification โดย FCC แทน (จากเดิมกำหนดให้ใช้วิธี Verification นั่นคือ ผู้ประกอบการรับรองตนเองโดยมีผลการวัดหรือทดสอบ) แต่อุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่ซึ่งผ่านวิธี Verification มาแล้ว ยังสามารถใช้งานได้ต่อไป

กลุ่มประเทศยุโรป [11]

กลุ่มประเทศยุโรปได้อนุญาตให้ใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC ผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำ (LV) ในช่วงความถี่ 3 kHz ถึง 148.5 kHz โดยกำกับดูแลผ่านมาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) ที่มีผลใช้บังคับอยู่ในปัจจุบัน (EN 50065 series)

ในส่วนของอุปกรณ์สำหรับเทคโนโลยี Broadband PLC / BPL นั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

In-house BPL : ยังไม่มีมาตรฐานทางเทคนิคที่ใช้กับอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นการเฉพาะ แต่จะใช้หลักการเดียวกันกับอุปกรณ์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ หรืออุปกรณ์สารสนเทศโดยทั่วไป โดยกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ว่าต้องเป็นไปตาม EN 55022 (ITE – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement) และ EN 55024 (ITE product – Immunity characteristics – Limits and method of measurement)

Access BPL : ยังไม่มีมาตรฐานทางเทคนิคที่ใช้กับอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นการเฉพาะเช่นเดียวกัน แต่ไม่ได้ปิดกั้นผู้ประกอบการที่จะเลือกใช้เทคโนโลยี BPL ในการให้บริการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงแก่ผู้ใช้บริการ

อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC และ BPL ทั้งหมดจะต้องสอดคล้องเป็นไปตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า EN 60950-1 (Electrical safety requirements for IT equipment) ด้วย

ประเทศออสเตรเลีย [12,13,14]

ประเทศออสเตรเลียอนุญาตให้ใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC ผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำ (LV) ในย่านความถี่ LF ช่วง 3 kHz ถึง 500 kHz โดยกำกับดูแลผ่านมาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) ที่มีใช้บังคับอยู่ในปัจจุบัน จำนวน 2 มาตรฐานคือ

- EN 50065-1 Signalling on low voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances ซึ่งใช้บังคับกับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำ ไม่ว่าจะใช้งานโดยผู้บริโภค หรือโดยหน่วยงานด้านสาธารณูโภค ที่ใช้ความถี่ช่วง 3 kHz – 148.5 kHz
- IEC 61000-3-8 Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3: Limts – Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations – Emissions levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels ซึ่งใช้บังคับกับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำ ไม่ว่าจะใช้งานโดยผู้บริโภค หรือโดยหน่วยงานด้านสาธารณูโภค ที่ใช้ความถี่ช่วง 3 kHz – 525 kHz โดยกำหนดค่าขีดจำกัดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตั้งแต่ 3 kHz ถึง 400 GHz

อย่างไรก็ตาม ออสเตรเลีย ไม่ได้กำหนดมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC ซึ่งใช้ความถี่สูงกว่า 525 kHz แต่มีบทบัญญัติลงโทษเมื่อมีการรบกวนเกิดขึ้น

ในส่วนของอุปกรณ์สำหรับเทคโนโลยี BPL นั้น หน่วยงานกำกับดูแลของออสเตรเลีย (ACMA) ยังระหว่างการพิจารณาว่าสมควรจะกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคหรือกฎระเบียบเป็นการเฉพาะหรือไม่ แม้ว่าจะมีการใช้งานเทคโนโลยี BPL เชิงพาณิชย์ ในรัฐแทสมาเนีย และผู้ประกอบการหลายรายมีโครงการที่จะขยายและนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้งานทั่วประเทศแล้วก็ตาม แม้กระนั้นก็ตาม ACMA ได้จัดทำแนวทางปฏิบัติ (Guidelines) จำนวน 2 ฉบับ เพื่อให้ผู้ประกอบการใช้เป็นแนวทางในการนำระบบ BPL ไปใช้งาน ประกอบด้วย

- Access BPLTrial Guidelines
- In-house BPL Regulatory Guidelines

ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

<u>อุปกรณ์ที่อนุญาต</u>

ระบบ BPL ที่ใช้ภายในบ้านเรือนและอาคาร (in-house BPL) และระบบที่ติดตั้งภายนอกอาคาร (Access BPL) ทั้งนี้ อุปกรณ์ in-house BPL จะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถส่งสัญญาณในย่านความถี่ตั้งแต่ 2 – 34 MHz ผ่านสายไฟฟ้า แม้ว่าจะไม่ได้มีข้อห้ามสำหรับอุปกรณ์ที่สามารถส่งสัญญาณในย่านความถี่ที่สูงกว่านี้ แต่ยังไม่มีผู้ประกอบการรายใดนำมาใช้งาน

<u>แนวทางการอนุญาตให้ใช้อุปกรณ์</u>

ใช้หลักการรับรองตนเองโดยผู้ประกอบการ โดยมีข้อบังคับในส่วนของการแสดงฉลาก และการเก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ประกอบการไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลการทดสอบให้กับหน่วยงานกำกับดูแล แต่ต้องเก็บรักษาข้อมูลดังกล่าวประกอบการตรวจติดตามตลอดระยะเวลาที่ยังจำหน่ายหรือใช้งาน และภายหลังจากหยุดจำหน่ายหรือใช้งานไปแล้ว 5 ปี

ขีดจำกัดและวิธีการวัด

ให้ใช้ขีดจำกัดและวิธีการวัดตามที่ปรากฏใน CISPR 22 (รวมทั้ง EN 55022 และ AS/NZS CISPR 22) ทั้งนี้ วิธีการทดสอบแบบอื่นยังไม่เป็นที่ยอมรับ

ข้อกำหนดสำหรับผู้ประกอบการ

หากผู้ประกอบการที่อนุญาตให้ใช้โครงข่ายเป็นผู้ให้บริการโทรคมนาคมที่ได้รับอนุญาตจาก ACMA โดยถูกต้อง ผู้ประกอบการดังกล่าวสามารถให้บริการได้ โดยต้องมีภาระรับผิดชอบหากมีการรบกวนเกิดขึ้น และต้องปฏิบัติตาม Access BPLTrial Guidelines ด้วย

หากผู้ประกอบการที่อนุญาตให้ใช้โครงข่ายไม่ได้เป็นผู้ให้บริการโทรคมนาคมที่ได้รับอนุญาตจาก ACMA (เช่น เป็นหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า) ผู้ประกอบการดังกล่าวอาจดำเนินการเอง หรือมอบหมายให้มีผู้ประกอบการรายอื่นดำเนินการแทน ซึ่งไม่ว่าในกรณีใด จะต้องระบุผู้ที่มีภาระรับผิดชอบหากมีการรบกวนเกิดขึ้น และต้องปฏิบัติตาม Access BPLTrial Guidelines ด้วย

ประเทศญี่ปุ่น [15]

เดิมประเทศญี่ปุ่นอนุญาตให้ใช้การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (power line communications) ในช่วงความถี่ 10 kHz – 450 kHz ซึ่งส่วนใหญ่ใช้สำหรับการควบคุมระบบปรับอากาศและระบบส่องสว่างภายในอาคาร แต่เนื่องจากความกว้างแถบความถี่ที่อนุญาตไว้ค่อนข้างน้อย ทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ไม่มาก ประมาณ 10 kbps เท่านั้น

ต่อมา ได้มีความริเริ่มที่จะนำความถี่ในย่าน 2 MHz – 30 MHz มาใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงผ่านสายไฟฟ้า ซึ่งในทางทฤษฎีแล้ว สามารถรับส่งข้อมูลได้สูงถึง 200 Mbps (รวมทั้งด้านรับและด้านส่ง) ดังนั้น ในปี ค.ศ. 2000 ประเทศญี่ปุ่นโดยกระทรวงกิจการภายในและการสื่อสาร (Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC)) จึงได้ตั้งคณะทำงานขึ้นมาคณะหนึ่ง ภายใต้การกำกับดูแลของ CISPR Committee/Telecommunications Council เพื่อทำการศึกษาในประเด็นของการรบกวนของ Broadband over Power Line (BPL) โดยเฉพาะการรบกวนที่มีต่อกิจการวิทยุอื่น ไม่ว่าจะเป็นกิจการวิทยุสมัครเล่น กิจการวิทยุดาราศาสตร์ และกิจการกระจายเสียงคลื่นสั้น ซึ่งจากรายงานของคณะทำงานดังกล่าว ได้มีข้อสรุปว่า BPL ก่อให้เกิดการรบกวนกับกิจการวิทยุอื่น จึงยังไม่ได้มีการอนุญาตให้ใช้งาน

หลังจากผ่านไปหลายปี และเทคโนโลยี BPL ได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถที่ซับซ้อนขึ้น MIC ได้ตั้งคณะทำงานขึ้นมาอีกครั้ง ในปี ค.ศ. 2005 เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานร่วมกันระหว่าง BPL กับกิจการวิทยุอื่น และเงื่อนไขการใช้งานร่วมกันในกรณีดังกล่าว ซึ่งคณะทำงานได้ข้อสรุปว่า BPL ที่ใช้งานภายในอาคาร/ที่พักอาศัย สามารถใช้งานร่วมกับกิจการวิทยุคมนาคมอื่นได้ และกระทรวงกิจการภายในและการสื่อสารได้อนุญาตให้ใช้เทคโนโลยี BPL ได้ตั้งแต่วันที่ 4 ตุลาคม ค.ศ. 2006 เป็นต้นมา ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

<u>อุปกรณ์ที่อนุญาต</u>

ระบบ BPL ที่ใช้ภายในอาคาร/ที่พักอาศัย (in-house BPL) เท่านั้น โดยยังไม่อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ access BPL แต่อย่างใด ทั้งนี้ อุปกรณ์ in-house BPL ที่อนุญาตจะเป็นอุปกรณ์ที่สามารถส่งสัญญาณในย่านความถี่ตั้งแต่ 2 – 30 MHz ผ่านสายไฟฟ้า (100 – 200 V, single phase) ที่ติดตั้งใช้งานภายในบ้านเรือน

<u>แนวทางการอนุญาตให้ใช้อุปกรณ์</u>

ใช้หลักการรับรองตนเองโดยผู้ประกอบการ โดยผู้ประกอบการต้องส่งข้อมูลการทดสอบให้กับ MIC และ MIC จะประกาศการอนุญาตให้ใช้งาน

<u>ขีดจำกัดและวิธีการวัด</u>

แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) Conducted emissions at mains port ให้ทำการวัด common-mode current ในสถานะที่มีการใช้งาน (communication mode) ที่สามารถส่งสัญญาณได้เร็วมากที่สุด ตามวิธีการวัดที่กำหนด และทำการวัด unsymmetrical voltage ในสถานะว่างที่ไม่มีการใช้งาน (idle mode) ตามวิธีการที่กำหนดไว้ใน CISPR 22 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางในหน้าถัดไป

Measurement port	Measurement conditions	
	Communication mode	Idle mode
Mains port	0.15 MHz~0.5 MHz <QP> 36 to 26 dBμA <Av> 26 to 16 dBμA ISN1 used	0.15 MHz~0.5 MHz <QP> 66 to 56 dBμV <Av> 56 to 46 dBμV AMN used
	0.5 MHz~2 MHz <QP> 26 dBμA <Av> 16 dBμA ISN1 used	0.5 MHz~5 MHz <QP> 56 dBμV <Av> 46 dBμV AMN used
	2 MHz~15 MHz <QP> 30 dBμA <Av> 20 dBμA ISN1 used	5 MHz~15 MHz <QP> 60 dBμV <Av> 50 dBμV AMN used
	15 MHz~30 MHz <QP> 20 dBμA <Av> 10 dBμA ISN1 used	15 MHz~30 MHz <QP> 60 dBμV <Av> 50 dBμV AMN used

ทั้งนี้ ขีดจำกัดสีเหลือง กำหนดขึ้นใหม่ โดยอาศัยขีดจำกัดเดิมตาม CISPR 22 Class B Limits แล้วใช้ค่าปรับแก้ (correction factor) เท่ากับ -30 dB (20 log 25 Ω)

ขีดจำกัดสีชมพู กำหนดขึ้นใหม่ สำหรับย่าน 2 – 30 MHz

ขีดจำกัดสีฟ้า เป็นค่าขีดจำกัดเดิมตาม CISPR 22 Class B Limits

วงจร ISN1 เป็นวงจร ISN ที่ใช้ค่า LCL = 16 dB, common-mode impedance = 25 Ω, differential mode impedance = 100 Ω

วงจร AMN เป็นวงจรตามที่กำหนดไว้ใน CISPR 16-1-2

2) Conducted emissions at telecommunication port ให้ใช้ขีดจำกัดและวิธีการวัดตามที่กำหนดไว้ใน CISPR 22 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้ (ซึ่งเป็นขีดจำกัดเดิมตาม CISPR 22 Class B Limits) แต่ขีดจำกัดดังกล่าวยังไม่ใช้บังคับในขณะนี้

Measurement port	Measurement conditions	
	Communication mode	Idle mode
Telecommunication port	0.15 MHz~0.5 MHz <QP> 40 to 30 dBμA <Av> 30 to 20 dBμA ISN2 used	
	0.5 MHz~30 MHz <QP> 30 dBμA <Av> 20 dBμA ISN2 used	

3) Radiated emissions ให้ใช้ขีดจำกัดและวิธีการวัดตามที่กำหนดไว้ใน CISPR 22 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางในหน้าถัดไป (ซึ่งเป็นขีดจำกัดเดิมตาม CISPR 22 Class B Limits)

Measurement distance	Measurement conditions	
	Communication	Non-communication
at 10 m	30 MHz～230 MHz <QP> 30 dBμV /m	
	230 MHz～1000 MHz <QP> 37 dBμV /m	

ประเทศมาเลเซีย [16,17]

ประเทศมาเลเซียได้เริ่มมีการใช้งานเทคโนโลยี PLC ในลักษณะ Broadband over power line บ้างแล้ว โดยในเดือนกันยายน ค.ศ. 2006 ที่ผ่านมา Realm BPL Communications Sdn Bhd ซึ่งเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้บริการโครงข่าย Access Network จากหน่วยงานกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคมของมาเลเซีย ได้เริ่มวางโครงข่าย BPL ภายในประเทศมาเลเซีย ร่วมกับ Realm Energy Sdn Bhd ซึ่งเป็นหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโครงข่ายและให้บริการโทรคมนาคม โดยเริ่มต้นในรัฐปะลิศ และซาบาห์ หลังจากนั้น จึงจะขยายไปทั่วประเทศ

ในปี ค.ศ. 2005 Malaysia Communications and Multimedia Commission (MCMC) ซึ่งเป็นหน่วยงานกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคมของมาเลเซีย ได้ร่วมกับ Malaysian Technical Standards Forum Berhad (MTSFB) ซึ่งเป็นหน่วยงานจัดทำมาตรฐานทางเทคนิค จัดทำเอกสารแนวทางปฏิบัติสำหรับการนำเทคโนโลยี BPL มาใช้งานภายในประเทศมาเลเซีย ซึ่งกำหนดรายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) ระบบ BPL ที่ใช้งาน ต้องมีความถี่อยู่ในช่วง 1 MHz – 40 MHz โดยใช้ได้กับทั้งระบบนำจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำและแรงปานกลาง (In-house BPL และ Access BPL) โดยมีเงื่อนไขว่า การใช้งานระบบ BPL ต้องได้รับอนุญาตอย่างถูกต้องจากหน่วยงานกำกับดูแลที่เกี่ยวข้อง (Malaysian Communications and Multimedia Commission และ Energy Commission) และต้องไม่ก่อให้เกิดรบกวนการรบกวนต่อการใช้ความถี่วิทยุของข่ายสื่อสารอื่นที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนแล้ว รวมทั้งข่ายสื่อสารของทางราชการ ทหาร หน่วยงานด้านความมั่นคง และความถี่ที่ใช้งานในเขตพรมแดนติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน

(2) กำลังของสัญญาณที่ส่งในระบบ BPL จะต้องไม่เกิน -50 dBm/Hz และกำลังโดยรวมต้องไม่เกิน 13 dBm

(3) ระบบ BPL จะต้องทำงานร่วมกับระบบจ่ายไฟฟ้าที่มีอยู่ในประเทศได้ โดยไม่ต้องปรับแต่งใด ๆ

(4) ข้อกำหนดด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) และการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) มีดังต่อไปนี้

<u>EMC สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ BPL</u>

Limits for radiated disturbance

(CISPR 22 class B equipment)

Frequency range (MHz)	**Field strength level** [dBμV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)
30 to 230	30	10
230 to 1000	37	10

Limits of conducted common mode disturbance at multi-purpose port

(CISPR 22 class B equipment)

Frequency range (MHz)	**levels** QUASI-PEAK	
	dBμA	dBμV
0.15 to 30	30	74

นอกจากนั้น อุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี BPL จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าดังต่อไปนี้ด้วย

IEC 61000-3-2 Limits for harmonics current emissions (equipment input current <= 16 A per phase)

IEC 61000-3-3 Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in Public Low-Voltage supply systems, for equipmentwith rated current <= 16 A per phase and not subject to conditional connection

CISPR 24 ITE product – Immunity characteristics – Limits and method of measurement

EMI สำหรับการติดตั้งระบบ BPL

Limits for radiated emissions (FCC Part 15 § 15.209)

Frequency range (MHz)	**Emission level** [dBμV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)	**Measurement bandwidth** (kHz)
1 to 30	29.59 (30 μV/m)	30	9
30 to 88	40 (100 μV/m)	3	120

(4) ระบบ BPL ต้องมีความสามารถทางเทคนิคดังต่อไปนี้ frequency notching, frequency band blocking และ power adjustment

(5) กำหนดให้มีการทดลองระบบ BPL ในสถานที่ใช้งานจริง (field trial) ก่อนมีการใช้งาน เพื่อที่ว่าจะได้ตรวจสอบความเป็นไปตามข้อกำหนดในส่วนของ performance, EMC/EMI และ safety

(6) มีข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเด็นความปลอดภัยในการใช้งาน (security) และคุณภาพการให้บริการ (QoS) โดยให้เป็นไปตามที่หน่วยงานกำกับดูแลกำหนด

(7) อุปกรณ์ (components) ที่ใช้กับระบบ BPL ต้องมีมาตรฐานสอดคล้องตามมาตรฐานทางเทคนิคที่กำหนดไว้ตามตารางในหน้าถัดไป และต้องผ่านการตรวจสอบรับรองมาตรฐานจาก SIRIM หรือหน่วยตรวจสอบและรับรองมาตรฐานที่ยอมรับ

Equipment	Standards	remarks
MV/LV node X-node R-node	IEC 60950 IEC 61000-3-2 IEC 61000-3-3 CISPR 22 CISPR 24 IEC 664 & CE 0682	Safety of ITE Overvoltage protection
CPE	IEC 60950 IEC 61000-3-2 IEC 61000-3-3 CISPR 22 CISPR 24 IEC 664 & CE 0682	Safety of ITE Overvoltage protection
Coupler	IEC 60358 IEC 60481 IEC 61334-3-22 IEC 60664-1 IEC 60185 IEC 60186 IEC 664 & CE 0682	Coupling capacitors and capacity dividers Coupling devices for power line carrier systems MV phase-to-Earth and screen-to-earth coupling devices Insulation coordination for equipment within LV systems Current transformer Voltage transformer Overvoltage protection
Line conditioning device	IEC 60358 IEC 61000-3-2 IEC 61000-3-3 CISPR 22 CISPR 24 IEC 664 & CE 0682	Coupling capacitors and capacity dividers Safety of ITE Overvoltage protection

อนึ่ง ไม่มีข้อมูลในส่วนของ narrow-band PLC ที่อนุญาตให้ใช้งานในประเทศมาเลเซีย

ประเทศสิงคโปร์ [18]

ประเทศสิงคโปร์ยังไม่ได้มีการนำเทคโนโลยี PLC ในลักษณะ Broadband over power line มาใช้งานอย่างจริงจัง อาจเป็นเพราะว่า สภาพทางภูมิศาสตร์ และแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารของประเทศทำให้อัตรา broadband penetration ค่อนข้างสูงอยู่แล้ว จึงไม่ได้ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยี BPL มากนัก

เมื่อปี ค.ศ. 2003 Infocomm Development Authority of Singapore (iDA) ซึ่งเป็นหน่วยงานกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคมของสิงคโปร์ ได้จัดทำเอกสารแนวทางปฏิบัติสำหรับการนำเทคโนโลยี PLC ในลักษณะ Broadband over power line มาใช้งานภายในประเทศ ซึ่งมีข้อกำหนดทางเทคนิคที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) ระบบ PLC ต้องมีความถี่อยู่ในช่วง 1.6 MHz – 30 MHz โดยอนุญาตทั้งในลักษณะที่เป็น PLC Access และ PLC in-house ทั้งนี้ มีช่วงความถี่ที่ไม่อนุญาตให้ใช้งานประกอบด้วย

PROHIBITED FREQUENCY BANDS
2,850-3,025 kHz
5,480-5,730 kHz
6,525-6,685 kHz
8,815-8,965 kHz
10,005-10,100 kHz
10,700 kHz
11,275-11,400 kHz

(2) กำลังของสัญญาณที่ส่งในระบบ PLC จะต้องไม่เกิน -50 dBm/Hz และกำลังโดยรวมต้องไม่เกิน 13 dBm

(3) กำหนดให้ระบบ BPL ใช้หลักการ frequency band blocking นั่นคือ มีกลไกการลดทอนสัญญาณที่ออกจากอาคาร เพื่อไม่ให้ไปรบกวนต่อระบบ PLC ที่ใช้งานในอีกอาคารหนึ่ง แต่ใช้โครงข่ายสาย LV เดียวกัน โดยจะต้องมีการลดทอนสัญญาณในช่วงความถี่ 1.6 – 30 MHz ไม่น้อยกว่า 30 dB

(4) มีข้อกำหนดด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) และการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ดังต่อไปนี้

EMI สำหรับการติดตั้งระบบ BPL

Limits for radiated emissions (FCC Part 15 § 15.209)

Frequency range (MHz)	**Emission level** [μV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)	**Measurement bandwidth**
1.705 to 30	30	30	according to § 15.31, 15.33, 15.35

EMC สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบ PLC ต้องเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้

Limits for radiated disturbance (CISPR 22 class B equipment)

Frequency range (MHz)	**Field strength level** [dBμV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)
30 to 230	30	10
230 to 1000	37	10

Limits of conducted common mode disturbance at multi-purpose port

(CISPR 22 class B equipment)

Frequency range (MHz)	**level** QUASI-PEAK	
	dBμA	dBμV
0.15 to 30	30	74

หรือเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้แทนก็ได้

Limits for radiated emissions (FCC Part 15 §§ 15.109, 15.209)

Frequency range (MHz)	**Emission level** [μV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)	**Measurement bandwidth**
0.009 to 0.490	2400/f (kHz)	300	according to § 15.31, 15.33, 15.35
0.490 to 1.705	24000/f (kHz)	30	
1.705 to 30	30	30	
above 30	§ 15.109 (e) or CISPR 22 limits	-	

อนึ่ง ไม่มีข้อมูลในส่วนของ narrow-band PLC ที่อนุญาตให้ใช้งานในประเทศสิงคโปร์

ประเทศเกาหลีใต้ [19]

ประเทศเกาหลีได้อนุญาตให้ใช้งานเทคโนโลยี broadband PLC ได้ในช่วงความถี่ (อนุญาตให้ใช้งานได้ทั้ง In-house BPL และ Access BPL) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2005

ข้อกำหนดสำหรับการใช้งาน broadband PLC มีสองส่วน คือ การกำหนดขีดจำกัดในการแพร่กระจายการรบกวน และการห้ามแพร่กระจายคลื่นในความถี่บางย่าน เพื่อป้องกันการรบกวนต่อข่ายสื่อสารที่ใช้งานอยู่เดิมหรือที่มีความสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการกระจายเสียงระบบ AM, ข่ายสื่อสารวิทยุสมัครเล่น หรือข่ายสื่อสารเพื่อบรรเทาและป้องกันภัยพิบัติ รายละเอียดดังนี้

Korean Limits of PLC equipment for radiated disturbance

Frequency range [MHz]	**Quasi-peak limits** [dBμV/m]	
	Class A	Class B
0.009 ~ 0.45	47 - 20log f	
0.45 ~ 30	54	
30 ~ 230	40	30
230 ~ 1000	47	37

(Note 1) Class B equipment is intended primarily for use in the domestic environment and Class A equipment is a category of all other equipment which satisfies the class A equipment limits but not the Class B limits.
(Note 2) Measurement distance is 3 m in frequency range 9 kHz to 30 MHz, and 10 m above 30 MHz.
(Note 3) Confirm the operation prohibition band notified by the Minister of Information and Communications regarding Article 58 paragraph of Korean Radio Waves Act.

The Prohibited frequency bands for operating PLC

Categories		**Frequency bands**	**Limits**
AM broadcasting		526.5 ~ 1605.5 kHz	6.3 μV/m at 3m distance
Amateur		1800~2000 kHz, 3500~4000 kHz, 7000~7300 kHz, 10100~10150 kHz, 14000~14350 kHz, 18068~18168 kHz, 21000~21450 kHz, 24890~24990 kHz, 28000~29700 kHz	6.3 μV/m at 3m distance
Disaster (SOS)	Aeronautical· Maritime	2850~3025 kHz, 3400~3500 kHz, 6525~6685 kHz, 8815~8965 kHz, 10005~10100 kHz, 13260~13360 kHz, 17900~17970 kHz, 2173.5~2190.5 kHz, 4176.5~4178.5 kHz, 8413.5~8415.5 kHz, 27819.9~27824.9 kHz	16 μV/m at 3 m distance When the power line communication is operated in outside a room.
	Distress Signal	450 kHz ~ 30 MHz	16 μV/m at 3 m distance When the power line communication is operated in outside a room within radius 1 km from base station (including relay station),

ทั้งนี้ หน่วยงานกำกับดูแลของเกาหลี (Ministry of Information and Communications) รายงานว่า จากข้อกำหนดทั้งสองส่วนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ปัญหาการรบกวนจึงลดน้อยลง และไม่ได้รับการร้องเรียนเกี่ยวกับการรบกวนตั้งแต่ ค.ศ. 2006 เป็นต้นมา

อนึ่ง ไม่มีข้อมูลในส่วนของ narrow-band PLC ที่อนุญาตให้ใช้งานในประเทศเกาหลีใต้

สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) [20,21,22,23,24]

สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ หรือ ITU รับผิดชอบการศึกษาและจัดทำข้อเสนอแนะหรือรายงานทางด้านวิทยุคมนาคม (ITU-R Recommendation/Report) และทางด้านมาตรฐานโทรคมนาคม (ITU-T Recommendation/Report) มีการดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี PLC ดังต่อไปนี้

กลุ่มศึกษาที่ 1 ของภาคการวิทยุคมนาคม (ITU-R Study Group 1)

กลุ่มศึกษาที่ 1 ของภาคการวิทยุคมนาคม รับผิดชอบการศึกษาเกี่ยวกับการบริหารคลื่นความถี่ (spectrum management) ในภาพรวม รวมทั้งปัญหาการรบกวนกันระหว่างกิจการวิทยุคมนาคมกับกิจการอื่น ได้ทำการศึกษาในหัวข้อ power line high data rate telecommunications systems โดยได้มีร่างเอกสารเบื้องต้นจำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย

ร่างรายงาน Preliminary Draft New Report on Impact of power line telecommunications systems on radiocommunication systems operating in the LF, MF, HF and VHF bands below 80 MHz ซึ่งเป็นเอกสารรวบรวมข้อมูลและข้อเท็จจริงจากผลการศึกษาในส่วนของผลกระทบจากระบบ PLC ที่มีต่อกิจการวิทยุคมนาคมในย่านความถี่วิทยุ 1 – 80 MHz ทั้งนี้ ร่างรายงานดังกล่าวจะมีเนื้อหาประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- ลักษณะทางเทคนิคของระบบ PLC
- ข้อมูลเกี่ยวกับสัญญาณรบกวน (noise) ลักษณะการแผ่คลื่น (radiation) และการแพร่กระจายคลื่น (propagation)
- ข้อมูลเกี่ยวกับข่ายสื่อสารในกิจการวิทยุคมนาคมต่าง ๆ และเกณฑ์ป้องกันการรบกวน เช่น กิจการวิทยุกระจายเสียง กิจการวิทยุสมัครเล่น กิจการเคลื่อนที่ (ทางบก ทางทะเล และทางอากาศ) กิจการวิทยุหาตำแหน่ง กิจการวิทยุนำทาง กิจการประจำที่ กิจการวิทยุดาราศาสตร์ ตลอดจนถึงการใช้งานวิทยุคมนาคมอื่น ๆ เช่น short range device เป็นต้น
- การวิเคราะห์ผลกระทบการรบกวนที่อาจเกิดขึ้นกับข่ายสื่อสารอื่นจากระบบ PLC รวมทั้งข้อมูลผลจากการวัด และการทดลองระบบ PLC ที่มีใช้งาน
- วิธีการลดหรือขจัดปัญหาการรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้น

ทั้งนี้ ร่างรายงานดังกล่าวยังเป็นเพียงเอกสารเบื้องต้นเท่านั้น และยังไม่ได้ข้อยุติในขณะนี้

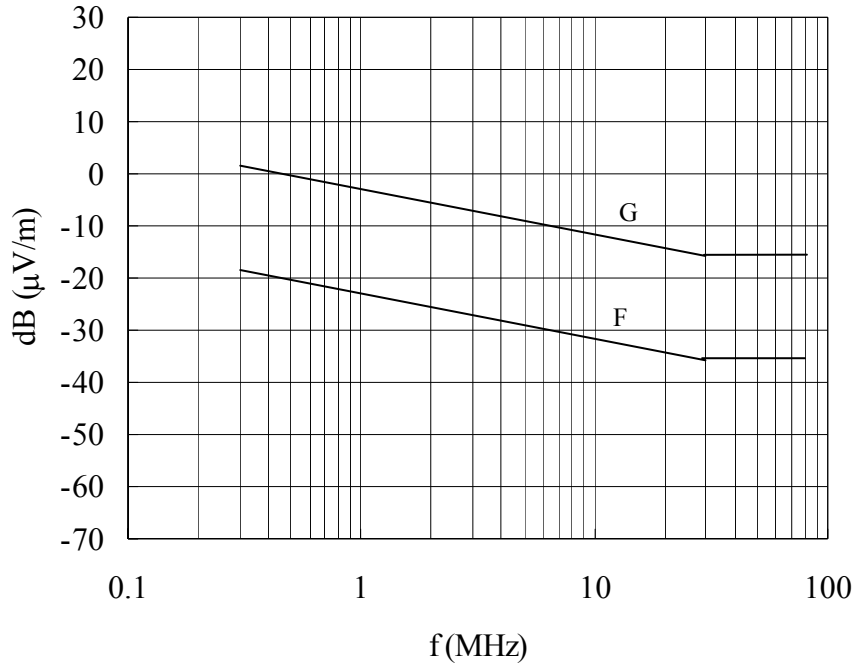
ร่างข้อเสนอแนะ Preliminary Draft New Recommendation on power line high data rate telecommunications systems ซึ่งเป็นเอกสารรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเกณฑ์การคุ้มครองการรบกวน (protection criteria) ของกิจการวิทยุคมนาคมต่าง ๆ รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับขีดจำกัด (limits) วิธีการหรือมาตรการ และขั้นตอนที่ใช้ในการควบคุมการแผ่หรือแพร่กระจายคลื่นจากระบบ PLC เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนต่อกิจการวิทยุคมนาคม ของประเทศต่าง ๆ (เช่น สหรัฐอเมริกา กลุ่มประเทศยุโรป ญี่ปุ่น และบราซิล) และเสนอแนะให้ประเทศสมาชิก ITU นำเกณฑ์การคุ้มครองการรบกวน รวมทั้งขีดจำกัด มาตรการ และขั้นตอนที่มีใช้อยู่แล้วเหล่านั้น ไปใช้ดำเนินการตามที่เห็นว่าเหมาะสม ทั้งนี้ ร่างข้อเสนอแนะดังกล่าวยังเป็นเพียงเอกสารเบื้องต้นเท่านั้น และยังไม่ได้ข้อยุติในขณะนี้

กลุ่มศึกษาที่ 6 ของภาคการวิทยุคมนาคม (ITU-R Study Group 6)

กลุ่มศึกษาที่ 6 ของภาคการวิทยุคมนาคม รับผิดชอบการศึกษาเกี่ยวกับกิจการวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ทั้งหมด ซึ่งได้ทำการศึกษาในหัวข้อเกณฑ์การคุ้มครองการรบกวน (protection criteria) กิจการวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์จากกิจการอื่น ๆ ด้วย และได้จัดทำร่างข้อเสนอแนะจำนวน 1 ฉบับ ดังนี้

Draft New Recommendation on Protection requirements for broadcasting systems operating in the LF, MF, HF and VHF bands below 80 MHz against the impact of power line telecommunication (PLT) systems ซึ่งได้เสนอเกณฑ์การคุ้มครองการรบกวนไว้ดังนี้

Required limits for interference field strength (*b*: 9 000 Hz)



F: limit for r.m.s value of interference field strength (20 dB below curve D
in Fig. 2 at below 30 MHz)
G: limit for peak value of interference field strength (20 dB above F)

อย่างไรก็ตาม ร่างข้อเสนอแนะดังกล่าว ไม่ได้ผ่านความเห็นชอบจากที่ประชุมสมัชชาวิทยุคมนาคม (RA-07) ซึ่งจัดขึ้นเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2550 ที่ผ่านมา โดยที่ประชุมได้สั่งการให้กลุ่มศึกษาที่ 6 รับร่างข้อเสนอแนะไปปรับเปลี่ยนเป็นรายงานผลการศึกษา (ซึ่งไม่มีผลใช้บังคับ) แทน

กลุ่มศึกษาที่ 7 ของภาคการวิทยุคมนาคม (ITU-R Study Group 7)

กลุ่มศึกษาที่ 7 ของภาคการวิทยุคมนาคม รับผิดชอบการศึกษาเกี่ยวกับกิจการวิทยุวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งกิจการวิทยุดาราศาสตร์ (radio astronomy) ซึ่งได้ทำการศึกษาในหัวข้อเกณฑ์การคุ้มครองการรบกวน (protection criteria) กิจการวิทยุดาราศาสตร์จากกิจการอื่น ๆ ด้วย และได้เสนอเกณฑ์การคุ้มครองการรบกวนไว้ในเอกสารข้อเสนอแนะ ITU-R RA.769 protection criteria of the radio astronomy services ซึ่งมีรายละเอียดการคุ้มครองการรบกวนในย่าน 1 – 80 MHz ดังนี้

Frequency band (MHz)	Threshold levels detrimental to the RAS in dBW	Threshold levels detrimental to the RAS in dB(μV/m)	Reference bandwidth (kHz)
13.36-13.41	–185	–48.2	10
25.55-25.67	–188	–52.4	10
37.5-38.25	–209	–50.2	100
73.0-74.6	–195	–36.2	100

กลุ่มศึกษาที่ 5 ของภาคการมาตรฐานโทรคมนาคม (ITU-T Study Group 5)

กลุ่มศึกษาที่ 5 ของภาคการมาตรฐานโทรคมนาคม รับผิดชอบการศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันโครงข่ายโทรคมนาคมและอุปกรณ์จากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า และจากฟ้าผ่า รวมทั้งการศึกษาเกี่ยวกับความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility: EMC) ที่เกิดจากอุปกรณ์และการติดตั้งทางโทรคมนาคม

กลุ่มศึกษาที่ 5 ของภาคการมาตรฐานโทรคมนาคม ในการประชุมครั้งล่าสุด ระหว่างวันที่ 19 – 23 พฤศจิกายน 2550 ณ นครเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ได้พิจารณาแก้ไขข้อเสนอแนะ ITU-T Recommendation K.60 (Emission levels and test methods for wire-line telecommunication networks in case of radio interference) ซึ่งได้เสนอแนะค่าการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ยอมให้มีได้จากโครงข่ายโทรคมนาคมทางสาย (ในกรณีที่มีการร้องเรียนเกิดขึ้น) ดังตารางข้างล่างนี้

Table 1/K.60 – Target levels for disturbance from telecommunication networks measured in *situ*

Frequency range (MHz)	Field strength level [dBμV/m]		Standard measurement distance	Measurement bandwidth
	PEAK	QUASI-PEAK		
0.009 to 0.15	52 – 20*log(f[MHz])	NOTE 2	3 m	200 Hz
0.15 to 1	52 – 20*log(f[MHz])	NOTE 2	3 m	9 kHz
1 to 30	52 – 8.8*log(f[MHz])	NOTE 2	3 m	9 kHz
30 to 230	NOTE 2	40	3 m	120 kHz
230-1000	NOTE 2	47	3 m	120 kHz
1000 to 3000	70	n.a.	3 m	1 MHz
3000 to 6000	74	n.a.	3 m	1 MHz

NOTE 1 – For the purposes of this Recommendation, the levels are specified in terms of electric field strength. In the frequency range below 30 MHz these levels also apply, if necessary, formally converted by means of the free space wave propagation impedance of 377 Ω, to the magnetic field strength measured in accordance with 7.3.

NOTE 2 – Either the PEAK or the QUASI-PEAK level is given. Missing level can be derived by applying a PEAK to QUASI-PEAK factor. This last depends on technology and can be previously determined by measurement or calculation.

NOTE 3 – At the transition frequency, the lower level applies.

เนื่องจากข้อเสนอแนะดังกล่าวมีขอบข่ายการใช้งานครอบคลุมโครงข่ายโทรคมนาคมทางสายทุกประเภท รวมทั้งโครงข่ายที่ใช้สายไฟฟ้าแรงต่ำด้วย (all telecommunication networks using the Low Voltage (LV) AC mains network) ดังนั้น จึงใช้ได้กับระบบ narrowband PLC และ in-house/in-building BPL แต่ไม่รวม access BPL

นอกจากนั้น ข้อเสนอแนะ ITU-T Recommendation K.60 ยังได้แนะนำวิธีการวัดค่าการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในความถี่ช่วง 9 kHz – 30 MHz และช่วง 30 – 3000 MHz ไว้ด้วย

คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิคส์ (International Electrotechnical Commission – IEC) มีหน้าที่รับผิดชอบการกำหนดมาตรฐานทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ภูมิคุ้มกันการรบกวน ความปลอดภัยทางไฟฟ้า และการป้องกันการรบกวนระหว่างเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกัน

IEC ได้จัดทำมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC อยู่บางส่วน แต่มาตรฐานที่สำคัญสำหรับการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าว คือ

IEC 61000-3-8 (1997-08): Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations – Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance level

มาตรฐานดังกล่าว ซึ่งใช้บังคับกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สัญญาณในช่วงความถี่ 3 kHz – 525 kHz เพื่อรับส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ไม่ว่าจะผ่านโครงข่ายของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า หรือภายในอาคารของผู้ใช้เอง โดยกำหนดช่วงความถี่ให้กับการประยุกต์ใช้งานแต่ละแบบ ระบุค่าขีดจำกัด (เป็นค่าแรงไฟฟ้าขาออก)ที่เหมาะสมในช่วงความถี่ใช้งาน ระบุค่าขีดจำกัดการรบกวนทั้งแบบ conducted และแบบ radiated (ในย่าน 3 kHz – 400 GHz) รวมทั้งระบุวิธีการวัดที่เหมาะสมด้วย

แม้ว่ามาตรฐานดังกล่าวจะมีข้อกำหนดบางส่วนไม่ได้ใช้บังคับกับกลุ่มประเทศในแถบเอเชียและแปซิฟิก แต่ก็สามารถนำบางส่วนมาประยุกต์เพื่อใช้บังคับได้ ซึ่งสามารถสรุปข้อกำหนดที่สำคัญของมาตรฐานดังกล่าวได้ดังนี้

<u>การแบ่งช่วงความถี่สำหรับการประยุกต์ใช้งาน (ข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มประเทศยุโรป)</u>

3 kHz – 9 kHz ให้ใช้สำหรับกิจการของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า (หรือภายในอาคารของผู้ใช้ หากได้รับอนุญาตจากหน่วยงานสาธารณูปโภคนั้น)

9 kHz – 95 kHz ให้ใช้สำหรับกิจการของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

> 95 kHz ให้ใช้สำหรับกิจการของผู้ใช้ทั่วไป

<u>ขีดจำกัดแรงไฟฟ้าขาออกของเครื่องส่ง (ข้อกำหนดเฉพาะกลุ่มประเทศยุโรป)</u>

Transmitter output signal voltage (maximum output signal levels)

Frequency range (kHz)	**level** [dBμV]
3 to 9	134 (differential mode) 134 (common-mode, into customer network) 89 (common-mode, into utility network)
9 to 95	134 ~ 120 (narrow band signal) 134 (wide band signal)

Frequency range (kHz)	**level** [dBμV]
95 to 148.5	116 (general use) 134 (industrial use)
148.5 to 500	66 ~ 56
500 to 525	56

ขีดจำกัดการรบกวน

แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) Conducted disturbance (at mains port) ให้ใช้วิธีการวัดตามที่ปรากฏใน CISPR 16-2 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้

Limits of mains terminal disturbance voltage

Frequency range (MHz)	**level** [dBμV] PEAK	**level** [dBμV] QUASI-PEAK	**level** [dBμV] AVERAGE
0.003 to 0.0099	89	-	-
0.009 to 0.15	-	89 ~ 66	-
0.15 to 0.5	-	66 ~ 56	56 ~ 46
0.5 to 5	-	56	46
5 to 30	-	60	50

2) Radiated interference field strength ให้ใช้วิธีการวัดตามที่ปรากฏใน CISPR 16-3 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้

Limits of radiated interference field strength @ 10 m

Frequency range (MHz)	**level** [dB(μV/m)] QUASI-PEAK
< 30	no limits apply
30 to 230	30
230 to 1 000	37
> 1 000	no limits apply

คณะกรรมการพิเศษระหว่างประเทศว่าด้วยการรบกวนทางวิทยุ (CISPR) [25,26]

คณะกรรมการพิเศษระหว่างประเทศว่าด้วยการรบกวนทางวิทยุ (International Special Committee on Radio Interference – CISPR) ภายใต้คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอเทคนิคส์ (International Electrotechnical Commission – IEC) มีหน้าที่รับผิดชอบการกำหนดมาตรฐานด้านการป้องกันการรบกวนทางวิทยุในช่วง 9 kHz ถึง 400 GHz จากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยไม่ได้เจตนา (unintentional radiator)

CISPR ได้จัดตั้งกลุ่มทำงานเฉพาะกิจ Project Team CISPR-22 PLT (ซึ่งมี Mr Jean-Philippe Faure จาก Schneider Electric Powerline Communications, France ทำหน้าที่เป็น Convenor) มีหน้าที่รับผิดชอบการกำหนดขีดจำกัดและวิธีการวัดสำหรับการรบกวนทางวิทยุจากอุปกรณ์โทรคมนาคมที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูงผ่านสายไฟฟ้า (power line telecommunication: PLT)

ในส่วนของขีดจำกัด (limits) นั้น กลุ่มทำงานเฉพาะกิจได้เห็นชอบให้ใช้ขีดจำกัดตามที่กำหนดไว้ในเอกสาร **CISPR 22** (ITE – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement) โดยไม่เปลี่ยนแปลง

ในส่วนของวิธีการวัดนั้น กลุ่มทำงานเฉพาะกิจอยู่ระหว่างการพิจารณาจัดทำ ซึ่งในการประชุมครั้งล่าสุดของกลุ่มทำงาน (17-22 กันยายน 2550) นั้น ได้เห็นชอบให้ใช้วิธีการวัดและพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

เห็นชอบให้มีการวัด 2 ขั้นตอน สำหรับ conducted disturbance คือ วัดโดยใช้ Artificial Mains Network (AMN) ในย่าน 148.5 kHz – 1605 kHz เปรียบเทียบกับ voltage limits แล้วจึงวัดโดยใช้ Impedance Stabilizing Network (ISN) ในย่าน 1605 kHz – 30 MHz เปรียบเทียบกับ voltage limits

สำหรับการวัด radiated disturbance ในย่าน 30 MHz – 1 GHz ให้ใช้การวัดเช่นเดียวกับการวัด ITE ประเภทอื่น ๆ

พารามิเตอร์สำหรับ ISN ที่ใช้ในการวัด จะใช้ค่า Longitudinal Conversion Loss (LCL) = 24 dB, common mode impedance = 25 ohms, differential mode impedance = 100 ohms

ทั้งนี้ กลุ่มทำงานเฉพาะกิจให้เหตุผลว่า CISPR 22 เน้นการใช้ AMN สำหรับ mains port และการใช้ ISN สำหรับ telecommunication port ซึ่งในกรณีของ PLT port ที่มีลักษณะก้ำกึ่งทั้งสองอย่างนั้น ได้เสนอให้ใช้ ISN เหตุผลที่เลือกเสนอให้ใช้ ISN สำหรับการวัด PLT port เนื่องด้วย ไม่ขัดต่อหลักการของ CISPR 22 อีกทั้งการบรรเทาหรือลดผลกระทบจะทำได้ง่ายกว่า เนื่องจากวงจรมีความซับซ้อนน้อยกว่า และในขณะนี้ บริษัทผู้ผลิตและผู้บริโภคต่างก็รอการกำหนดมาตรฐานนี้อยู่

อย่างไรก็ตาม วิธีการวัดดังกล่าวจะใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคารเท่านั้น ยังไม่ได้ข้อยุติในส่วนของวิธีการวัดสำหรับอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายนอกอาคาร ทั้งนี้ กลุ่มทำงานเฉพาะกิจได้พิจารณาว่า ข้อแตกต่างในกรณีของอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายนอกอาคารกับภายในอาคารคือ การใช้สายไฟฟ้าภายนอกอาคาร ทำให้เกิดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามากขึ้น ลักษณะทางกายภาพของสายไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นแบบพาดเสาไฟฟ้า วางผ่านท่อร้อยสาย ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันด้วย อีกทั้งการใช้สาย LV กับ MV ก็ทำให้เกิดความแตกต่างกันในแต่ละอุปกรณ์ได้ด้วย ดังนั้น ค่า LCL ควรจะมีค่าแตกต่างกัน สำหรับสายที่มีลักษณะการติดตั้งใช้งานที่แตกต่างกัน

ขีดแบ่งระหว่างอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในหรือภายนอกอาคาร คือ มาตรวัดไฟฟ้า (electricity meter box) โดยส่วนที่ก่อนเข้ามาตรวัดไฟฟ้า ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายนอกอาคาร แต่ถ้าเป็นส่วนหลังจากมาตรวัดไฟฟ้า ให้ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในอาคาร ทั้งนี้ หากอุปกรณ์ใดต้องติดตั้งที่ตัวมาตรวัดไฟฟ้า จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดในมาตรฐานทั้งสองส่วน

กลุ่มทำงานเฉพาะกิจ อยู่ในระหว่างการจัดทำร่างมาตรฐานเบื้องต้นในเรื่องดังกล่าว โดยจะเป็นการแก้ไขเพิ่มเติมเอกสาร CISPR 22 ในส่วนของวิธีการวัดสำหรับ PLT โดยคาดว่าจะเสนอร่างมาตรฐานได้ภายในปี ค.ศ. 2008

ข้อมูลเกี่ยวกับ CISPR 22

CISPR 22 (ITE – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement) มีขอบข่ายครอบคลุมอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (information technology equipment)[6] ทุกประเภท ที่มี rated supply น้อยกว่า 600 V

มาตรฐาน CISPR 22 ได้แบ่งประเภทอุปกรณ์ออกเป็น 2 แบบ คือ Class B ITE[7] กับ Class A ITE[8] และได้กำหนดค่าขีดจำกัดสัญญาณรบกวนไว้สองลักษณะคือ

ขีดจำกัดสำหรับสัญญาณรบกวนที่นำตามสายที่ช่องทางแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าประธานและช่องทางโทรคมนาคม (Limits for conducted disturbance at mains terminals and telecommunication ports)
ซึ่งประกอบด้วย

- ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้ารบกวนที่ขั้วต่อแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าประธาน (Limits of mains terminal disturbance voltage) สำหรับ ITE ประเภท A และ ประเภท B
- ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนแบบวิธีร่วม (แบบวิธีอสมมาตร) ที่นำตามสายที่ช่องทางโทรคมนาคม (Limits of conducted common mode disturbance at telecommunication ports) สำหรับ ITE ประเภท A และ ประเภท B

---

[6] บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology Equipment) คือ บริภัณฑ์ใด ๆ

ก) ซึ่งมีหน้าที่เบื้องต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ในการรับเข้า (entry) การเก็บ (storage) การแสดงผล (display) การค้นคืน (retrieval) การส่งผ่าน การประมวลผล การสวิตช์ หรือการควบคุมข้อมูลและข่าวสารโทรคมนาคม และอาจมีช่องทางขั้วต่อสาย (terminal port) ช่องทางหนึ่งหรือหลายช่องทาง ซึ่งทำงานโดยปกติในการถ่ายโอนสารสนเทศติดตั้งอยู่

ข) ที่มีแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของแหล่งจ่ายไม่เกิน 600 โวลต์

ซึ่งรวมถึงบริภัณฑ์ประมวลผลข้อมูล (data processing equipment) เครื่องใช้สำนักงาน (office machines) บริภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ในทางธุรกิจ (electronic business equipment) และบริภัณฑ์โทรคมนาคม (telecommunication equipment)

[7] ITE ประเภท B คือ บริภัณฑ์ซึ่งเป็นไปตามขีดจำกัดสัญญาณรบกวนสำหรับ ITE ประเภท B มีจุดประสงค์หลักสำหรับใช้งานในสิ่งแวดล้อมพักอาศัย (สิ่งแวดล้อมที่คาดว่าจะมีการใช้เครื่องรับวิทยุและโทรทัศน์อยู่ในระยะ 10 เมตรจากบริภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง) และอาจรวมถึง

- บริภัณฑ์ที่ไม่อาจกำหนดสถานที่ใช้งานตายตัวได้ เช่น บริภัณฑ์หยิบยกได้ (portable) ที่ได้รับกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในตัว (built-in battery)
- บริภัณฑ์โทรคมนาคมปลายทาง (telecommunication terminal equipment) ที่ได้รับกำลังไฟฟ้าจากโครงข่ายโทรคมนาคม
- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและบริภัณฑ์ประกอบที่เข้ามาเชื่อม

[8] ITE ประเภท A คือกลุ่มของ ITE อื่น ๆ ทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามขีดจำกัดสำหรับ ITE ประเภท A แต่ไม่เป็นตามขีดจำกัดสำหรับ ITE ประเภท B

ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนที่แผ่กระจายเป็นคลื่น (Limits for radiated disturbance) สำหรับ ITE ประเภท A และประเภท B

ซึ่งแสดงให้เห็นเป็นตารางได้ดังนี้

Limits for radiated disturbance

Frequency range (MHz)	**Field strength level** [dBμV/m] PEAK		**Field strength level** [dBμV/m] QUASI-PEAK		**Field strength level** [dBμV/m] AVERAGE		**Standard measurement distance** (m)	**Measurement bandwidth**
	A	B	A	B	A	B		
30 to 230	-	-	40	30	-	-	10	According to CISPR 16-1-1
230 to 1000	-	-	47	37	-	-	10	
1000 to 3000	76	70	-	-	56	50	3	
3000 to 6000	80	74	-	-	60	54	3	

Limits of mains terminal disturbance voltage

Frequency range (MHz)	**level** [dBμV] PEAK		**level** [dBμV] QUASI-PEAK		**level** [dBμV] AVERAGE		**Measurement bandwidth**
	A	B	A	B	A	B	
0.15 to 0.5	-	-	79	66 ~ 56	66	56 ~ 46	-
0.5 to 5	-	-	73	56	60	46	
5 to 30	-	-	73	60	60	50	

Limits of conducted common mode disturbance at telecommunication port

Frequency range (MHz)	**level [dBμV] PEAK**		**level [dBμV] QUASI-PEAK**		**level [dBμV] AVERAGE**		**Measurement bandwidth**
	A	B	A	B	A	B	
0.15 to 0.5	-	-	97 ~ 87	84 ~ 74	84 ~ 74	76 ~ 64	-
0.5 to 30	-	-	87	87	74	64	

สถาบันมาตรฐานโทรคมนาคมแห่งยุโรป/คณะกรรมการมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์แห่งยุโรป (ETSI/CENELEC) [27,28]

ในปี ค.ศ. 2001 คณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission) ได้มอบหมายให้สถาบันมาตรฐานโทรคมนาคมแห่งยุโรป (European Telecommunications Standard Institute - ETSI) และคณะกรรมการมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์แห่งยุโรป (European Committee for Electrotechnical Standardization – CENELEC) ร่วมกันพิจารณาจัดทำมาตรฐานทางเทคนิคที่เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยี PLC มาใช้งาน

มาตรฐานสำหรับ narrowband PLC

คณะทำงานร่วม (ETSI/CENELEC Joint Working Group) ได้จัดทำมาตรฐานที่เกี่ยวข้องอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี narrowband PLC เป็นจำนวนมาก ดังมีรายชื่อมาตรฐานในหน้า 2-32 แต่มาตรฐานที่สำคัญสำหรับการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าว คือ

EN 50065-1:2001 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances

มาตรฐานดังกล่าว ใช้บังคับกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สัญญาณในช่วงความถี่ 3 kHz – 148.5 kHz เพื่อรับส่งสัญญาณข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำ ไม่ว่าจะผ่านโครงข่ายของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าหรือภายในอาคารของผู้ใช้เอง โดยกำหนดช่วงความถี่ให้กับการประยุกต์ใช้งานแต่ละแบบ ระบุค่าขีดจำกัด(เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าขาออก)ที่เหมาะสมในช่วงความถี่ใช้งาน ระบุค่าขีดจำกัดการรบกวนทั้งแบบ conducted และแบบ radiated (ในย่าน 3 kHz – 400 GHz) รวมทั้งระบุวิธีการวัดที่เหมาะสมด้วย ซึ่งสามารถสรุปข้อกำหนดที่สำคัญของมาตรฐานดังกล่าวได้ดังนี้

<u>การแบ่งช่วงความถี่สำหรับการประยุกต์ใช้งาน</u>

3 kHz – 95 kHz ให้ใช้สำหรับกิจการของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

> 95 kHz ให้ใช้สำหรับกิจการของผู้ใช้ทั่วไป

<u>ขีดจำกัดแรงดันไฟฟ้าขาออกของเครื่องส่ง</u>

Transmitter output signal voltage (maximum output signal levels)

Frequency range (kHz)	**level** [dBμV]
3 to 9	134 (single-phase device) 128 (3-phase device, simultaneous transmission on all phases) 134 (3-phase device, transmission on a single phase only)
9 to 95 (narrow band signal)	134 ~ 120 (single-phase device) 128 ~ 120 (3-phase device, simultaneous transmission on all phases) 134 ~ 120 (3-phase device, transmission on a single phase only)
9 to 95 (wide band signal)	134 (single-phase device) 128 (3-phase device, simultaneous transmission on all phases) 134 (3-phase device, transmission on a single phase only)

Frequency range (kHz)	**level** [dBμV]
95 to 148.5 (general use)	122 (single-phase device) 116 (3-phase device, simultaneous transmission on all phases) 122 (3-phase device, transmission on a single phase only)
95 to 148.5 (industrial use)	134 (single-phase device) 128 (3-phase device, simultaneous transmission on all phases) 134 (3-phase device, transmission on a single phase only)

ขีดจำกัดการรบกวน

แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) Conducted disturbance (at mains port) ให้ใช้วิธีการวัดตามที่ปรากฏใน CISPR 16-2 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้

Limits of mains terminal disturbance voltage

Frequency range (MHz)	**level** [dBμV] PEAK	**level** [dBμV] QUASI-PEAK	**level** [dBμV] AVERAGE
0.003 to 0.0099	89	-	-
0.009 to 0.15	-	89 ~ 66	-
0.15 to 0.5	-	66 ~ 56	56 ~ 46
0.5 to 5	-	56	46
5 to 30	-	60	50

2) Radiated interference field strength ให้ใช้วิธีการวัดตามที่ปรากฏใน CISPR 16-3 โดยมีขีดจำกัดตามที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้

Limits of radiated interference field strength @ 10 m

Frequency range (MHz)	**level** [dB(μV/m)] QUASI-PEAK
30 to 230	30
230 to 1 000	37

EN 50065 series

EN 50065-1:2001 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances

EN 50065-2-1:2003 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 2-1: Immunity requirements for mains communications equipment and systems operating in the range of frequencies 95 kHz to 148,5 kHz and intended for use in residential, commercial and light industrial environments + Amendment 1: 2005

EN 50065-2-2:2003 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 2-2: Immunity requirements for mains communications equipment and systems operating in the range of frequencies 95 kHz to 148,5 kHz and intended for use in industrial environments + Amendment 1: 2005

EN 50065-2-3:2003 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 2-3: Immunity requirements for mains communications equipment and systems operating in the range of frequencies 3 kHz to 95 kHz and intended for use by electricity suppliers and distributors + Amendment 1: 2005

EN 50065-4-2:2001 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz and 1,6 MHz to 30 MHz -- Part 4-2: Low voltage decoupling filters - Safety requirements + Amendment 1: 2003 + Amendment 2: 2005

EN 50065-4-3:2003 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 4-3: Low voltage decoupling filter - Incoming filter

EN 50065-4-4:2003 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 4-4: Low voltage decoupling filter - Impedance filter

EN 50065-4-5:2003 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 4-5: Low voltage decoupling filter - Segmentation filter

EN 50065-4-6:2004 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 4-6: Low voltage decoupling filters - Phase coupler

EN 50065-4-7:2005 Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz and 1,6 MHz to 30 MHz -- Part 4-7: Portable low voltage decoupling filters - Safety requirements

มาตรฐานสำหรับ broadband PLC

คณะทำงานร่วม (ETSI/CENELEC Joint Working Group) ไม่สามารถหาข้อยุติในการจัดทำมาตรฐานสำหรับ broadband PLC จึงยังไม่มีร่างมาตรฐานในขณะนี้ นอกเหนือจากมาตรฐานบังคับทั่วไปด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าและภูมิคุ้มกันสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ภายใต้ Low Voltage Directive และ EMC Directive (คือ EN 55022 และ EN 55024) อย่างไรก็ตาม ETSI ได้จัดทำรายงานทางวิชาการ (technical report) ที่เกี่ยวข้องอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี broadband PLC (ซึ่งในยุโรป เรียกว่า PLT) เป็นจำนวนมาก ดังมีรายชื่อข้างล่างนี้

ETSI Technical Reports

ETSI TR 102 494 (2005-06): Powerline Telecommunications (PLT) Technical requirements for In-House PLC modems

ETSI TR 102 370 (2004-11): Powerline Telecommunications (PLT); Basic data relating to LVDN measurements in the 3 MHz to 100 MHz frequency range

ETSI TR 102 324 (2004-05): Powerline Telecommunications (PLT); Radiated emissions' characteristics and measurement method of state of the art power line communication networks

ETSI TR 102 270 (2003-12): PowerLine Telecommunication (PLT); Basic Low Votage Distribution Network (LVDN) measurement data

ETSI TR 102 269 (2003-12): PowerLine Telecommunications (PLT); Hidden Node review and statistical analysis

ETSI TR 102 259 (2003-09): PowerLine Telecommunications (PLT); EMI review and statistical analysis

ETSI TR 102 258 (2003-09): Powerline Telecommunications (PLT); LCL review and statistical analysis

ETSI TR 102 175 (2003-03): Powerline Telecommunications (PLT); Channel characterization and measurement methods

ETSI TR 102 049 (2002-05): Powerline Telecommunications (PLT); Quality of Service (QoS) requirements for in-house systems

ETSI TR 101 896 (2001-02): Powerline Telecommunications (PLT); Reference network architecture model PLT Phase 1

ETSI TR 101 867 (2000-11): Powerline Telecommunications (PLT); Coexistence of Access and In-house Powerline Systems

รายงาน TR 102 494 ได้นำเสนอข้อกำหนดทางเทคนิคในส่วนของ PHY layer และ MAC layer ที่น่าสนใจ เป็นต้นว่า การกำหนดให้มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลโดยเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 20 Mbps เสนอให้ใช้ช่วงความถี่ 1.605 – 30 MHz เป็นช่วงหลัก และช่วงความถี่ > 30 MHz เป็นช่วงเสริม กำหนดให้มีการกรองขจัดสัญญาณในลักษณะ dynamic notching และค่า power spectral density (แต่ยังไม่ได้ระบุรายละเอียด)

รายงาน TR 102 259 ได้อธิบายและนำเสนอรายละเอียดคุณสมบัติของการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากระบบ PLT ที่ใช้งาน (ทั้ง Access และ In-home) รวมทั้งเสนอวิธีการวัดสำหรับ radiated emissions ที่ความถี่ต่ำกว่า 30 MHz ที่เหมาะสม นอกจากนั้น ยังได้นำเสนอข้อมูลที่น่าสนใจจากผลที่ได้จากการวัดระดับการแผ่

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากระบบ PLT ที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งพบว่า ได้ค่าความแรงสนามแม่เหล็กไม่เกินค่าที่ปรากฏในตารางข้างล่างนี้

Frequency range (MHz)	**Field strngth** [dB(μA/m)] QUASI-PEAK	**Reference measurement distance** (m)	**Measurement bandwidth** (kHz)
1.605 to 30	14 (100% of measurements)	3	9
1.605 to 30	4 (80% of measurements)	3	9

นอกจากนั้น รายงาน TR 101 867 ยังได้นำเสนอข้อมูลและแนวทางการใช้งาน In-house PLT และ Access PLT ร่วมกัน โดยพิจารณาจากมุมมองที่ว่าระบบทั้งสองส่วนจะมีผู้รับผิดชอบที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีมาตรการหรือแนวทางในการลดผลกระทบจากการรบกวนซึ่งกันและกันในช่วงความถี่ที่สนใจ (1.6 – 30 MHz) ไม่ว่าจะเป็นการใช้การกรองขจัดสัญญาณให้สัญญาณจากระบบหนึ่งซึ่งเป็นสัญญาณที่ไม่ต้องการมีกำลังต่ำ (เสนอไว้ที่ -120 dBm/Hz หรือต่ำกว่าค่า power spectral density mask ที่กำหนด) เมื่อเทียบกับสัญญาณจากอีกระบบหนึ่งซึ่งเป็นสัญญาณที่ต้องการ หรือใช้หลักการแบ่งช่วงความถี่ใช้งาน ให้ระบบ Access PLT ใช้ช่วง 1.6 – 10 MHz และระบบ In-house PLT ใช้ช่วง 10 – 30 MHz (ในกรณีที่หลักการก่อนหน้าใช้ไม่ได้ผล) หรือเพิ่มเติมหลักการ dynamic frequency allocation นั่นคือ สามารถไปใช้ช่วงความถี่อื่นนอกเหนือจากที่ระบุไว้ได้ ในกรณีที่ระบบค้นพบว่ายังไม่มีการใช้งานในสถานที่และเวลานั้น แต่จำเป็นต้องมีความสามารถของ common channel signaling อยู่ในระบบด้วย

ในประเด็นของการรบกวนระหว่างระบบ PLC/BPL กับข่ายสื่อสารอื่นนั้น เป็นที่ถกเถียงกันในเชิงวิชาการอย่างมาก เนื่องจากสายไฟฟ้าไม่มีการป้องกันการแผ่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (unshielded) จึงเปรียบเสมือนเป็นสายอากาศชั้นดี ที่หากส่งสัญญาณวิทยุที่กำลังส่งสูง ก็อาจจะเกิดการรบกวนกับกิจการวิทยุคมนาคมอื่น หรือกิจการวิทยุดาราศาสตร์ได้ และในทางกลับกันระบบ PLC ก็จะเสี่ยงกับการถูกรบกวนจากสัญญาณวิทยุภายนอกได้เช่นกัน

ประเทศไทยยังไม่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการรบกวนระหว่าง PCL/BPL กับข่ายสื่อสาร/ข่ายวิทยุคมนาคมอื่นเป็นการเฉพาะอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตาม มีรายงานผลการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา ทั้งที่ดำเนินการโดยหน่วยงานรัฐ (Federal Communications Commission - FCC และ National Telecommunication and Information Administration - NTIA) และหน่วยงานอื่นที่ได้รับผลกระทบ (The National Association for Amateur Radio – ARRL) ซึ่งสมควรจะได้นำมาเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาด้วย ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลดังกล่าวมาสรุป มีรายละเอียดดังนี้

FCC [29]

เมื่อปี ค.ศ. 2003 เจ้าหน้าที่ของ FCC ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ in-house PLC (broadband) เพื่อทำการวัดค่า radiated emission ว่าเป็นไปตาม FCC Part 15 § 15.209 หรือไม่ และสามารถทำการวัดค่า conducted emissions โดยปรับพารามิเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อใช้แทนค่าดังกล่าวได้หรือไม่

ผลการวัดในเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า ค่า radiated emissions ที่วัดได้จากอุปกรณ์ดังกล่าว ในย่าน 1.7 – 30 MHz มีค่าเกินค่าขีดจำกัดที่กำหนดไว้ใน § 15.209 ประมาณ 18 dB (สำหรับกรณีอุปกรณ์ที่เป็น Class A) และประมาณ 5 dB (สำหรับกรณีอุปกรณ์ที่เป็น Class B)

นอกจากนั้น การทดสอบโดยวัดค่า conducted emissions นั้น อาจใช้แทนหรือเทียบเคียงกับวิธีการวัด radiated emissions ข้างต้นได้ แต่จำเป็นต้องปรับพารามิเตอร์ที่ใช้ให้เหมาะสม ซึ่งยังไม่ได้ข้อยุติในกรณีดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า มีความสอดคล้องเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการทดสอบโดยวัดค่า radiated emissions

อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้จากการวัดดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้เป็นกรณีทั่วไปได้ เนื่องจากเป็นการทดสอบเพียงที่เดียว และใช้อุปกรณ์ PLC เพียงชนิดเดียวเท่านั้น จำเป็นต้องมีการทดสอบอีกหลายครั้ง แต่ก็ยังมีปัญหาในประเด็นของ reproducibility เพราะว่า แม้จะใช้อุปกรณ์และการจัดวางรูปแบบเดียวกัน ก็อาจได้ผลไม่เหมือนกันก็เป็นได้

NTIA [2]

เมื่อปี ค.ศ. 2004 NTIA ซึ่งรับผิดชอบการบริหารความถี่ที่ใช้งานโดยหน่วยงานภาครัฐของสหรัฐอเมริกา ได้ออกรายงานผลการศึกษาขึ้นมาฉบับหนึ่ง ซึ่งครอบคลุมผลการวิเคราะห์การรบกวนความถี่ในย่าน 1.7 – 80 MHz โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบการศึกษา และแบ่งประเภทของเครื่องวิทยุคมนาคมที่นำมาใช้ในแบบจำลอง เป็น 4 แบบ คือ land vehicular radio, shipborne radio, a fixed/mobile base station with rooftop antenna, aircraft radio in flight

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อาจมีการรบกวนเกิดขึ้นได้ โดยมีระดับความเป็นไปได้ในการรบกวนและระยะห่าง ดังแสดงให้เห็นในตารางข้างล่างนี้

Distance from BPL Power Lines within which Interference is Likely

service	likelihood	Low-Moderate	Moderate-High
Land Mobile Station		125 m	55 m
Fixed/Base station (for Mobile)		770 m	450 m
Maritime shipborne station		135 m	85 m
Aircraft in flight @ 6 km		33 km	12 km
Aircraft in flight @ 12 km		> 50 km	-

รายงานดังกล่าวจึงได้เสนอวิธีการลดทอนสัญญาณ และแนวปฏิบัติในการนำระบบ BPL มาใช้งาน โดยที่ยังคงป้องกันการรบกวนที่มีต่อข่ายสื่อสารที่อยู่ในความรับผิดชอบของ NTIA ด้วย ซึ่งภายหลัง FCC ได้นำแนวทางปฏิบัติดังกล่าวมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของกฎระเบียบที่ประกาศกำหนดด้วย

ARRL [30]

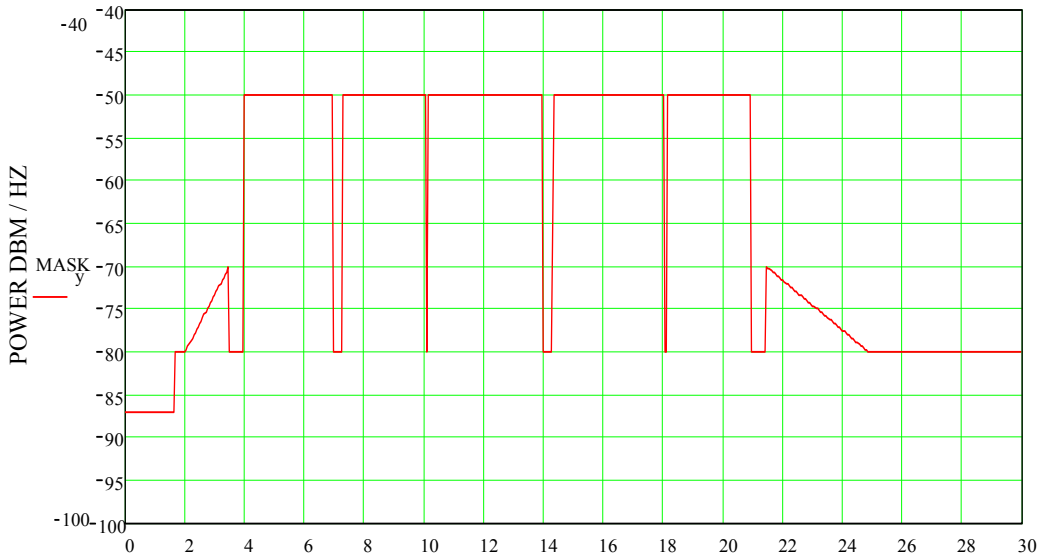
บริษัทที่ให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าและบริการด้านโทรคมนาคมของอเมริกา ได้ทำการทดสอบการทำงานของเทคโนโลยี BPLหลายครั้ง ร่วมกับนักวิทยุสมัครเล่น (ผ่านทาง ARRL) ที่ต่อต้านการนำเทคโนโลยี BPL มาใช้งาน และได้ร้องเรียนเรื่องนี้ไปยัง FCC เนื่องจากปรากฏว่าหลังจากการทดสอบ ทางหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าและบริษัทผู้ให้บริการโทรคมนาคมแจ้งว่าประสบผลสำเร็จ และการรบกวนอยู่ในขีดจำกัดที่ยอมรับได้ แต่ ARRL และกลุ่มผู้คัดค้านอื่นๆ ยังไม่ยอมรับ

จากประเด็นดังกล่าว ผู้ให้บริการ BPL บางรายได้อ้างผลจากการทดสอบครั้งนี้ เพื่อที่จะนำไปให้บริการในพื้นที่จำกัดเฉพาะ หรือในบางเมืองที่ไม่มีการรบกวนกับคลื่นวิทยุดังกล่าวและมีคุณภาพดีพอที่ผู้บริโภคยอมรับได้ แต่เมื่อเดือน กุมภาพันธ์ 2005 กลุ่ม ARRL ได้ทำรายงานเกี่ยวกับการรบกวนทางวิทยุนี้ไปให้ FCC เพื่อทบทวนการให้บริการ เนื่องจากปัญหาดังกล่าวยังไม่มีข้อยุติ และเห็นว่า การแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำกว่า 30 MHz จะต้องมีมาตรการป้องกันการรบกวนทางวิทยุที่เข้มงวดกว่าที่เป็นอยู่

ต่อมา FCC ได้ออกกฎระเบียบใหม่ โดยกำหนดให้ระบบ BPL สามารถที่จะควบคุมระยะไกล ในการที่ต้องกำจัดความถี่ที่เกิดการรบกวน และต้องหยุดการทำงานทันทีหากมีความจำเป็น เพื่อแก้ปัญหาการรบกวน เมื่อเดือนสิงหาคม 2006 ซึ่งทำให้ปัญหาการร้องเรียนเกี่ยวกับการรบกวนลดน้อยลง

ในส่วนของแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง (ผู้ผลิตอุปกรณ์ ผู้ให้บริการ BPL และ ARRL) นั้น ได้มีความพยายามมาอย่างต่อเนื่อง

ตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จ เช่น ในปี ค.ศ.2001 ARRL ได้ร่วมกับ HomePlug Powerline Alliance ทำการทดสอบการรบกวนระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี PLC ของ HomePlug กับข่ายสื่อสารวิทยุสมัครเล่น เพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบการแพร่กระจายคลื่นและ power flux density ที่ทาง HomePlug จะใช้งานนั้น จะรบกวนต่อการใช้ความถี่วิทยุในกิจการวิทยุสมัครเล่นหรือไม่ อย่างไร และจะมีแนวทางแก้ไขอย่างไร ซึ่งหลังจากที่ได้ร่วมกันทดสอบและปรับปรุงแล้ว ก็ได้ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี โดยในขณะนี้ มีการใช้งานอุปกรณ์ของ HomePlug มากกว่า 6 ล้านเครื่องแล้ว และไม่พบว่ามีการรบกวนเกิดขึ้นแต่อย่างใด

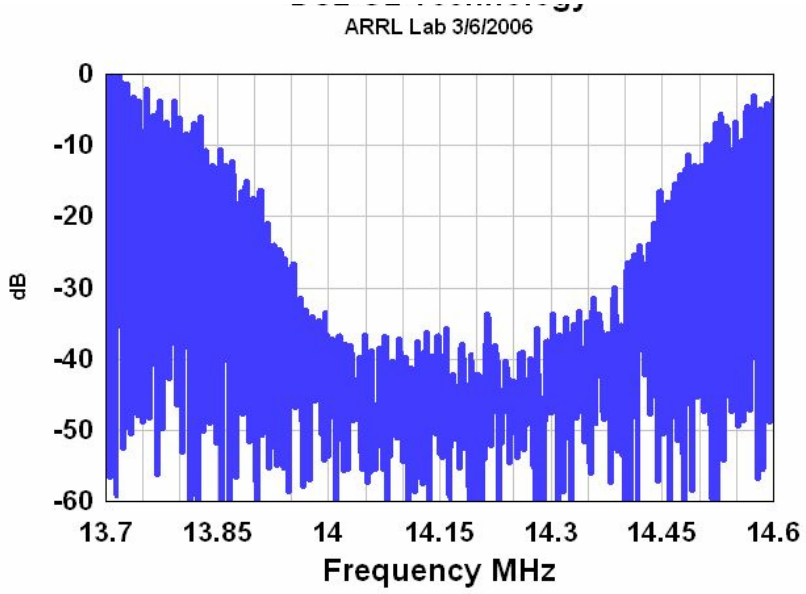


Specification for the HomePlug first generation specification; it does not use the Amateur bands

ตัวอย่างอีกอย่างหนึ่ง ก็คือ ความร่วมมือระหว่างผู้ผลิต chipset DS2 กับ ARRL ในการขจัดการรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นกับกิจการวิทยุสมัครเล่น โดยใช้หลักการ frequency notching ซึ่งหมายถึง การลดทอนสัญญาณของระบบ BPL ให้ลดน้อยลง ในย่านความถี่ที่กำหนดไว้สำหรับกิจการใดกิจการหนึ่ง ซึ่งระบบ BPL ที่มีใช้งานอยู่เดิม แม้ว่าจะใช้หลักการนี้ แต่ว่ามีอัตราการลดทอนเพียง 15 dB ซึ่งไม่เพียงพอ และยังมีการร้องเรียนเกี่ยวกับการรบกวนที่เกิดขึ้นกับข่ายสื่อสารวิทยุสมัครเล่นอยู่

เมื่อกลางปี ค.ศ.2006 ทางผู้ผลิต chipset DS2 ได้ทำการทดสอบ chipset รุ่นใหม่ (รุ่นที่สอง) ที่จะใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ BPL ที่ความเร็ว 200 Mbps ร่วมกับทาง ARRL เพื่อทดสอบหาค่าอัตราการลดทอน ที่ต้องมีค่ามากกว่า 30 dB ตามกฎระเบียบใหม่ของ FCC ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า chipset ดังกล่าว สามารถทำการลดทอนสัญญาณในแถบความถี่ที่ต้องการ ได้มากถึง 40 dB เลยทีเดียว ดังแสดงให้เห็นในรูป (ย่านความถี่ 14 MHz กำหนดไว้สำหรับกิจการวิทยุสมัครเล่น)

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ www.arrl.org



จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า แม้ว่าจะมีปัญหาการรบกวนในระยะแรก แต่ก็ได้มีความร่วมมือกันระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ และผู้ที่ได้รับผลกระทบ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจากทุกภาคส่วน ซึ่งถือว่าเป็นแนวโน้มที่ดีขึ้นสำหรับการนำเทคโนโลยี PLC มาใช้งาน

คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. ได้รับทราบข้อมูลผลการทดลองและทดสอบการใช้เทคโนโลยี PLC ในประเทศไทย จากหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า (การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) จากการหารือร่วมกับผู้แทนจากทั้งสองหน่วยงาน เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2550 มีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

ข้อมูลผลการทดลองและทดสอบของการไฟฟ้านครหลวง [31]

ผู้แทนการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ได้ให้ข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับผลการทดลองและทดสอบการใช้เทคโนโลยี PLC ว่า กฟน. ได้เคยนำอุปกรณ์ระบบ In-Building PLC (BPL) มาทดลองใช้งานในช่วงเดือนตุลาคม ถึง ธันวาคม 2548 ในลักษณะเป็นโครงข่ายเชื่อมต่อภายในอาคาร ที่สำนักงานประปาสามเสน โดยไม่ได้ใช้เทคโนโลยี PLC ต่อเชื่อมออกมาใช้บริการภายนอก (ใช้ optical fibre แทน) ระยะทางประมาณ 6-7 กิโลเมตร ซึ่งผลการทดลองพอสรุปได้ดังนี้

(1) ใช้อุปกรณ์หลากหลายยี่ห้อ เช่น ARCHNET, MAINNET, MYNET, MITSUBISHI

(2) สามารถต่อเข้ากับ Intranet ของ กฟน. และ Internet ได้ โดยมี error เล็กน้อย

(3) ใช้ oscilloscope ตรวจจับสัญญาณ ไม่พบว่ามีการรบกวนเกิดขึ้น

(4) อุปกรณ์ที่นำมาทดสอบเป็นไปตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป

(5) กฟน. มีความกังวล ในกรณีของสายไฟฟ้าถูกนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสารทางโทรคมนาคมด้วย นอกเหนือจากการส่งกระแสไฟฟ้าตามปรกติ โดยเฉพาะในประเด็นของ power quality & reliability อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพของระบบไฟฟ้า ซึ่งส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการ coupling (capacitance/inductance) และการตัดจ่าย/สวิทช์อาจได้รับผลกระทบด้วย

(6) ไม่เคยทดลองข้ามหม้อแปลง (แรงสูง) จึงอาจมีประเด็นการรบกวนที่เกิดขึ้นจากสายไฟฟ้าแรงสูงด้วย

ข้อมูลผลการทดลองและทดสอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [32]

ผู้แทนการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ให้ข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับผลการทดลองและทดสอบการใช้เทคโนโลยี PLC ว่า กฟภ. ได้ติดตามเทคโนโลยี PLC มาไม่น้อยกว่า 5 ปี และเมื่อเริ่มมองเห็นว่ามีความเป็นไปได้ทางธุรกิจมากขึ้น จึงได้ดำเนินการทดลองให้บริการอินเทอร์เน็ตบนสายส่งไฟฟ้า โดยร่วมมือกับบริษัทเอกชน 2 ราย คือบริษัท ทรู อินเตอร์เน็ต จำกัด และบริษัท อี-คอมเมิร์ซ บิสซิเนส จำกัด ทดลองให้บริการที่จังหวัดปทุมธานีและพัทยา พอสรุปได้ดังนี้

<u>การร่วมทดลองให้บริการ PLC ระหว่าง กฟภ. กับบริษัท ทรู อินเตอร์เน็ต จำกัด</u>

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Xeline จากประเทศเกาหลีใต้ ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ Master (MM202-B) อุปกรณ์ Repeater (RU-200B) และอุปกรณ์ Slave (SU-200B) ใช้งานความถี่ย่าน 2.3 – 23.4 MHz โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้เร็วสูงสุด 24 Mbps และทดลองให้บริการที่ ถนนพัทยาสายใต้และถนนพัทยาสาย 2 อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี เมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2549 ถึงวันที่ 15 มิถุนายน 2549 มีลูกค้าทดลองใช้บริการ 11 ราย โดยประเมินประสิทธิภาพของการทดลองให้บริการจาก

อัตราเร็วของข้อมูล, เวลาประวิง (delay time), Jitter, Packet loss, อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio, SNR)

(2) ผลการทดลองที่ได้ พบว่าเวลาประวิง, Jitter, Packet loss ที่วัดได้มีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าโครงข่าย PLC สามารถรองรับการรับส่งข้อมูลแบบเวลาจริงได้เป็นอย่างดี และจากอัตราเร็วข้อมูลที่วัดได้ พบว่าโครงข่าย PLC สามารถรองรับการรับส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วประมาณ 500-700 kbps จากอุปกรณ์ Master ที่ส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วต้นทาง 2 Mbps (รองรับอัตราเร็วสูงสุด 24 Mbps) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลยังมีค่าไม่คงที่เนื่องจากผลของสัญญาณรบกวน จึงเป็นการยากที่จะกำหนด Service Level Agreement (SLA) ในการให้บริการลูกค้า

<u>การร่วมทดลองให้บริการ PLC ระหว่าง กฟภ. กับบริษัท อี-คอมเมิร์ซ บิสซิเนส จำกัด</u>

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นของ Corinex จากประเทศแคนาดา ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ Medium Voltage Access Gateway / Regenerator (MVA-GWY) อุปกรณ์ AV200 Powerline Ethernet ใช้งานความถี่ย่าน 2 – 30 MHz โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้เร็วสูงสุด 200 Mbps (physical layer) และ 40 – 50 Mbps (layer 3) ทดลองให้บริการที่สถานที่ต่าง ๆ ใน จังหวัดปทุมธานี เมื่อวันที่ 14-25 ตุลาคม 2549 โดยประเมินประสิทธิภาพของการทดลองให้บริการจากอัตราเร็วของข้อมูล อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR)

(2) ผลการวัดอัตราเร็วข้อมูลและค่า SNR จากการทดลองให้บริการ PLC ที่สำนักงาน กฟภ. จังหวัดปทุมธานี พบว่าอัตราเร็วข้อมูลทางด้าน Downlink และ Uplink ที่วัดได้ คือ 1.665 Mbps และ 419 kbps ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราเร็วข้อมูลของเทคโนโลยี ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) และพบว่า SNR จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามย่านความถี่ที่ใช้งาน ดังนั้นจึงควรปรับย่านความถี่ที่ใช้งาน (Mode) ให้อยู่ในช่วงที่ SNR มีค่าสูง เช่น ปรับ Mode ให้อยู่ในช่วง 5-15 MHz นอกจากนั้นพบว่าในช่วงเย็นจนถึงกลางคืน สัญญาณ PLC จะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงเนื่องจากมีสัญญาณรบกวนสูงจากอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งอาจจะแก้ไขโดยการปรับ Mode เพื่อหลีกเลี่ยงย่านความถี่ที่มีสัญญาณรบกวน

ผู้แทนการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้สรุปว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี PLC มาใช้ให้บริการอินเทอร์เน็ตบนสายส่งไฟฟ้า เนื่องจากมี delay time ต่ำ และมีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลใกล้เคียงกับ ADSL อย่างไรก็ตาม มีประเด็นทางเทคนิคบางประการที่จำเป็นต้องพิจารณาประกอบด้วย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาเสถียรภาพของการรับส่งข้อมูล อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพของสายไฟฟ้า ปริมาณ load ของสายไฟฟ้านั้น และจุดต่อ bad contact แล้วทำให้เกิด voltage drop นอกจากนั้น ยังมีสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์สื่อสารภายนอก ซึ่งขณะนี้ ยังไม่มีมาตรฐานที่กำหนดการรบกวนดังกล่าว

ส่วนที่สาม

Recommendations

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการ

ข้อควรคำนึงในการนำเทคโนโลยี Broadband PLC/BPL มาใช้งานในเชิงพาณิชย์

BPL เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับเข้าถึงโครงข่าย (access technology) ดังนั้น ในการจัดทำแผนธุรกิจสำหรับการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้งานในเชิงพาณิชย์ จำเป็นต้องพิจารณาว่ามีเทคโนโลยีอื่นที่ใช้สำหรับเข้าถึงโครงข่ายในลักษณะที่ทดแทนกันได้แบบใดบ้างที่จะเป็นคู่แข่ง เนื่องจากในท้ายที่สุดแล้ว บริการจะเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคเลือกซื้อ ไม่ใช่เทคโนโลยี ดังนั้น ผู้ให้บริการที่ใช้เทคโนโลยี PLC จึงจำเป็นต้องแข่งขันกับผู้ให้บริการรายอื่น ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของคุณภาพ ราคา และความหลากหลายของบริการเสริม นอกจากนั้น ผู้ให้บริการยังจำเป็นต้องพิจารณาความสามารถของตลาด broadband ที่จะเติบโตได้ว่ามีมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้คาดการณ์อัตราการเพิ่มของผู้ใช้บริการได้

แม้ว่าเทคโนโลยี BPL จะเป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับเข้าถึงโครงข่าย แต่ก็มีผู้มองกันว่า อาจเหมาะสมกับตลาดบางประเภทในลักษณะที่เป็นตลาดจำกัด (niche market) เนื่องจากในขณะนี้ อาจไม่เหมาะสมที่จะไปเปรียบเทียบและแข่งขันกับเทคโนโลยี DSL โดยตรง ซึ่งมีข้อได้เปรียบในเรื่องของการแพร่หลายของผลิตภัณฑ์ ราคา และเทคโนโลยีที่อยู่ตัวแล้ว

การทำธุรกิจ BPL ไม่ใช่เรื่องง่าย เนื่องจากต้องขึ้นอยู่กับการออกแบบและคุณภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้งาน นอกจากนั้น ยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ซึ่งต่อเข้าได้กับระบบและการนำเคเบิลใยแก้วมาใช้ร่วมเป็นโครงข่ายหลักเพื่อต่อเชื่อมกับอินเทอร์เน็ตในพื้นที่นั้นอีกด้วย

ในแผนธุรกิจโดยทั่วไป มักประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการวางระบบ BPL ไว้ต่ำกว่าความเป็นจริง ควรที่จะได้ทำการออกแบบระบบให้เหมาะสม และอาจจำเป็นต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญมาทำการออกแบบและประเมินต้นทุนค่าใช้จ่ายในช่วงแรก

ผู้ที่ทำธุรกิจ BPL สำเร็จส่วนใหญ่จะไม่ใช่ผู้ให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า แต่เป็นผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคม หรือผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต

ราคาของอุปกรณ์ที่ติดตั้งที่บ้านหรืออาคารลูกค้า หรือที่เรียกกันว่า CPE เป็นสิ่งที่สำคัญต่อการทำธุรกิจ BPL ให้ประสบผลสำเร็จอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ราคา CPE ของเทคโนโลยี BPL กำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง และคาดว่า ในอนาคตอันใกล้นี้ จะอยู่ในระดับราคาที่สามารถแข่งขันได้กับอุปกรณ์ลักษณะเดียวกันที่ใช้เทคโนโลยีอื่น เช่น DSL หรือ WiFi Access Point

ข้อควรคำนึงในการนำเทคโนโลยี Broadband PLC/ BPL มาใช้งานในเชิงเทคนิค

เทคโนโลยี BPL เหมาะสมที่จะติดตั้งใช้งานกับระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าแรงต่ำ (เมื่อเทียบกับระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าแรงปานกลาง) ทั้งในแง่เทคนิค และในแง่ธุรกิจ (ค่าใช้จ่ายจะน้อยกว่า)

ระบบ BPL จะใช้งานได้ดี เมื่อใช้ร่วมกับสายไฟฟ้าที่ฝังใต้ดิน หรืออยู่ในท่อร้อยสาย เมื่อเทียบกับสายที่วางพาดตามเสาไฟฟ้า

ระบบ BPL อาจก่อให้เกิดการรบกวนทางวิทยุได้ และในขณะเดียวกัน ก็สามารถที่จะถูกรบกวนทางวิทยุได้เช่นเดียวกัน จึงจำเป็นที่จะต้องดำเนินการแก้ไขป้องกัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้หลักการวิศวกรรมที่เหมาะสม การวางแผนและประสานงาน และการเลือกใช้ระบบ BPL ที่มีความสามารถในการเลือกรับหรือกันความถี่ย่านใดย่านหนึ่งได้

การวางระบบ BPL ผ่านโครงข่ายสายไฟฟ้าใด ๆ นั้น จำเป็นต้องออกแบบระบบโดยใช้หลักการทางวิศวกรรมที่เหมาะสม ละเอียดถี่ถ้วน เป็นรายกรณี เพราะโครงข่ายสายไฟฟ้าแต่ละส่วนนั้น มีสภาวะทางเทคนิคที่แตกต่างกันได้เสมอ

ประสบการณ์ในการออกแบบและวางระบบ BPL เป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้น ต้องศึกษาและหาประสบการณ์จากบริษัทผู้ให้บริการรายอื่นที่ได้นำระบบที่ใกล้เคียงกันมาใช้งานแล้ว เพื่อที่จะเรียนรู้จากสิ่งที่ผิดพลาดไปแล้วได้

ข้อเสนอแนะสำหรับ กทช.

1) กทช. ควรอนุญาตให้ใช้งานเทคโนโลยี PLC ในประเทศไทย ทั้งที่เป็น narrowband PLC และ broadband PLC โดยกำกับดูแลเท่าที่จำเป็น ผ่านทางการกำหนดมาตรฐานทางเทคนิค และเงื่อนไขการใช้งานที่เกี่ยวข้อง เนื่องด้วยเหตุผลดังนี้

เกิดประโยชน์ต่อวงการโทรคมนาคมในภาพรวม ทั้งในแง่เศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี

เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมที่จะเข้าถึงผู้ใช้บริการ

ผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมที่ได้รับอนุญาตจาก กทช. ได้แสดงความประสงค์ที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาให้บริการ โดยเฉพาะที่จะใช้ในลักษณะของข่ายสื่อสารให้บริการเข้าถึงอินเทอร์เน็ต (Internet access)

สามารถนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาให้บริการได้ทันที เนื่องจากมีโครงข่าย และความพร้อมทางเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้งาน (applications) อยู่แล้ว โดยมีการใช้งานในเชิงพาณิชย์หลายประเทศ รวมทั้ง ออสเตรเลีย สเปน และแคนาดา

สามารถครอบคลุมพื้นที่การให้บริการมากกว่า เปรียบเทียบระหว่างผู้ใช้บริการที่มีคู่สายโทรศัพท์เข้าถึงที่พักอาศัย (ประมาณ 15% ของจำนวนประชากรทั้งหมด) กับผู้ใช้บริการที่มีสายไฟฟ้าเข้าถึงที่พักอาศัย (ไม่ต่ำกว่า 98%)

มีการลงทุนทางด้านโครงข่ายน้อย ไม่ซ้ำซ้อน โดยได้รับผลตอบแทนในเชิงพาณิชย์ได้ และสามารถวางเป็นโครงข่ายการเข้าถึงข้อมูลความเร็วสูง (broadband network) สำรองของประเทศได้

สามารถใช้เป็นต้นแบบในการนำไปให้บริการภายใต้ Universal Service Obligations (USO) ได้ง่าย และมีความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานภายในประเทศ

2) เทคโนโลยี narrowband PLC มีใช้งานในประเทศไทยมาเป็นระยะหนึ่งแล้ว โดยยังไม่ได้มีการกำกับดูแลการใช้งาน และยังไม่ได้รับรายงานว่ามีการรบกวนเกิดขึ้น ดังนั้น กทช. จึงสามารถอนุญาตให้ใช้งานได้ อย่างไรก็ตาม คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. เห็นว่า สมควรที่จะกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคให้เหมาะสมและสอดคล้องกับมาตรฐานสากล เพื่อให้การใช้งานเป็นไปโดยปราศจากการรบกวน โดยเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ต้องแสดงความสอดคล้องตามมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งที่มีใช้งานแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นมาตรฐานของ IEC, CENELEC (Europe) หรือ FCC (USA)

3) เทคโนโลยี broadband PLC นั้น แบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ส่งผ่านสายไฟฟ้า LV ซึ่งอยู่ภายในอาคาร/ที่พักอาศัย (โดยทั่วไปเรียกว่า In-house / In-building / Indoor) กับส่วนที่ส่งผ่านสาย LV หรือ MV ที่อยู่ภายนอกอาคาร/ที่พักอาศัย (โดยทั่วไปเรียกว่า Access) ซึ่งควรมีแนวทางการอนุญาตให้ใช้งานและการกำกับดูแลที่แตกต่างกัน เนื่องด้วยสภาพแวดล้อมด้านไฟฟ้าที่นำมาใช้งาน และทางด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic compatibility) หรือการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic disturbance) ที่แตกต่างกัน

4) คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. เสนอให้ กทช. พิจารณาอนุญาตให้ใช้งานเทคโนโลยี broadband PLC ในลักษณะ In-house / In-building / Indoor (ซึ่งควรเรียกรวมกันว่า In-building หรือ ส่วนภายในอาคาร) ได้ เนื่องจากมีความพร้อมทางเทคโนโลยีสูง ผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมได้แสดงความประสงค์ที่จะนำเทคโนโลยีในลักษณะดังกล่าวมาให้บริการ และมีการกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคในหน่วยงานระหว่างประเทศ หรือหน่วยงานกำกับดูแลของต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ เพื่อกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคและแนวทางการกำกับดูแลให้เหมาะสมและสอดคล้อง ให้การใช้งานเป็นไปโดยปราศจาก

การรบกวนอย่างรุนแรงต่อกิจการวิทยุคมนาคม โครงข่ายโทรคมนาคม หรือการให้บริการโทรคมนาคมอื่น โดยใช้มาตรฐานสากล CISPR 22 เป็นมาตรฐานอ้างอิง

5) คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. เสนอให้ กทช. พิจารณาอนุญาตให้ทดลองใช้เทคโนโลยี broadband PLC ในลักษณะ access (ซึ่งควรเรียกว่า ส่วนเข้าถึงภายนอกอาคาร) เนื่องจากมีผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมได้แสดงความประสงค์ที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาทดลองให้บริการ และมีความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกระบวนการกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคในหน่วยงานระหว่างประเทศจำนวนมากยังอยู่ในระหว่างการดำเนินงาน และพิจารณากำหนดขีดจำกัดที่เหมาะสม เพื่อลดหรือขจัดการรบกวนที่อาจเกิดขึ้นต่อกิจการวิทยุคมนาคม โครงข่ายโทรคมนาคม หรือการให้บริการโทรคมนาคม อีกทั้งวิธีการวัดซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากลก็ยังไม่ได้ข้อยุติในขณะนี้ ดังนั้น จึงยังไม่สามารถกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานสากล หรือเหมาะสมกับสภาพการณ์ทางเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม ในการอนุญาตให้ทดลองใช้เทคโนโลยีดังกล่าวนั้น จำเป็นต้องมีมาตรฐานทางเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการกำกับดูแลเป็นการล่วงหน้า ซึ่งสมควรกำหนดโดยอาศัยมาตรฐานทางเทคนิคจากหน่วยงานกำกับดูแล FCC Part 15 (USA) เป็นมาตรฐานอ้างอิงหลัก และใช้ CISPR 22 เป็นมาตรฐานทางเลือก จนกว่าจะได้ข้อยุติในการปรับปรุงแก้ไข CISPR 22 ในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6) คณะกรรมการมาตรฐาน กทช. ได้จัดทำ(ร่าง)มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยี PLC ซึ่งครอบคลุมหลักการและแนวทางที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ดังมีรายละเอียดในส่วนต่อไป เพื่อประกอบการพิจารณาของ กทช. ด้วยแล้ว

อนึ่ง (ร่าง)มาตรฐานทางเทคนิคที่ได้จัดทำขึ้นนี้ ได้อาศัยข้อมูลในส่วนที่สองเป็นแนวทาง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจมีการปรับปรุง แก้ไข เปลี่ยนแปลง หรือยกเลิกได้ในอนาคต ดังนั้น พึงตระหนักว่า กทช. อาจแก้ไขเพิ่มเติม(ร่าง)มาตรฐานทางเทคนิคให้เหมาะสมต่อสภาพการณ์ทางเทคโนโลยี หรือให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของสากลที่มีการแก้ไขเพิ่มเติมในภายหลังได้

(ร่าง)

ประกาศคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า

(Power Line Communications – PLC)

โดยที่คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติมีนโยบายที่จะกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ ให้เหมาะสมต่อสภาพการณ์ทางเทคโนโลยี เพื่อให้เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์มีมาตรฐานทางเทคนิคที่ชัดเจน สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ไม่เกิดผลกระทบอันไม่พึงประสงค์ต่อกิจการวิทยุคมนาคม โครงข่ายโทรคมนาคม หรือการให้บริการโทรคมนาคม รวมทั้งเพื่อปกป้องคุ้มครองผู้บริโภคอีกทางหนึ่งด้วย อันจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมในภาพรวม และเพื่อให้มาตรฐานทางเทคนิคของประเทศมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดของสากลมากขึ้น

อาศัยอำนาจตามมาตรา ๕๑ (๖) และมาตรา ๗๘ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๔๓ และมาตรา ๓๒ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๔๔ คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติจึงประกาศกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications – PLC) ไว้ ดังมีรายละเอียดตามมาตรฐานเลขที่ กทช. มท. [PLC – ๒๕๕๑] แนบท้ายประกาศนี้

ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด [๙๐ วัน] นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่

พลเอก

(ชูชาติ พรหมพระสิทธิ์)

ประธานกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า
(Power Line Communications – PLC)

กทช. มท. [PLC – 2551]

เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์
ที่ใช้เทคโนโลยี PLC

สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

โทร. 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.ntc.or.th

1. ขอบข่าย

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ ระบุลักษณะทางเทคนิคขั้นต่ำของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications – PLC) ที่ใช้งานโดยมีความมุ่งหมายในทางโทรคมนาคม ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ (Narrowband PLC) หมายถึง .ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งานจะมีความถี่อยู่ในช่วง 9 kHz – 525 kHz

1.2 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนภายในอาคาร) (Broadband PLC (In-building)) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งานจะมีความถี่อยู่ในช่วง [2 MHz ถึง 30 MHz] ทั้งนี้ สายไฟฟ้าแรงต่ำดังกล่าวจะอยู่ในอาคาร/ที่พักอาศัย และไม่ได้อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า และครอบคลุมทั้งโครงข่ายสำหรับใช้ติดต่อสื่อสารภายในอาคาร/ที่พักอาศัย ที่ไม่ได้ต่อเชื่อมกับโครงข่ายภายนอกและที่ต่อเชื่อมกับระบบ Broadband PLC (Access) ด้วย

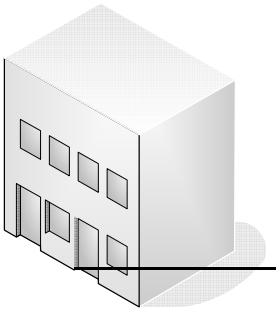
1.3 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนเข้าถึงภายนอกอาคาร) (Broadband PLC (Access)) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงต่ำ หรือแรงปานกลาง ไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น เพื่อให้บริการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งานจะมีความถี่อยู่ในช่วง [2 MHz ถึง 30 MHz] ทั้งนี้ สายไฟฟ้าแรงต่ำหรือแรงปานกลางดังกล่าวอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภค ก่อนถึงจุดต่อเพื่อเข้าอาคาร/ที่พักอาศัย โดยไม่รวมถึงระบบ Broadband PLC (In-building)

สายไฟฟ้าแรงปานกลาง หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงดันไฟฟ้า 1 000 ถึง 40 000 โวลต์ จากสถานีจ่ายไฟฟ้า (substation) ซึ่งอาจเป็นสายไฟฟ้าใต้ดิน หรือพาดเสาเหนือศรีษะก็ได้

สายไฟฟ้าแรงต่ำ หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ จากหม้อแปลงนำจ่าย (distribution transformer) ไปยังที่พักอาศัยหรืออาคารของผู้ใช้ปลายทาง

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ ไม่ใช้บังคับสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า สำหรับการติดต่อสื่อสาร การควบคุม โทรมาตร หรือการปฏิบัติงานภายในหรือระหว่างหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าด้วยกันเอง

รูปแบบลักษณะโครงข่าย และขอบข่ายของการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง มีรายละเอียดดังแสดงไว้ในรูปข้างล่างนี้



2. มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ (Narrowband PLC)

2.1 มาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า/การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility / Disturbance Requirements)

มาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า/การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า ในลักษณะ Narrowband PLC ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

2.1.1	IEC 61000-3-8	:	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations – Emissions levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels
2.1.2	EN 50065-1	:	Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz -- Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances
2.1.3	FCC Part 15 (as applicable)	:	Code of Federal Regulations (USA); Title 47 Telecommunications; Chapter 1 Federal Communications Commission; Part 15 Radio Frequency Devices; Subpart B – Unintentional Radiators § 15.107 Conducted Limits: (c), and § 15.109 Radiated emission limits: (a), (b), (e) & (g),

2.2 มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirements)

มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า ในลักษณะ Narrowband PLC ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

2.2.1	IEC 60950-1	:	Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements
2.2.2	มอก. 1561 – 2548	:	บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

3. มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (Broadband PLC)

3.1 มาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า/การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility / Disturbance Requirements)

3.1.1 Conducted disturbance limits

ขีดจำกัด conducted disturbance limits (at muti-purpose port) สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน CISPR 22 (Class B limits) ดังนี้

FREQUENCY RANGE (MHz)	**LIMITS** (dBμV)	
	QUASI-PEAK	AVERAGE
0.15 to 0.50	66 ~ 56	56 ~ 46
0.50 to 1.605	56	46
1.605 to 5	56	46
5 to 30	60	50

3.1.2 Radiated disturbance limits

1) ขีดจำกัด radiated disturbance limits สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน CISPR 22 (Class B limits) ดังนี้

FREQUENCY RANGE (MHz)	**LIMITS** [dBμV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)
30 to 230	30	10
230 to 1000	37	10

2) ขีดจำกัด radiated disturbance limits สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (Access) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน FCC §§ 15.109 (a) (b) (e) (g) ดังนี้

FREQUENCY RANGE (MHz)	**LIMITS** [μV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)
0.009-0.490	2400/F(kHz)	300
0.490-1.705	24000/F(kHz)	30

FREQUENCY RANGE (MHz)	**LIMITS** [μV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)
1.705-30.0	30	30
30-88	90*	10
	100**	3
88-216	150*	10
	150**	3
216-960	210*	10
	200**	3
960-1000	300*	10
	500**	3
* applicable to MV wires ** applicable to LV wires		

3) ขีดจำกัด radiated disturbance limits สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (Access) ในช่วง 30 – 1000 MHz อาจใช้ขีดจำกัดตามที่กำหนดไว้ใน CISPR 22 แทนที่กำหนดไว้ใน 2) ได้ ดังต่อไปนี้

FREQUENCY RANGE (MHz)	**LIMITS** [dBμV/m] QUASI-PEAK	**Standard measurement distance** (m)
30 to 230	40* 30**	10
230 to 1000	47* 37**	10
* applicable to MV wires ** applicable to LV wires		

3.1.3 วิธีการวัด/วิธีการทดสอบ

ให้ใช้วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบตามที่ระบุไว้ในเอกสารมาตรฐานที่กำหนด ในกรณีที่เลือกใช้วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบที่ไม่ได้ระบุไว้ในเอกสารมาตรฐาน ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติก่อน

3.2 มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirements)

มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า ในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

3.2.1 IEC 60950-1 : Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements

3.2.2 มอก. 1561 – 2548 : บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ เฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

3.3 ข้อกำหนดและเงื่อนไขการใช้งาน

3.3.1 เงื่อนไขการอนุญาต

คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติยังไม่อนุญาตให้ผู้ประกอบกิจการโทรคมนาคมให้บริการโทรคมนาคมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนเข้าถึงภายนอกอาคาร) (Broadband PLC (Access)) แต่อนุญาตให้ทดลองใช้เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้งานในลักษณะดังกล่าว โดยต้องมีลักษณะทางเทคนิคสอดคล้องตามมาตรฐานทางเทคนิคนี้

3.3.2 ช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งาน

ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) ให้มีช่วงความถี่ใช้งาน [2 – 30 MHz] เท่านั้น

3.3.3 ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง

ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) ต้องมีความสามารถในการจำกัดความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (power spectral density) ของระบบที่จุดใดจุดหนึ่งไม่ให้เกิน -50 dBm/Hz

3.3.4 เทคนิคการลดหรือบรรเทาการรบกวน (interference mitigation technique)

1) ช่วงความถี่ที่ห้ามมิให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) ห้ามมิให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ดังต่อไปนี้

ช่วงความถี่
ช่วงความถี่สำหรับกิจการทางการบิน[9]
ความถี่สำหรับการติดต่อสื่อสารเพื่อเหตุฉุกเฉินทางทะเล[10]

[9] 2.850 - 3.155 MHz, 3.400 - 3.500 MHz, 3.900 – 3.950 MHz, 4.650 – 4.750 MHz, 5.450 – 5.730 MHz, 6.525~6.765 MHz, 8.815 -9.040 MHz, 10.005 - 10.100 MHz, 11.175 – 11.400 MHz, 13.200~13.360 MHz, 17.900~18.030 MHz, 21.924 – 22.000 MHz

[10] 2175, 2182, 2187.5, 4125, 4177.5, 4207.5, 4209.5, 4210, 6215, 6268, 6312, 6314, 8291, 8376.5, 8416.5, 12290, 12250, 12577, 12579, 16420, 16695, 16806.5, 19680.5, 22376, 26100.5, 27868, 27880 kHz

2) การกรองขจัดสัญญาณ

ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) ต้องมีความสามารถในการกรองขจัดสัญญาณ (frequency notching) เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงความถี่ที่อาจก่อให้เกิดการรบกวน โดยเฉพาะช่วงความถี่สำหรับช่วงความถี่สำหรับกิจการวิทยุสมัครเล่น[11] และ กิจการวิทยุกระจายเสียง[12] โดยต้องมีอัตราการกรองขจัดสัญญาณเทียบกับค่าขีดจำกัดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กำหนดไว้ในข้อ 3.1 ไม่ต่ำกว่า [20] dB

3) การปรับเปลี่ยนกำลังส่งหรือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง

ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) ต้องมีความสามารถในการปรับลดกำลังส่ง (power reduction) หรือปรับเปลี่ยนความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (PSD mask)

4) การปรับเปลี่ยนความถี่

ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) ต้องมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนความถี่ เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงความถี่ที่อาจก่อให้เกิดการรบกวน

3.3.5 เงื่อนไขการใช้งานอื่น

1) ผู้ทดลองให้บริการระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (Access) จะต้องแจ้งให้ผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติทราบถึงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ทดลองให้บริการ พร้อมทั้งชื่อและที่อยู่ของผู้รับผิดชอบในกรณีที่มีการรบกวนเกิดขึ้น

2) ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ที่ติดตั้งในพื้นที่ของสถานพยาบาล ต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ และระบบที่ติดตั้งในพื้นที่ของท่าอากาศยานหรือสนามบิน ต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจการทางการบิน

3) ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building & Access) จะต้องไม่รบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในที่พักอาศัย หรือลดความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

4) ผู้ให้บริการระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) หรือผู้ทดลองให้บริการระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (Access) จะต้องรับผิดชอบต่อการให้บริการลูกค้าและข้อร้องเรียนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งรวมทั้งปัญหาการรบกวนที่เกิดจากระบบสื่อสารดังกล่าว

---

[11] 3.500 – 3.540 MHz, 7.000 – 7.100 MHz, 10.100 – 10.150 MHz, 14.000 – 14.350 MHz, 18.068 – 18.168 MHz, 21.000 – 21.450 MHz, 24.890 – 24.990 MHz, 28.000 – 29.700 MHz

[12] 2.300 – 2.495 MHz, 3.200 – 3.400 MHz, 3.900 – 4.000 MHz, 4.750 – 4.995 MHz, 5.005 – 5.060 MHz, 5.900 – 6.200 MHz, 7.200 – 7.450 MHz, 9.400 – 9.900 MHz, 11.600 – 12.100 MHz, 13.570 – 13.870 MHz, 15.100 – 15.800 MHz, 17.480 – 17.900 MHz, 18.900 – 19.020 MHz, 21.450 – 21.850 MHz, 25.670 – 26.100 MHz

5) เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้บริการหรือการทดลองให้บริการต้องได้รับการตรวจสอบลักษณะทางเทคนิคจากสำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติก่อน จึงจะสามารถนำไปดำเนินการได้

ภาคผนวก ก

องค์ประกอบคณะกรรมการมาตรฐาน กทช.

ตามคำสั่ง กทช. ที่ 01/2550 เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2550

รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม	ประธานกรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร.ถวิล พึ่งมา	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล	กรรมการ
ดร. เชียรช่วง กัลยาณมิตร	กรรมการ
นายบุญเสริม อึ้งภากรณ์	กรรมการ
นายทศพร เกตุอดิศร	กรรมการ
ผู้แทนสมาคมโทรคมนาคมแห่งประเทศไทยฯ (นายจำรัส ตันตรีสุคนธ์ ผู้แทน) (นายสุเมธ อักษรกิตติ์ ผู้แทนสำรอง)	กรรมการ
นายทองทวีป ขันติกุล	กรรมการและเลขานุการ
นายเสน่ห์ สายวงศ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

ภาคผนวก ข

รายชื่อหน่วยงานที่ร่วมหารือ และเสนอข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะต่อคณะกรรมการมาตรฐาน กทช.

1. การไฟฟ้านครหลวง
2. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
3. บริษัท อี-คอมเมิร์ซ บิสซิเนส จำกัด
4. บริษัท โซโลมอน เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
5. บริษัท แอดวานซ์ ดาต้าเนทเวอร์ค คอมมิวนิเคชั่น จำกัด
6. บริษัท ซูมิโตโม อิเล็กทริก (ประเทศไทย) จำกัด
7. บริษัท เนสิค (ประเทศไทย) จำกัด

และคณะกรรมการมาตรฐาน กทช. ได้รับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากหน่วยงานดังกล่าว รวมทั้งหน่วยงานอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ร่างมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications – PLC) – Second Draft

หน่วยงาน	ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	ไม่ขัดข้องในร่างมาตรฐานทางเทคนิค ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้การติดตั้งใช้งานเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและปลอดภัย 1. การติดตั้งอุปกรณ์ PLC ต้องดำเนินการอย่างถูกต้องตามมาตรฐานของ กฟภ. 2. การติดตั้งอุปกรณ์ PLC ต้องไม่กีดขวางการปฏิบัติงาน 3. การใช้งานเทคโนโลยี PLC จะต้องไม่รบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในที่พักอาศัย หรือลดความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟภ. 4. ผู้ให้บริการ PLC จะต้องรับผิดชอบต่อการให้บริการลูกค้าและข้อร้องเรียนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งรวมทั้งปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการใช้บริการ PLC 5. กฟภ. ขอสงวนสิทธิ์การอนุญาตการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (PLC) ในพื้นที่จำหน่ายของ กฟภ. และกรณีหาก กฟภ. พิสูจน์ได้ว่า เกิดปัญหาต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้าและต้องให้รื้อถอน ย้าย ผู้ให้บริการจะต้องดำเนินการตามที่ กฟภ. กำหนด	ข้อคิดเห็นทั่วไป
การไฟฟ้านครหลวง	ไม่ได้รับข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	–
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	ไม่ได้รับข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	–
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	ขอให้อ้างอิงมาตรฐาน มอก.1956-2548 (บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศ : ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนวิทยุ) เพิ่มเติมจากที่อ้างอิงไว้เพียง CISPR 22 เท่านั้น	ข้อคิดเห็นทั่วไป
บ. ทรูอินเทอร์เน็ต จก.	ไม่มีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	–
บ. เนสิค (ประเทศไทย) จก.	เห็นด้วย	–

หน่วยงาน	ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
บ. อี-คอมเมิร์ซ บิสซิเนส จก.	1. ขอบข่าย Narrowband PLC หมายถึง การสื่อสารโดยใช้สายไฟฟ้าทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารซึ่งความถี่ที่ใช้ไม่เกิน 500 kHz และให้ bandwidth ในการสื่อสารไม่สูงนัก เช่น 9600 bps หรือ 19.2 kbps เป็นต้น Broadband PLC (In-building) หมายถึง การสื่อสารโดยใช้สายไฟฟ้า ในช่วงความถี่ 1 - 30 MHzและใช้เฉพาะสำหรับการเชื่อมต่อกันภายในอาคารเท่านั้น Broadband PLC (Access) หมายถึง การสื่อสารโดยใช้สายไฟฟ้า ในช่วงความถี่ 1 - 30 MHz และใช้สำหรับการเชื่อมต่อกันทั้งภายในอาคาร และภายนอกอาคาร	ข้อคิดเห็นทางเทคนิค
	3.1 ลักษณะ/รูปแบบโครงข่าย (1) Narrowband PLC PC<------->Concentrator / PLC modem <----------> PLC modem + any equipments (AMR, etc.) (2) Broadband PLC (In-building) PC <-------> PLC modem <----------> PLC modem <----------> Internet (or other PCs) (3) Broadband PLC (Access) Internet <-----> PLC modem "HE" <------> PLC modem "Repeater" <---> PLC modem (CPE)	ข้อคิดเห็นทางเทคนิค

หน่วยงาน	ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
	3.2.2 Power spectral density / aggregate power ในส่วนการจำกัดกำลังส่งของระบบในจุดใดจุดหนึ่งไม่ให้เกิน -50 dBm/Hz นั้นขอให้ตัดข้อความว่า "มีกำลังส่งโดยรวมที่เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าไม่เกิน 13 dBm เนื่องจากการสื่อสาร โดยใช้ band 30 MHz , 40 MHz และ 80 MHz นั้น จะมีกำลังแตกต่างกัน เช่น Band 30 MHz, 74.7 dBHz โดย Power เท่ากับ 74.7 - 50 = 24.7 dBm3.2.3 (2) Frequency notching ไม่น้อยกว่า 30 dB ตาม firmware ที่ได้กำหนดไว้ด้านล่าง Firmware defined Notch 0: start: 1800 KHz, stop: 2000 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 1: start: 2850 KHz, stop: 3025 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 2: start: 3400 KHz, stop: 4000 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 3: start: 4650 KHz, stop: 4700 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 4: start: 5330 KHz, stop: 5405 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 5: start: 5450 KHz, stop: 5680 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 6: start: 6525 KHz, stop: 6685 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 7: start: 7000 KHz, stop: 7300 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 8: start: 8815 KHz, stop: 8965 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 9: start: 10005 KHz, stop: 10150 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 10: start: 11275 KHz, stop: 11400 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 11: start: 13260 KHz, stop: 13360 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 12: start: 14000 KHz, stop: 14350 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 13: start: 17900 KHz, stop: 17970 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 14: start: 18068 KHz, stop: 18168 KHz, deep: 30.0 dB	ข้อคิดเห็นทางเทคนิค

หน่วยงาน	ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
	Firmware defined Notch 15: start: 21000 KHz, stop: 21450 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 16: start: 21924 KHz, stop: 22000 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 17: start: 24890 KHz, stop: 24990 KHz, deep: 30.0 dB Firmware defined Notch 18: start: 28000 KHz, stop: 29700 KHz, deep: 30.0 dB	ข้อคิดเห็นทางเทคนิค
	3.2.3 (3) (3) Frequency band blocking ในความเป็นจริงแล้วไม่สามารถทำได้ ถึงแม้สัญญาณที่อยู่ในสายก็สามารถที่จะ radiate และ Coupler ไปยังสายอื่น ถ้ามีการ wiring ที่ใกล้กัน	ข้อคิดเห็นทั่วไป
	3.2.3 (4) Mode of Operations / Coexistence of different service providers เนื่องจาก จำนวน band ที่มีอยู่จำกัด และ Characteristics ที่แตกต่างกัน (ซึ่งมีผลที่ประสิทธิภาพของบริการ) ในระบบ Power distribution ทำให้มีความยากที่จะมีการวางระบบ PLC ณ. จุดเดียวกัน หลาย ๆเจ้า ข้อแนะนำที่ดีที่สุดคือ การ first in first serve หรือใช้วิธีการ VLAN (1 provider 1 VLAN โดยมีผู้วาง PLC เพียงผู้เดียว)	ข้อคิดเห็นทั่วไป
บ. แอดวานซ์ ดาต้าเนทเวอร์ค คอมมิวนิเคชั่น จก.	3.2.2 power spectral density The last clause about 13 dBm should be deleted as it is in conflict with -50 dBm/Hz. For 10 MHz band, 70-50 = 20 dBm. For 30 MHz band, 74-50 = 24 dBm. Actually the statement about -50 dBm/Hz is enough to specify PSD in the line. Adding aggregated power at 13 dBm is redundant. In practical, we can measure PSD but cannot measure aggregated power	ข้อคิดเห็นทางเทคนิค

หน่วยงาน	ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
	3.2.3 (3) frequency band blocking Frequency band blocking should be deleted as there is no way to block the signal. Signal can jump from line to line, if those lines run together for a distance. We can change (3) to Masking of frequency response. In addition to frequency notching, to avoid excessive RFI, the device should be able to adjust the power at any frequency. This Power Mask feature is available in our product, also in other products with DS2 chipset.	ข้อคิดเห็นทางเทคนิค
	3.2.3 (4) Mode of Operations / Coexistence of different service providers (4) is not related to frequency use. It's a network technology.	ข้อคิดเห็นทั่วไป
	3.2.3 (5) Other technical requirements (e.g QoS, etc) (5) is not related to frequency use. It's a network technology.	ข้อคิดเห็นทั่วไป
บ. ซูมิโตโม อิเล็กทริก (ประเทศไทย) จก.	ไม่ได้รับข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	-
บ.โซโลมอน เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จก.	<u>ความเห็นเกี่ยวกับมาตรฐานและเทคนิค</u> กทช. ได้รวบรวมข้อมูลการทดสอบและทดลองคุณภาพ รวมถึงการกำหนดมาตรฐานการทดสอบเทคโนโลยี PLC ของต่างประเทศมาเป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดมาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ซึ่งบริษัทฯ เห็นว่าการทดสอบและทดลองคุณภาพและผลกระทบของเทคโนโลยี PLC ยังมีน้อยเกินไป ทำให้การวัดผลในทางปฏิบัติเป็นไปได้น้อย หากมีการเพิ่มช่องทางทดสอบหรือทดลองหรือร่วมทำวิจัยในเทคโนโลยี PLC โดยให้ภาคเอกชนและระบบการศึกษาอาจทำให้มีข้อกำหนดมาตรฐานการใช้งานในประเทศอย่างเหมาะสมมากขึ้น หน่วยงานของภาครัฐ เช่น การไฟฟ้า ซึ่งมีส่วนร่วมสำคัญและให้ความร่วมมือในการทดลองทางเทคนิคที่ผ่านมา ยังคงต้องเป็นองค์กรสำคัญในการนำเสนอข้อมูลด้าน	ข้อคิดเห็นทั่วไป

หน่วยงาน	ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
	เทคนิคและข้อมูลด้านวิชาการของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยประสานงานร่วมกับภาคเอกชน เพื่อทำให้เกิดการทดสอบและทดลอง อันนำมาซึ่งการร่วมกันกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับ PLC ที่เหมาะสมต่อไป <u>ความเห็นเชิงพาณิชย์</u> PLC เป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค ซึ่งอาจจะช่วยลดช่องว่างสำหรับผู้บริโภคในพื้นที่ที่โทรศัพท์ไม่สามารถเข้าถึง ดังนั้น การประชาสัมพันธ์ของภาครัฐจะเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้รับรู้ถึงเทคโนโลยี PLC รวมถึงอุปกรณ์ที่รองรับมากขึ้น เหล่านี้จะทำให้ผู้ประกอบการสามารถแข่งขันกับเทคโนโลยีเดิมที่ให้บริการอยู่ นอกจากนี้ การแข่งขันในเชิงพาณิชย์จากผู้ประกอบการต่าง ๆ จะเกิดการแข่งขันมากขึ้น	
สมาคมวิทยุสมัครเล่นแห่งประเทศไทยฯ	สมาคมฯ สนับสนุนการเข้าถึงแถบความถี่กว้าง (broadband access) แต่ไม่เห็นด้วยกับการนำสายไฟฟ้าปกติมาใช้ในการสื่อสารแถบความถี่กว้าง เนื่องจากจะก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน ซึ่งจะเป็นปัญหาต่อการสื่อสารโทรคมนาคม คลื่นสัญญาณรบกวนดังกล่าวจะส่งผลกระทบและเป็นปัญหาต่อการวิทยุสื่อสารวิทยุคลื่นสั้นต่าง ๆ เช่น วิทยุกระจายเสียงคลื่นสั้นระหว่างประเทศ วิทยุการบิน วิทยุพานิชยนาวี การสื่อสารทหาร และวิทยุสื่อสารฉุกเฉินสำหรับช่วยเหลือภัยพิบัติ เป็นต้น สมาคมฯ เห็นควรให้ยับยั้งการให้บริการการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าไว้ก่อน จนกว่าจะมีเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถป้องกันคลื่นสัญญาณรบกวนดังกล่าวได้ในอนาคต ซึ่งปัจจุบันสามารถใช้บริการแถบความถี่กว้างอื่น ๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดคลื่นรบกวนได้ เช่น การใช้ใยแก้วนำแสง (fiber-to-the-home) การใช้สายเคเบิลระบบดีเอสแอล (DSL) การใช้แถบความถี่กว้างไร้สาย (Wireless Broadband) เป็นต้น	ข้อคิดเห็นทั่วไป

ภาคผนวก ค

เอกสารอ้างอิง

1. สุเมธ อักษรกิตติ์, Power Line Communications (PLC) ทางเลือกหนึ่งของการให้บริการโทรคมนาคมเพื่อลดช่องว่าง Digital Divide, เทเลคอมไดเจสท์ นิตยสารรายเดือนของสำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 3, กันยายน 2550
2. NTIA Report 04-413 (Potential Interference from Broadband over power line (BPL) systems to federal government radiocommunications at 1.7 – 80 MHz), April 2004
3. CISPR/I/186/DC (IEC internal working document), 17 March 2006
4. บริษัท อี-คอมเมิร์ซ บิสซิเนส จำกัด, เอกสารนำเสนอข้อมูลประกอบการหารือร่วมกับคณะกรรมการมาตรฐาน กทช., 30 มีนาคม 2550
5. บริษัท อี-คอมเมิร์ซ บิสซิเนส จำกัด, เอกสารนำเสนอข้อมูลประกอบการหารือร่วมกับสำนักงาน กทช., 30 เมษายน 2550
6. บริษัท เนสิค (ประเทศไทย) จำกัด, เอกสารนำเสนอข้อมูลประกอบการหารือร่วมกับคณะกรรมการมาตรฐาน กทช., 30 มิถุนายน 2550
7. FCC Notice of Inquiry (ET Docket No. 03-104) dated April 23, 2003
8. FCC Report and Order (ET Docket No. 04-37) dated October 14, 2004
9. FCC Memorandum Opinion and Order (ET Docket 06-113) dated August 3, 2006
10. Jeffrey Krauss, Regulation of RF Emissions from Power Line Communications Systems in the United States, A technical paper presented in EMC 2006 (18th International Wroclaw Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility, Wroclaw, 28 – 30 June 2006)
11. Michael Koch, Regulatory Update in Europe, presentation to PLC forum meeting, 26 June 2006
12. CISPR-I-PT-PLT(Smith)07-01, Australian regulation for BPL equipment and network (IEC internal working document), 25 April 2007
13. Australian Communication Authority, The Management of Interference from Broadband over Power Line Applications- Discussion paper, April 2005
14. ACMA Fact Sheets FS 43 and FS 39, March 2007, Australian Communications and Media Authority
15. CISPR-I-PT-PLT(Amemiya-Sugiura)07-01, Japanese regulation for the PLT (IEC internal working document), 27 April 2007
16. MCMC Guidelines on Broadband over Powerline Communications, 26 September 2005

17. MTSFB 003:2005 (Guidelines for Broadband over Powerline (BPL) Physical Network Layer), Malaysia Technical Standards Forum Bhd.

18. IDA RS PLC (Reference Specification for Powerline Communications (PLC) equipment), Issue 1, August 2003, Info-Communications Development Authority of Singapore

19. Document COM5 – C31 – E (ITU-T SG 5 internal working document) submitted by Korean delegation to ITU-T Study Group 5 Meeting, Beijing, May 2007

20. Annex 6 to Document 1A/163-E (ITU-R SG1 internal working document), 18 June 2007

21. Annex 5 to Document 1A/163-E (ITU-R SG1 internal working document), 21 June 2007

22. Document 6/229(Rev.1)-E (ITU-R SG6 internal working document), 2 November 2005

23. Document 7D/TEMP/55 (ITU-R SG7 internal working document), 31 August 2006

24. IEC 61000-3-8 (1997-08): Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations – Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance level

24. Document TD 629 (GEN/5) (ITU-T SG5 internal working document), November 2007

25. PT-PLT CD Indoor draft Sydney_r0_mod-Si (IEC internal working document), 12 September 2007

26. CISPR 22 (Edition 5.2) Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement, IEC/CISPR, March 2006

27. CENELEC EN 50065 series

28. ETSI Technical Report (PLT series)

29. FCC, Initial results of FCC tests related to in-house Power Line Communications (PLC), paper submitted to CISPR/I WG3, dated September 15, 2003

30. BPL update: 2007, The National Association for Amateur Radio/American Radio Relay League, USA; downloadable from www.arrl.org

31. การไฟฟ้านครหลวง, ผลการหารือร่วมกับคณะกรรมการมาตรฐาน กทช., 30 พฤษภาคม 2550

32. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, เอกสารนำเสนอข้อมูลประกอบการหารือร่วมกับคณะกรรมการมาตรฐาน กทช., 30 พฤษภาคม 2550