Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Syrian Virtual University
Master of Technology Management

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
الجامعة الافتراضية السورية
ماجستير إدارة التقانة

بحث لرسالة ماجستير في إدارة التقانة بعنوان:

تقنية الحزمة العريضة باستخدام خطوط نقل القدرة الكهربائية

Broadband Over Power Lines Technology

BPL

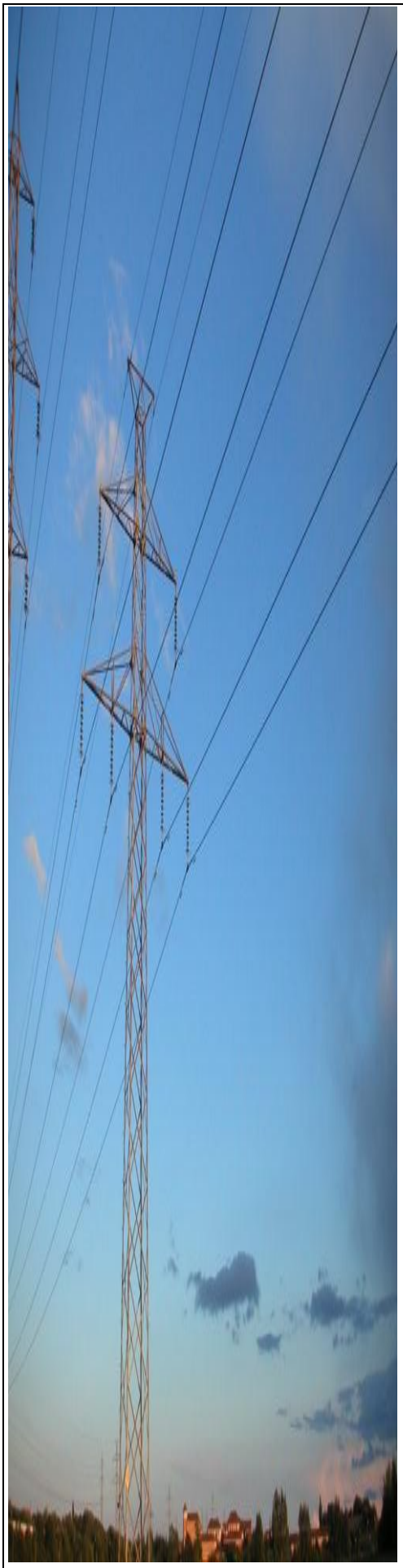
إعداد

أنيس خضر الكريدي

Anis_SVU_MTM_23151

إشراف

الدكتور موسى بشاره



المحتويات

1. المصطلحات

2. مقدمة

3. تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط نقل القدرة

3-1- البنية التحتية لخطوط نقل القدرة وخصائصها

3-2- ماهي تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

3-3- مزايا تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

3-4- مشاكل تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

3-4-1- مشاكل ضجيج الإشارات الراديوية

3-4-2- مشاكل اختبارات الـBPL

3-4-3- التشويش التوافقي متعدد النمط

3-4-4- التشويش الإلكترو مغناطيسي

3-4-5- التداخل بين الـBPL و XDSL

3-4-6- مشاكل السرية

4. دراسات عن تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

4-1- دراسة من الهيئة الوطنية الامريكية للاتصالات

4-2- دراسات من شركة البث البريطانيةBBC

4-3- دراسات خاصة من ما نساس وفرجينيا

4-4- دراسة من مجلس الراديو الامريكي

5. النقل والتوطين

5-1- الحزمة العريضة في سورية وشبكة الاتصالات

5-2- واقع شبكة نقل القدرة الكهربائية في سورية

5-3- المقاربة العملية والتقانية

5-3-1- محافظة الحسكة مثالاً

5-3-2- مثال تطبيقي /مدينة القامشلي

5-3-3- مدينة القامشلي - حي المطار و التنفيذ التقاني

5-3-4- مدينة القامشلي - القرى البعيدة والتنفيذ التقاني

5-3-5- الأنظمة والتصاميم التي يمكن أن تستخدم

5-3-6- الأنظمة الهجينة

5-3-7- الحلول العملية لنمذجة الإشارة المطبقة

5-4- المقاربة التجارية والتحديات الاقتصادية

5-4-1- نموذج التجزئة landlord

5-4-2- نموذج البيع بالجملة

5-4-3- نموذج مزود الخدمة

5-5- الميزات والتحديات

5-5-1- الفوائد المرتقبة

5-5-2-تحديات التطبيق والاستخدام

6. الخلاصة

7. التوصيات

8. المراجع

بسم الله الرحمن الرحيم

الى والدي ووالدتي حب وامتنان

اشكر استاذي القدير الدكتور موسى بشاره على صبره وجهده وعلمه وتوجيهاته والذي كان لي خير العون والمشرف

1- المصطلحات

ABBREVIATIONS، ACRONYMS، AND TERMS

AC alternating current
AMR automated meter reading
AP access point
ARRL American Radio Relay League
AWGN additive white Gaussian noise
BoPL broadband over power lines
BPL broadband over power lines
CALEA Communications Assistance For Law Enforcement Act
CENELEC European Committee for Electro technical Standardization

CFR Code of Federal Regulations (47 CFR addresses Telecommunications)

CPE consumer premises equipment
CSMA/CA carrier sensing multiple Access/collision avoidance

DAS distributed antenna system
DB/m power in decibels with Reference to 1 milliwatt

DSL digital subscriber line
EHV extremely high voltage (> 300 kV)

EM electromagnetic
EMC EM compatibility
EMI EM interference
ETSI European Telecommunications Standards Institute

FCC Federal Communications Commission

FDD frequency division duplex
FTTH fiber to the home
GDP gross domestic product
HDTV high definition television
HF high frequency (3 to 30 MHz)
HV high voltage (36 to 300 kV)
IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISP Internet service provider
LAN local area network
LF low frequency
LV low voltage (< 1 kV)
MAC medium access control
MO&O Memorandum of Opinion & Order (FCC)
MTL multi conductor transmission Line

MV medium voltage (1 to 36 kV)
NEC numerical EM code
NMS network management system
NOI Notice of Inquiry

NPRM Notice of Proposed Rule Making (FCC)

NTIA National Telecommunications And Information Administration

OFDM orthogonal frequency division Multiplexing

OPERA Open PLC European Research Alliance

OSS operations support system
PC personal computer
PCS personal communications Services

PL power line
PLC power line communications
POP point of presence
PSTN public switched telephone Network
QOS quality of service
R&D research and development
R&O Report & Order (FCC)
RF radio frequency
RMS root mean square
ROI return on investment
SCADA supervisory control and data Acquisition
SW shortwave (5.9 to 26.1 MHz)
UHFultra-high frequency
UMTS universal mobile Telecommunications system
UPA Universal Power line Association
USAC Universal Service Administrative Company
USF Universal Service Fund
UTC United Telecom Council
VHF very high frequency (30 to 300 MHz)
VoIP voice over Internet Protocol

Abstract

This research present broadband over power lines (BPL) technology as an effective option for Syrian Arab republic since this technology basically based on existing network which supply the electricity to the public use, we start explaining the importance of the broadband access and how it develops the society and improves the chances in deferent domains.

Then a technical view of this raised technology is presented, and to support the research we explore important studies made by famous organizations, the benefits and critical issues are discussed technically.

In the practical part we present some statistics from Syria focusing on Al Hassaka as a potential region to develop and apply this technology

We also provide a practical study taking into consideration the properties of the studied area, and the situation of the electrical and communication networks in Syria. Conclusions and recommendations are provided at the end of this part.

Finally, the recommendations and the technical advice which are provided by the major companies working in this domain are provided to help us in applying this technology in Syria.

ملخص

يقدم هذا البحث تقنية الحزمة العريضة بواسطة خطوط نقل القدرة كخيار فعال لسورية حيث أن هذه التقنية تستخدم وتستفيد من توصيلات موجودة بالفعل لتزويد الطاقة الكهربائية للاستخدام العام ، وبعد أن نشرح أهمية توفر الحزمة العريضة وأثرها الإيجابي في تطور المجتمع وتحسين فرصه في كافة المجالات نقوم بعملية شرح تقني لهذه التقانة الواعدة ودعم هذا البحث بدراسات أعدت من قبل هيئات عالمية مهتمة كما يتم مناقشة الميزات والمشكلات بشكل تقني وفي القسم العملي نستشهد ببعض الإحصاءات في سورية ونركز على محافظة الحسكة كمحافظة محتملة لتطبيق هذه التقانة

قدمنا أيضا دراسة عملية آخذين بعين الاعتبار خصائص المنطقة المدروسة ووضع شبكة الكهرباء والاتصالات في سورية مقدين في نهاية هذا الفصل النتائج والتوصيات

أخيرا التوصيات والنصائح التقنية التي وضعت بواسطة هيئات عالمية رائدة تعرض بما يساهم في تطبيق هذه التقانة في سورية

2- مقدمة

نشأ في الآونة الأخيرة على صعيد الإنترنت أهمية توفير خدمات الولوج المتوسط ثم الحزمة العريضة بشكل واسع حيث بينت العديد من الدراسات أن هذا النوع من الولوج يمكن أن يكون له تأثيرات إيجابية عميقة ومهمة في المجالات الاقتصادية والعملية إلا أنه في الوقت الحالي فإن الولوج بالحزمة العريضة متاح فقط لعدد محدود من الأشخاص في العالم.

في السنوات السابقة كانت الحزمة العريضة متوفرة بشكل تقليدي عن طريق خطوط الـ (DSL) Digital Subscriber Lineأو عن طريق الكابل مع تطور السنوات فقد أضحت تقنية اللاسلكي (Wireless) والولوج عن طريق الأقمار الصناعية (Satellite) تلعب أيضاً دوراً كبيراً في هذا المجال.

الآن قد انبثق خيار ثالث – يعتمد على طريقة الوصل السلكي (عن طريق كابلات نقل القدرة) – ويسمى بتقنية الحزمة العريضة عن طريق خطوط نقل القدرة (BPL).

في سورية تعتبر البنية التحتية لنقل القدرة الكهربائية متطورة ومتقدمة نسبياً عن بنية الاتصالات وهي تصل لكل منزل تقريبا بينما لا زالت بنية الاتصالات تعتمد على تقنيات قديمة في أغلب المناطق وتعتبر كلفة ترقيتها كبيرة جداً، لذلك ربما من المجدي مادياً الاعتماد على الشبكة الكهربائية كمخرج مـــاديو تقني لهذه المشكلة علماً أنها تبدو واعدة وهذا ما نحاول أن نناقشه في هذا البحث ..(نستخدم كابلات وشبكة موجودة أصلاً ..)

في الحقيقة كانت خطوط نقل القدرة قد صممت أساساً لنقل الطاقة الكهربائية وليس لنقل الاتصالات ولهذا ستواجه تقنية (BPL) ثلاثة عوائق وتحديات أساسية.

أولاً- يجب الأخذ بعين الاعتبار التغييرات الحاصلة في خصائص وأداء خطوط نقل القدرة مع مرور الزمن ومع تغير المكان.

ثانياً- يجب إجراء قياسات لضمان أن تقنية (BPL) لن تسبب أية تداخلات أو تشويش مع حقوق مالكي بعض حزم الترددات (محطات البث الاذاعية ، التلفازية) .

ثالثاً- إنّ أي تقنية جديدة ستترافق مع مشاكل الانتظامية لغاية الاستقرار ولذلك يجب متابعة وتقفي هذه المشاكل.

مع التغلب على هذه المشاكل الأساسية الآنفة الذكر، ومع نمو ونضوج المواصفات القياسية والنواظم، ومع التوفر الواسع للتجهيزات الموثوقة والرخيصة الثمن والمصنعة وفق المقاييس الناظمة، فإن الشكوك حول المخاطر المتوقعة من استخدام واستثمار تجهيزات (BPL) ستزول قريباً. بعدها سيكون بالإمكان لتقنية (BPL) الحصول على الجزء الأكبر من سوق الحزمة العريضة وذلك بفضل التجهيزات الحديثة التي ستطرح في السوق.

وبشكل عام هناك طريقتان أساسيتان لتوفير خدمات الاتصالات وهما الطريقة السلكية والطريقة اللاسلكية.

عند استخدام الطريقة اللاسلكية فإن العائق الأساسي هو ندرة مجال طيف التردد الراديوي وصعوبة الحصول على حزمة شاغرة وبالتالي الكلفة الكبيرة المترتبة للحصول عليها.

في الولايات المتحدة تعتبر الحزم الراديوية الشاغرة أحد الموارد الوطنية الشحيحة والمتوجهة للنضوب وهذه الحزم الراديوية محمية ومراقبة من قبل هيئة الاتصالات الفيدرالية (Federal Communications Committee)

إنّ المزادات الخاصة بخدمات هيئة الاتصالات الفيدرالية تبيّن أن السعر الوسطي لحزمة بعرض (1 MHz) لبث أغنية واحدة هو حوالي 1.68 دولار. عملية حسابية بسيطة يمكن أن تبين بأن حزمة بعرض (10 MHz) والتي يمكن أن تغطي 300 مليون أغنية يمكن أن تكلف حوالي 5 مليارات دولار، ناهيك عن تكاليف التشغيل. من وجهة نظر التكاليف يمكن القول بأنه بالدرجة الأولى هناك تكاليف استئجار المواقع وتكاليف استئجار الخطوط، وهذه التكاليف ممكن أن تشكل مئات الملايين أو حتى مليارات الدولارات سنوياً. هذه العوامل تجعل استخدام الحزمة العريضة بالتقنية اللاسلكية خياراً صعباً ومكلفاً بشكل نسبي.

بالنسبة للطريقة السلكية فإنه توجد حالياً طريقتان أساسيتان لتزويد الحزمة العريضة: إمّا عن طريق خطوط (DSL) من خلال خطوط مؤسسة الهاتف(الياف ضوئية او كابلات نحاسية)، أو عن طريق كبل مودم من خلال خطوط الكابلات المحورية المقدمة من قبل شركة الكابل.

مع ظهور تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط نقل القدرة (BPL) فإن تقنية سلكية قد انبثقت كخيار ثالث بحيث تستخدم خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

تعتبر خطوط نقل الطاقة الكهربائية مغرية لاستخدامها في أغراض الاتصالات بسبب كونها واسعة الانتشار في مختلف الاتجاهات حيث أن خطوط نقل الطاقة الكهربائية هي أساساً واصلة لكل بيت وكل شركة حتى في الضواحي والمناطق الريفية .يمكن لهذا الانتشار الواسع أن يترجم إلى توفير كبير في الوقت والكلفة لتشغيل واستثمار الحزمة العريضة. إن هذه الحقيقة ستجعل خطوط نقل الطاقة الكهربائية تحلّ مكان الحزمة الراديوية، وستجعل منها إحدى أهم الموارد الوطنية أو حتى إحدى الثروات الوطنية. علاوة على ذلك، هناك تمديدات الشبكة الكهربائية داخل المنزل والتي ممكن فعلياً أن تحوّل كل مأخذ كهربائي (بريز) في المنزل إلى مأخذ (نقطة وصول أو مأخذ شبكة) لاتصالات الحزمة العريضة.

بفرض أنّ نسبة انتشار الحزمة العريضة للسوق العالمية هو أقل من (4%) فإنّه من الواضح الحجم الكبير المتوقع لنمو سوق الحزمة العريضة.

إنّ نجاح تشغيل (BPL) لا يتطلب فقط الأداء التقني البحت وما ينتج عن الاختبارات والتجارب المتعلقة بتطويره بل هو مرهون أيضاً بتطبيق خطط تجارية عملية ناجحة.

على الرغم من الانتشار الواسع والنمو الكبير لتقنيات الحزمة العريضة خلال السنوات القديمة، فإن عددا كبيرا لا بأس به من المناطق في العالم لا تملك خدمات الولوج للحزمة العريضة (بما فيها بعض الضواحي الريفية والمناطق ذات الدخل المحدود). الحقائق تشير بأنه من بين سكّان العالم البالغ عددهم 6.7 مليار نسمة فإن 3.7 مليار منهم مزودين بخدمات شبكة نقل الطاقة الكهربائية (أي أن فقط 60% من عدد سكان العالم ينعمون بالتيار الكهربائي)، بينما 2 مليار منهم (30% من عدد سكان العالم) مزودين بخدمات الهاتف والاتصالات بمختلف أشكالها (سلكي / لاسلكي)، بينما عدد السكان الذين ينعمون بخدمة الولوج للحزمة العريضة لا يتجاوز 250 مليوناً (أي حوالي 3.7% من إجمالي عدد سكان العالم).

وفي الولايات المتحدة التي بقطنها حوالي 300 مليون نسمة فإن عدد السكان الذين ينعمون بالخدمة المريحة للحزمة العريضة لا يتجاوز 50 مليون نسمة (أي عرض حزمة بحوالي 200 kbps في كل اتجاه إرسال أو استقبال) [1].

العقبة الأساسية لاستخدام الحزمة العريضة هو الكلفة العالية للولوج عند الميل الأخير- Last Mile - من وجهة نظر الاتصالات فإن خطوط نقل القدرة يمكن أن تحل مشكلة الولوج هذه وذلك بسبب كون هذه الخطوط قد تم تمديدها مسبقاً إلى كل المنازل والمكاتب، ومن هذا المنطلق يمكن اعتبارها الخيار الثالث من أسلاك توصيل الحزمة العريضة للمنازل والشركات (على اعتبار أن أول خيارين هما خطوط DSL وطريقة الكابل) طبعاً، يمكن توفير الميل الأخير لخدمة الولوج للحزمة العريضة إما عن طريقة شبكة الهاتف الثابت أو الهاتف الخليوي أو نظام الأقمار الصناعية[2].

إن شبكة التمديدات الكهربائية داخل المنزل يمكن أيضاً الاستفادة منها لبناء الشبكة المحلية (LAN) والتي يستفاد منها لتوصيل الكمبيوترات والطابعات والأجهزة الذكية داخل المنزل، وبكل بساطة فإن كافة المآخذ الكهربائية داخل المنزل ستتحول إلى مآخذ شبكة للإنترنت. هذه التقنية غالباً ما تسمى وصلة البوصة الأخيرة (أي آخر أصغر جزء من الشبكة).

من الجدير بالذكر أن بعض الدول المتقدمة التي توفر العديد من الخيارات لتأمين الاتصالات العادية وخدمات الحزمة العريضة (حتى وإن كانت مكلفة في بعض الأحيان)، فإنه بالمقابل توجد الكثير من الدول النامية التي لا توفر لمواطنيها سوى خدمات الكهرباء وبالتالي فإنها تعاني من نقص حاد لبنى تحتية مناسبة للاتصالات بشكل عام. هنا يمكن القول بأن تأمين الاتصالات عن طريق خطوط نقل القدرة يمكن أن تكون طريقة فعّالة ومفيدة جداً. في الحقيقة إن سكان المنازل الذين يتوفر لديهم فقط خدمة الكهرباء يمكن أن يتم تزويدهم مباشرة بخدمة الإنترنت بالحزمة العريضة وأيضاً بخدمة الهاتف عن طريق (Voice Over IP) دون أن يتطلب ذلك تكاليف كبيرة (حيث لن يُحتاج لتمديد خطوط جديدة). في الحقيقة بهذه الطريقة سيتم تحقيق الفرصة الأولى لهؤلاء السكان في هذه المجتمعات البسيطة للحصول على خدمات الهاتف والإنترنت وباقي الخدمات[3].

لقد بيّنت العديد من الدراسات وهذا ما هو ملموس فعلاً الصلة الكبيرة والوثيقة بين انتشار الحزمة العريضة وتوفرها من جهة وتحسّن أداء الخدمات بشكل عام من جهة أخرى.

خاصة في مستوى التعليم وجودة الرعاية الصحية وتزايد عدد فرص العمل المغرية، وتوفير قنوات جديدة للتجارة...

في الحقيقة كل هذا من شأنه أن يساهم بالنهاية في نمّو الاقتصاد الوطني ويؤثر بشكل مباشر على نمّو المنتجات المحلية.

السيد توماس فريدمان وهو ناقد كبير للمقالات المتعلقة بالعولمة يقول:

إنّ الأعمال بشكل عام واستخدام المعرفة والنمو الاقتصادي سوف تنجذب نحو المجتمعات الأكثر ارتباطاً مع الإنترنت ونحو المجتمعات التي تحظى بحزم أعرض، وهذا ببساطة لأنه في هكذا دول سيكون من السهل تجميع المعلومات ومشاركة المعرفة والحصول على موارد المعلومات التي قد تلزم في مختلف مراحل العمل سواء كانت بغرض التصميم أو الاستثمار أو التصنيع أو التسويق والاتصال والتعليم والتسلية... الخ. باختصار شديد فإن الاتصال هو الإنتاج بحد ذاته[4].

لسوء الحظ، فإنه على الصعيد الوطني وحتى العالمي هناك فجوة رقمية كبيرة بين مستويات التطور التكنولوجي. وبدقة أكثر فإنّه هناك فارق كبير في المستوى بين الأشخاص المتمتعين بخدمات الإنترنت بالحزمة العريضة والأشخاص المحرومين منها. بعد الأخذ بعين الاعتبار أهمية الحزمة العريضة فقد طالب الرئيس الأمريكي عام 2007 بتوفير خدمات الحزمة العريضة بشكل عمومي وبسعر معقول بحيث توفّر للجميع بدون استثناء وبسعر زهيد في كل جزء من الولايات المتحدة وذلك نتيجة لحدسه لخلق ما يسمّى بـ (الجيل الجديد للإبداع الأمريكي)[5].

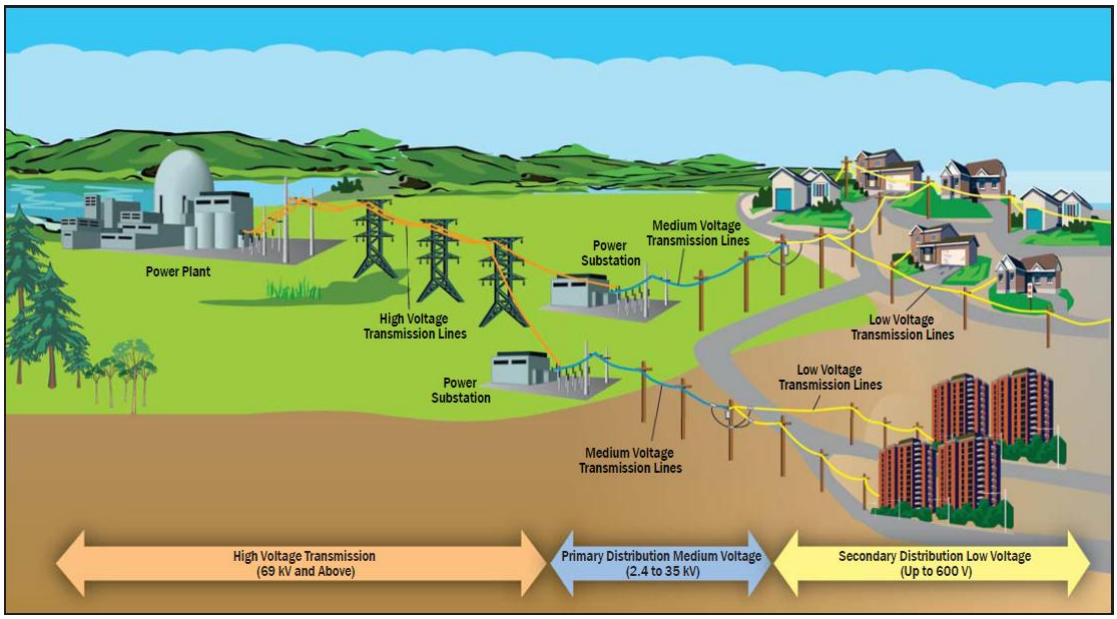
من الجدير ذكره بأن فكرة الاتصالات عن طريق خطوط القدرة ليست بالحديثة، فهي قيد النقاش منذ عقود والعديد من شركات نقل وتوزيع الكهرباء في العالم قامت باستخدام هذه الخطوط للتطبيقات ذات السرعة المنخفضة (حجم تبادل بيانات منخفض وبترددات منخفضة)، ولعل أقرب مثال عن هكذا تطبيق هو نقل بيانات استهلاك المستخدمين (نقل قراءة عداد الكهرباء عن طريق نفس خطوط نقل القدرة). إنّ السعي المتجدد للاستفادة من خطوط نقل القدرة في تأمين خدمات الاتصالات تتمثل بتوفير خدمات تقنية الـ BPL.

إنّ الفكرة الاساسية هو استخدام تجهيزات خاصة قادرة على اجراء تعديل بسيط على شبكة خطوط نقل القدرة الكهربائية بحيث تصبح قادرة على نقل البيانات بالسرعات العالية بمجال طيف واسع (مرتبة HF أي التردد العالي والتي تعتبر الجزء السفلي من مجال VHF أي التردد العالي جداً) وذلك دون أن تتسبب بالتداخل والتشويش مع حزم الموجات الراديوية (RF). الأهم من ذلك، فإنّ كل هذا يجب أنّ يكون متاحاً وقابلاً للتطبيق بشروط اقتصادية معقولة وبسعر مقبول.

3- تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط نقل القدرة

3-1- البنية التحتية لخطوط نقل القدرة وخصائصها

تختلف بنى وطوبولوجيه الشبكة الكهربائية من دولة إلى أخرى، ولكنها بالنهاية تملك شكلاً عاماً واحداً بحيث تبدأ من محطات التوليد ثم محطات التحويل ثم خطوط النقل ثم محطات التحويل التي تقوم بتغيير الجهد عن طريق محولات (الشكل 3-1).



الشكل 3- 1 الشبكة الكهربائية

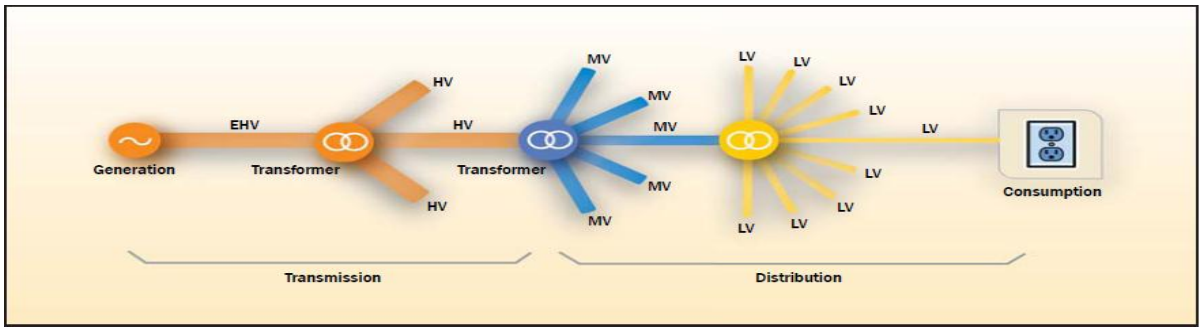
توليد الطاقة يمكن أن يكون عن طريق العنفات البخارية والبخار ممكن أن يتشكل عن طريق احتراق الفيول أو عن طريق مفاعل نووي. إن خرج المولدة يكون تيار متناوب ثلاثي الطور بجهد قد يصل إلى آلاف الفولتات. يتم مزامنة هذه الأطوار الثلاثة وإزاحتها عن بعضها البعض بصفحة قدرها 120°. في الحقيقة يتم اللجوء إلى التيار ثلاثي الطور لأن التيار أحادي الطور يعمل في دورة كاملة (من الصفر حتى الذروة ثم إلى الصفر إلى الذروة المقابلة وثم إلى الصفر أيضاً) خلال تردد الخط (تردد الخط يكون عادة 60هرتز في الولايات المتحدة و 50هرتز في بقية أنحاء العالم). باستخدام ثلاثة أطوار متزامنة فإنه يمكن القول بأن أحد هذه الأطوار سيكون في وضع الذروة خلال أية لحظة. في الحقيقة يمكن استخدام المزيد من الأطوار ولكن ذلك سيتطلب بالطبع المزيد من الكابلات وبالتالي المزيد من التكاليف وبذلك فإن ثلاثة أطوار تعتبر الحل الأمثل من حيث الكلفة والأداء.

الاستطاعة المنقولة عبر الخطوط هي ناتج جداء الجهد بالتيار (P = IV). الضياعات التي تحدث أثناء النقل تتناسب طرداً مع مربع التيار ($P_{loss} = R_{line} \cdot I^2$) حيث أن R_{line} يمثل قيمة المقاومة الأومية لخط النقل ويتغير قيمتها تبعاً لنوعية المواد المستخدمة في صناعة الكبل وهي تزداد بزيادة المسافة. كما هو

مبين من المعادلة فإنه لتخفيض قيمة الضياعات (P_{loss}) يجب تخفيض التيار قدر الإمكان. وهذا يعني رفع الجهد قدر الإمكان وذلك خاصة عند النقل لمسافات طويلة. إن محطات التحويل الموجودة بجانب محطات التوليد تستخدم محولات ضخمة لتقوم برفع الجهد من عدة آلاف إلى عدة مئات آلاف (حوالي 155 و 765 كيلو فولت) وبذلك السماح لنقل القدرة الكهربائية المقدرة بعدة ميغاواط لمسافات قد تصل إلى 300 ميل (480 كم) أو أكثر.

في محطات التحويل يتم تخفيض الجهود وتفريع الخطوط لكي تغطي مناطق متعددة. إن هذه العملية تتم بالتسلسل:{ تحويل الجهد وتفريع الخطوط من مستوى الجهد العالي بشدة (155 إلى 765 كيلو فولت) إلى مستوى الجهد العالي (45 إلى 155 كيلو فولت) ثم إلى الجهد المتوسط (2 إلى 45 كيلو فولت)وأخيراً إلى الجهد المنخفض (100 إلى 600 فولت) وبذلك تصل إلى كافة المنازل والمكاتب والشركات}

كما هو مبين بالشكل (3-2) يمكن القول بأن مستويات الجهد العالي بشدة والعالي تستخدم لنقل الطاقة الكهربائية بينما مستويات الجهد المتوسط والمنخفض تستخدم لتوزيع الطاقة الكهربائية



الشكل 3-2 مستويات الجهد

إن البنى والهياكل المستخدمة في الجهود العالية بشدة والعالية تكون عادة أبراج مرتفعة وذات أوزان ثقيلة. بينما تستخدم الأعمدة المركبة في الشوارع لنقل الجهود المتوسطة والمنخفضة. في الولايات المتحدة تكون هذه الأعمدة المركبة في الشوارع عادة بطول 10 أمتار وتكون مركبة بتباعد 50م بحيث يحمل عليها ثلاثة خطوط (3 phases) بالإضافة إلى خط رابع هو الحيادي أو النتر (وغالباً ما يكون هذه الخط مؤرض).

إن شبكة الجهد المتوسط تسمى عادة شبكة التوزيع الرئيسية بينما تسمى شبكة الجهد المنخفض بشبكة التوزيع الثانوية.

في سورية يمكن القول أنّ معظم خطوط شبكة التوزيع الرئيسية هي خطوط هوائية بينما تكون خطوط شبكة التوزيع الثانية أرضية (أي ممددة تحت الأرض) وخاصة في المدن الكبيرة. غالباً ما تؤدي خطوط النقل الهوائية لتوليد الحقول الراديوية وللتأثر بالتشويش الخارجي وذلك مقارنة مع الخطوط الأرضية،

ولكن مع هذا فإن الخطوط الأرضية هي أقل انتشاراً وذلك بسبب التكاليف العالية المتعلقة بالحفر وطمر الكابلات. في الحقيقة إن خطوط التوتر المتوسط تمدد غالباً بطول 15 إلى 50كم.

إنّ تقنية BPL قد صممت بالأساس لكي تستفيد من شبكة القدرة الكهربائية الموجودة مسبقاً، والتي تختلف طبيعتها وبنيتها من دولة إلى أخرى.

في سورية تكون شبكة القدرة الكهربائية المتناوبة ثلاثية الطور عبارة عن نظام هرمي ثلاثي مكونة من خطوط نقل التوتر العالي وخطوط نقل التوتر المتوسط وخطوط نقل التوتر المنخفض وتربط خطوط التوتر العالي محطات توليد الطاقة الكهربائية بمحطات التوزيع والتحويل وتقوم خطوط التوتر العالي بنقل عدة مئات من الكيلو فولطات لعدة عشرات من الكيلومترات. بينما تربط خطوط التوتر المتوسط بين محطات التحويل والمحولات المركبة على الأعمدة الكهربائية، وتقوم خطوط التوتر المتوسط بنقل عدة عشرات من الكيلو فولط لعدة كيلومترات. بينما تربط خطوط التوتر المتوسط المحولات المركبة على الأعمدة الكهربائية مع توصيلات المشتركين النهائيين في المنازل أو الشركات والمكاتب والمنشآت، وتقوم خطوط التوتر المنخفض بنقل عدة مئات من الفولطات لمسافات لا تتجاوز عدة مئات من الأمتار، وفي الولايات المتحدة فإنّ كل محولة تستخدم لتغذية ما يتراوح (1 ~ 8) مشتركين و في سورية تستخدم محوّلة واحدة لتغذية (30~50) مشتركاً، وعملياً هذه الطريقة توفّر الكثير من تجهيزات الـ BPL

لقد تمّ استخدام نواقل (كابلات) ألمنيوم المدعمة بالفولاذ لنقل وتوزيع القدرة الكهربائية وذلك خلال المئة سنة السابقة وهي عبارة عن نواة شعرية فولاذية محاطة بالألمنيوم ،(الجدول رقم 3-1) يبين خصائص المواد المستخدمة في خطوط نقل القدرة.

المعدن	الناقلية النسبية (للنحاس = 100)	المقاومة الكهربائية عند الدرجة 20°، (أوم * متر) (10^{-8})	المعامل الحراري للمقاومة (لكل درجة مئوية)
نحاس (غير مقساة)	100	1.724	0.0039
نحاس (مسحب)	97	1.777	0.0039
ألمنيوم	61	2.826	0.0040
فولاذ طري	12	13.80	0.0045
رصاص	8	21.4	0.004

الجدول 3-1: الخواص الكهربائية للمعادن المستخدمة في خطوط نقل القدرة

الغاية من الفولاذ المستخدم كنواة في الكابلات هو الدعم الميكانيكي أثناء التعليق والشدّ بين الأبراج، بينما الألمنيوم المحيط هو الذي يقوم بنقل الكهرباء.

لقد تم تأسيس اللجنة التقنية المسماة (Technical Committee 7) التابعة لـ IEC(International electricity commotion) في شهر تشرين الأول من العام 1919 بغية تحضير التوصيات والمقترحات المتعلقة بالألمنيوم العاري المستخدم في النواقل والأسلاك الكهربائية. يشكل الألمنيوم النسبة الأكبر عالمياً من بين بقية المعادن المستخدمة في خطوط نقل القدرة الكهربائية وذلك بسبب كفاءته الاقتصادية وسعره المنخفض. كما ازداد استخدام الليف الضوئي (مثل أسلاك التأريض الضوئية) والذي يحتوي في مركزها على مواد إضافية مثل الكربون والزجاج التي تحيط بالألمنيوم (كما هو موضح بالشكل3-3).

الشكل 3-3 مقطع الناقل

لقد تمّ تصميم كابلات القدرة الكهربائية بحيث يكون القيمة المثلى لتردد القدرة المنقولة عبرها ضمن المجال 50 – 60 Hz وبحيث لا يتجاوز قيمة التردد الأعظمي عن 400 Hz.

ويعرف المجال 50 – 60 Hz بالمجال المنتهي الانخفاض (Extremely Low Frequency ELF).

إن معظم أنظمة BPL مصممة لتعمل ضمن الطيف الترددي (1.705 – 30 MHz) ونادراً ما تستخدم التردد 80 MHz في شبكات التوتر المتوسط والمنخفض.

إن الطيف الترددي (1.705 – 30 MHz) يعتبر واحد من الموارد الطبيعية لأنه يتضمن مجال HF أي (3 – 30 MHz) والمجال الترددي HF له مقدرة نادرة لدعم المسافات الطويلة واتصالات الند للند Point-to-Point بدون الحاجة لاستخدام بنى تحتية إضافية (مثل المكررات) وهو يحتاج فقط لتجهيزات المرسل والمستقبل في البداية والنهاية فقط. إن وسيط النقل لإشارات HF هو الأيونوسفير المحيط بالأرض والتي تقوم بدور عكس وارتداد الإشارات للترددات في هذا المجال. إن الترددات الواقعة فوق المجال HF ضمن المجال 45 – 30 Hz محجوزة لخدمات الاتصالات العامة. الطيف الترددي ضمن المجال 80 MHz – 54يستخدم للقنوات التلفزيونية وجزء صغير منها يستخدم لأنظمة الإنذار اللاسلكي مثل أنظمة إنذار الحريق[6].

إنّ تحديات تقنية كبيرة تواجه استخدام خطوط نقل القدرة في مجال نقل البيانات بالتردد HF. فبالإضافة للتخامد الذي تعاني منه فإنّ خطوط نقل القدرة هي أحد الأوساط الأكثر تلوثاً. إنّ تشكيل الكابلات المستخدمة في شبكات نقل القدرة يتمّ عن طريق تجميع العديد من المواد بمقاطع مختلفة بشكل شبه

عشوائي وهذا يعني إنّ الردّ التحريضي وخواص الممانعة ستختلف باختلاف المواقع على طول الكبل. علاوة على ذلك فإن ممانعة هذه الكابلات ستختلف باختلاف تردد الإشارات المحملة عليها وباختلاف ساعات اليوم الواحد نظراً لاختلاف الحمل على الشبكة في مختلف ساعات اليوم.

إنّ الشروط المحيطية مثل الحرارة والرطوبة والضغط الجوي والرعد وأشعة الشمس والارتفاع عن الأرض سيكون لها أيضاً تأثيراً كبيراً وبالمجمل فإنّ مجال خطوط نقل القدرة الكهربائية يمكن وصفها بمجال هندسي متخصص جداً.

على الرغم من عوائق النقل المذكورة أعلاه فإن خطوط التوتر المتوسط هي أوساط مثالية لنقل التردد الراديوي RF وذلك بسبب طبيعتها المؤلفة من نواقل مكشوفة. إنّ خطوط نقل التوتر المتوسط هي أقل بكثير مقارنة مع خطوط التوتر المنخفض، لذلك فإن نقل استطاعة منخفضة لا تتجاوز 10 واط ستكون كافية للتغلب على مسافات بأكثر من 500 كيلومتر[2].

يمكن حقن إشارات التردد العالي HF إلى خطوط نقل القدرة باستخدام مرشحات التمرير العالي المناسبة، في الحقيقة يمكن التوصل إلى النتيجة المثالية والقيمة العظمى من نسبة الإشارة المستقبلة عند حصول تطابق كامل بين قيم ممانعات لكل من المرسل وخطوط النقل والمستقبل.

كما ذكر آنفاً، فإن مستويات التفريع والبنى المستخدمة في ذلك تختلف من بلد إلى آخر أضف إلى اختلاف في أشكال ومستويات الجهود ففي الولايات المتحدة على سبيل المثال يكاد عدد المنازل المخدّمة بمحولات جهد (متوسط / منخفض)قليلاً لا يتجاوز عدة منازل، بينما يكون العدد هائلاً في أوروبا حيث يتخطى عدة مئات من المنازل في حين يعود إلى ما يقارب العدد في الولايات المتحدة أو يزيد قليلاً في بلدان أخرى مثل اليابان .

إنّ هذا الاختلاف لن يؤثر فقط على خصائص الاتصال فقط بل وعلى الجدوى الاقتصادية أيضاً لتقنية (BPL).

2-3- ماهي الـ BPL ؟

Broadband over Power Line (BPL): هي تقنية تسمح بنقل الصوت والبيانات والإنترنت عبر خطوط نقل القدرة. كما تسمى هذه التقنية أحياناً بتقنية اتصالات خطوط القدرة (Power-Line Communications PLC)، حيث أن مصطلح PLC يستخدم كبديل لمصطلح BPL من قبل معظم الناس، إلا أن FCC قد اختارت استخدام مصطلح "Broadband Over Power Lines" لتطبيقات المستهلك.

ليس على مشترك BPL سوى تركيب مودم على مأخذ الكهرباء الجداري الموجود في المنزل ثم ليس عليه بعد ذلك سوى دفع قيمة الاشتراك ليتمتع بخصائص هذه التقنية وبالتالي فإنّ استخدام تقنية BPL لا يحتاج إلى استخدام الهاتف أو الكابل أو وصلة فضائية .

في 23 نيسان من العام 2003 قامت FCC بتبني تنويه استعلام يتضمن الاهتمام حول قابلية تقبل تقنية BPL بحيث تكون خطوط نقل القدرة بمثابة الخط الثالث الواصل إلى المنازل وبحيث تنافس خطوط الهاتف النحاسية والكابلات المحورية المستخدمة في نقل إشارة التلفزيون. بناء على التعليقات المستلمة بخصوص هذا الاستعلام فقد قامت الهيئة في شباط من العام 2004 بإصدار تنويه القانون المقترح (Notice of Proposed Rulemaking NPRM).

في الحقيقة قامت كلاً من NTIA و NPRM بمناقشة نوعين من الـ BPL هما Access BPL و In-house BPL.

Access BPL: هي تقنية تقوم بتزويد خدمة الوصول للخدمة العريضة عبر خطوط نقل التوتر المتوسط.

خطوط نقل التوتر المتوسط هي خطوط نقل الكهرباء التي نراها ممتدة فوق أعمدة الكهرباء على جانب الطريق وذلك في المناطق غير المخدمة بكابلات أرضية. غالباً يكون هناك ثلاثة خطوط كهرباء (تسمى ثلاثة أطوار A،B، C) حيث يحمل كل خط عدة كيلو فولطات بحيث يكون الخط الواحد كافياً لتغذية منزل كامل ولكن في بعض الأحيان يتم دمج خطين أو ثلاثة خطوط من أجل تغذية المحركات الكهربائية الضخمة في بعض المنشآت الصناعية او التجارية، كما يمكن في بعض الأحيان أن نرى خطاً رابعاً بحيث يكون هذا الخط هو الخط الأرضي.

In-house BPL: هي تقنية شبكية منزلية تستخدم معيار النقل المطور من قبل شركة HomePlug Alliance. يمكن لتجهيزات In-house BPL ان تتطابق نسبياً بشكل سهل مع حدود الإشعاع الوارد في القسم 15 من قوانين FCC، وذلك بسبب كون التجهيزات تتصل بشكل مباشر مع خطوط التوتر المنخفض داخل المنزل أو الشركة.

الميل الأخير The Last Mile: الميل الأخير هو جزء الشبكة التي يتم توصيلها للمستخدم النهائي المتواجد في المنزل أو المكتب لتزويده بخدمات السرعة العالية وخدمات الإنترنت. في حالة استخدام الحزمة العريضة لسكان المناطق السكنية الذين يستخدمون مودم عن طريق كبل يمكن تشبيه الوصلة الأخيرة بالكبل الموصول بين لوحة توزيع الكهرباء (لوحة القواطع) إلى شبكة كهرباء المدينة أو بالكبل الموصول بين لوحة توزيع الكهرباء (لوحة القواطع) إلى مآخذ الكهرباء الجدارية.

BPL Modems: تستخدم موديمات BPL شرائح السيليكون المخصصة لإرسال الإشارات عبر خطوط نقل القدرة، وهي تشبه تماماً موديمات الكبل وموديمات DSL من حيث استخدامها الشرائح السيليكونية المخصصة لإرسال الإشارات عبر الكبل وعبر خطوط الهاتف.

لقد مكنت التطورات الحاصلة في معالجة القدرة الوصول إلى شرائح موديمات BPL قادرة على التغلب على المشاكل والمصاعب في إرسال إشارات الاتصالات عبر خطوط نقل القدرة الكهربائية.

المشبكات التحريضية capacitive couplers: تستخدم هذه المشبكات لتوصيل موديمات الـ BPL لخطوط التوتر المتوسط، حيث يقوم المشبك السعوي هذا بنقل إشارات الاتصالات لخطوط نقل القدرة عبر التفافها حول الخط وبدون تماس مباشر بينها وبين خطوط نقل القدرة. التحدي الكبير هو طريقة نقل

هذه الإشارات من شبكة التوتر المتوسط إلى شبكة التوتر المنخفض التي تدخل إلى المنازل وذلك بسبب كون المحولات التي تقوم بتخفيض الجهد من آلاف الفولطات إلى 110/220 فولت تشكل الحاجز والعائق الأكبر لانتشار هذه الإشارات.

الموجّهRouter: الموجّه هو جهاز يقوم بدور الملائم بين شبكتين مختلفتين ويؤمن وظائف إدارة الشبكة.

المكرر Repeater: المكرر هو جهاز هاردوير يعمل على الطبقة الفيزيائية وهو يستخدم في الشبكة لتوسيع مداها وبنيتها ولتوسيع التداخل بين الشبكات للطبقة الفيزيائية بدلاً من اعتمادها على وصلة واحدة.

المركّز / الحاقن Concentrator / Injector: وهو جهاز يقوم بتجميع المعطيات الواردة من المشتركين (المستخدمين النهائيين) وحقنها شبكة خطوط التوتر المتوسط. تكون هذه الأجهزة موصولة للإنترنت الأساسي (Internet Backbone) عن طريق خطوط T1 من الكابلات الضوئية كما تكون موصولة مع خطوط شبكة التوتر المتوسط التي تقوم بتزويد خدمة BPL.

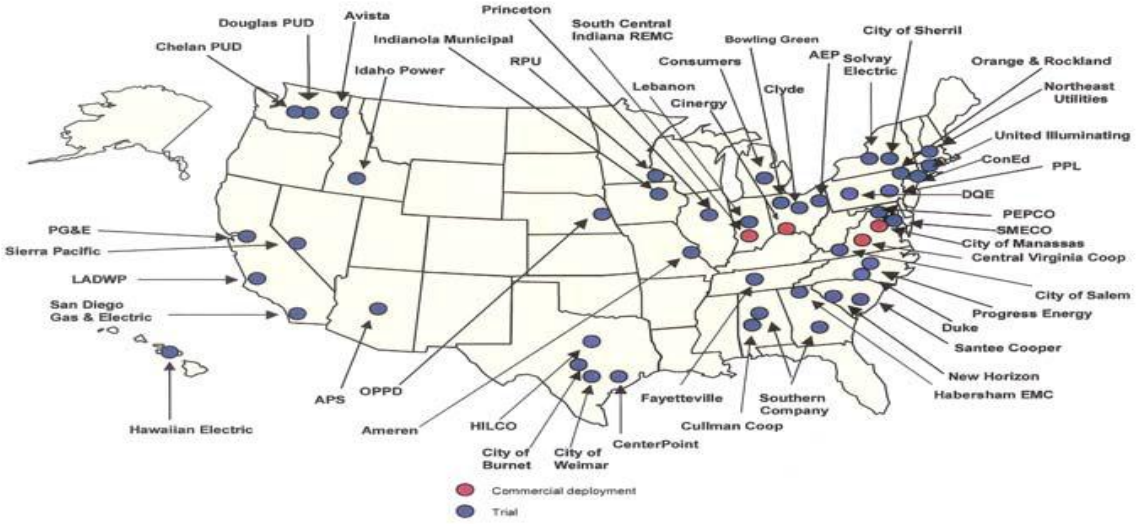
الممدّدات Extractors: تقوم الممددات بتزويد الملاءمة بين خطوط التوتر المتوسط الحاملة لإشارات BPL وبين التمديدات المنزلية الداخلية ضمن مناطق الخدمة و تكون هذه الأجهزة عادة متوضّعة بجانب كل محولة توتر متوسط والتي تقوم بتغذية مجموعة من المنازل في منطقة سكنية ما.

Carrier-Current System نظام التيار الحامل للإشارة: هناك عدة أنواع من أنظمة BPL تستخدم فيها عدة تقنيات وعدة بنى وأنواع ربط، ولكن كلها من النوع أنظمة "Carrier-Current"، وهو مصطلح يستخدم لتوصيف الأنظمة التي تقوم بنقل الإشارات عبر الأسلاك الكهربائية أو خطوط نقل القدرة[7].

3-3- مزايا تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

لعل توفر المقابس الكهربائية بمتناول الجميع في القرى البعيدة وأقصى الأرياف يسهّل كثيراً جداً من استخدام تقنية BPLويجعل من ذلك ميزة ايجابية لهذه الخدمة كما أنّ مقدار الوفر في التكاليف الذي تستفيد منه الشركات بسبب استخدامها للبنى التحتية الموجودة مسبقاً تجعل من BPL تقنية ذات تكاليف منخفضة لتطبيق خدمات الحزمة العريضة. لقد بينت FCC إمكانية توصيل خدمات الحزمة العريضة للمناطق الريفية عن طريق استخدام تقنية BPL حيث أن العائق الأكبر في هذه المناطق غير المخدمه هو تأمين البنى التحتية المستقلة الجديدة. كما عملت FCC نحو تشجيع تطبيق تقنية BPL وذلك لتزويد المشتركين في المدن بما يسمى بخدمة الخط الثالث (3^{rd} wire) والتي ستكون منافساً قوياً لبقية أنواع التقنيات من DSL أو تقنية الكبل. (الشكل 3-4) يبين المناطق المحددة في الولايات المتحدة المحددة من قبل مجلس خطوط نقل القدرة المتحدة (United Power line Council) والتي يتواجد فيها تقنية BPL. على كل الأحوال فإنّ المعلومات المتعلقة بأوضاع BPLفي هذه المناطق متناقضة ومتغيرة بشكل

كبير ونتيجة لذلك فإنه من الصعب الإقرار بأن BPL هي صناعة متجددة وقيد النمو ومن الصعب تحديد نسبة نمو ونسبة الانتظام في الأنظمة المتعلقة بهذه التقنية[11] .



الشكل 3-4 انتشار الـ BPL في الولايات المتحدة

إن أكبر تطبيقين معممين لغاية تاريخه في مجال BPL قد تضمنت (Gaithersburg و Maryland) والمقدمين من قبل شركة Current Communications واللتين تقومان بتصنيع تجهيزات BPL وقد دخلا ضمن اتفاقيات ائتلاف مع العديد من شركات الكهرباء الضخمة. إن أكبر تطبيق عملي جاء سنة 2004 كائتلاف بين شركتي Current Communications و Cinergy حيث أن شركة Cinergy هي الشركة التي تقوم بتزويد الكهرباء لمعظم المناطق في ولايتي (Cincinnati و Ohio) وحتى بعض المناطق الشمالية من ولاية Kentucky. إن هذا المشروع هو مقرر ليقوم بتأمين الخدمة لـ 250،000 زبون بحلول العام 2007. لقد أعلنت شركة Current Communications في كانون الأول من العام 2006 عن ائتلاف من المستوى الكبير مع شركة TXU العاملة في ولايتي (Texas،Dallas) وذلك لتأمين خدمة BPL لمليوني مشترك وذلك في منطقة (Dallas Fort Worth metropolis).

إن التطويرات والتحسينات المقدمة من شركة Current Communications جديرة بالانتباه من حيث إمكانيتها في دعم وتطوير طرق التحكم على خطوط نقل القدرة وذلك من خلال تطوير وتحسين الموثوقية والأداء وإمكانيات الأمان. ولعل من أهم هذه التطويرات والتحسينات ما يلي:

1- الاكتشاف المؤتمت لانقطاع الكهرباء والاستعادة والاسترجاع المؤتمت للانقطاع.
2- القراءة المؤتمتة لقيمة عداد الكهرباء عن بعد.
3- إدارة الأحمال الكهربائية.
4- التطبيقات البرمجية وقواعد المعطيات المستخدمة في جمع وإظهار قراءات الجهد عند كل محول.
5- تخطيط الشبكة وإدارة الأصول.

6- تطبيقات المراقبة البصرية عن طريق تركيب كاميرات مراقبة في محطات التحويل وفي الأماكن الهامة ونقل الصور الحية لهذه المواقع.

كما أن لتقنية BPL العديد من الفوائد الأخرى غير الملموسة بشكل مباشر يمكن اعتبار الفوائد التالية بعضها :

- إمكانيات التعافي الذاتي (Self-Healing) لشبكة القدرة.
- الأمان المطور من التهديدات الفيزيائية والوهمية.
- تمكين استخدام جيل القدرة الموزع.
- التحكم في نسبة القدرة المستهلكة في الأجهزة من قبل المستخدم.
- الإدارة المطورة للحمل والاستخدام الأمثل للشبكات الكهربائية.
- - العديد من تطبيقات المستخدم -بما فيها القراءة المؤتمتة لبيانات عدادات الكهرباء
- - وتوسيع إمكانيات SUPERVISORY CONTROL AND DATA بحيث تصل إلى المستخدم النهائي
- - اكتشاف انقطاع الكهرباء، ومراقبة أداء التجهيزات

3-4- مشاكل تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

إن خطوط نقل القدرة قد صممت بالأساس لإيصال الطاقة الكهربائية على الترددات/ 50-60 ك هـ /ولم تصمم لنقل البيانات ولكن يمكن نقل الحزم العريضة بواسطة هذه الخطوط على ترددات مختلفة.

على كل حال ولضمان السرعات العالية والنقل لمسافات بعيدة هناك الكثير من التحديات التقنية التي يجب تجاوزها (كتداخل البيانات وتتداخل الاشارة الكهربية والراديوية والمسافة التي يمكن أن تقطعها الاشارة مع ضمان النوعية الجيدة لتلك الاشارة والتحدي الاكبر هو كيف يمكن التقليل من التداخل لإشارة الحزم العريضة عبر خطوط القدرة مع الخدمات الاخرى الموجودة)

ويمكن تقسيم خصائص التشويش المتعلقة بتقنية BPL إلى قسمين رئيسيين هما التداخل السلكي أو التماسي والتداخل اللاسلكي أو المشعّ. في تقرير FCC رقم 245-04 تم إعفاء أنظمة BPL من حدود الانبعاث والإشعاع الواردة في القسم 15 من FCC وذلك لأن قياس الانبعاث السلكي يمثل خطورة ناجمة عن القدرة ضمن المجال (1 – 40 كيلو فولط) على خطوط نقل القدرة، لذلك فقد قامت FCC بالتركيز والعمل للحفاظ على التوافق مع متطلبات الانبعاث السلكي.

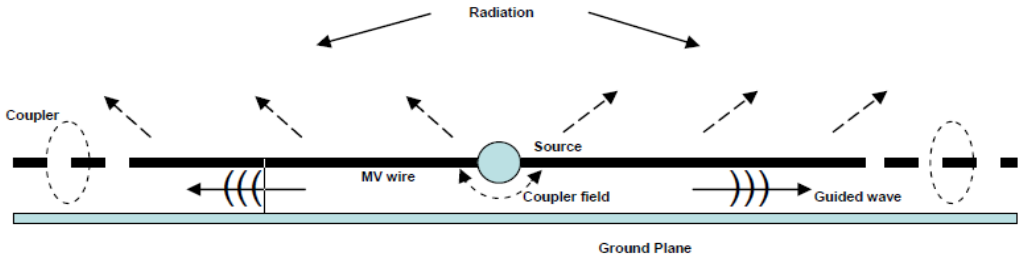
يمكن تصنيف التشويش والتداخل في تقنية BPL إلى مجموعتين منفصلتين هما الإشعاع ذو المجال أو الحقل القريب، والإشعاع ذو الحقل البعيد. وقد قامت المواصفة الفيدرالية رقم 1037C (*Glossary of Telecommunications Terms*[xvi]) بتوصيف كل من هذه الإشعاعات. تمّ تعريف التشويش ذي الحقل القريب كما يلي (*المنطقة القريبة من الهوائي حيث يكون التوزيع الحقلي الزاوي معتمداً على المسافة عن الهوائي*) بينما تم تعريف التشويش ذي الحقل البعيد كما يلي (*المنطقة التي يتم اعتبارها*

لتتواجد على مسافة D عن المصدر بحيث تكون هذه المسافة أكبر من $2D^2/\lambda$ حيث أن λ يمثل طول الموجة).

و يجب ذكر البعد الخطي المستخدم للهوائي عند استخدام المعادلة الخاصة للتشويش ذي الحقل البعيد، هل هو خط نقل القدرة بين نقطتين ثابتتين

كما هو مبين (الشكل 3-5) فإنه يمكن تقسيم الحقول الكهرومغناطيسية الناجمة عن BPL إلى ثلاث تصنيفات:

1- النمط الموجه Guided mode
2- نمط الإشعاع Radiation mode
3- حقول المقرن Coupler fields



الشكل 3- 5 اصناف الحقول المغناطيسية

النمط الموجه هو المسؤول عن نقل إشارة القدرة على طول خطوط النقل، ومعروف بالنسبة لهذه الإشارة التضاؤل السريع في الاتجاهات العمودية على خط النقل والتضاؤل البطيء على طول خط النقل (أي التخامد يكون غالباً فقط في الاتجاه العمودي على الكبل).

الإشعاع المبين في الشكل /16/ يقوم بحمل الطاقة للفراغ المحيط وليس لها دور إنشائي في نظام BPL، كما أن هذا الإشعاع يمكن أن يكون مصدراً للتشويش بعيد المدى لأن الحقول تتخامد بشكل بطيء نسبياً بمعادلة (1/ المسافة).

حقول المقرنات تكون مرتبطة مع المقرن نفسه وليس مع خطوط التوتر المتوسط.

إن تأثيرات الحقل القريب تستمر على كامل خط النقل وليست مقيدة فقط للجوار المباشر حول المقرن، بينما تكون تأثيرات الحقل البعيد مصدراً محتملاً للمشاكل بسبب كون إشعاعات وانبعاثات التردد العالي HF قابلة للانتقال إلى آلاف الكيلومترات عن طريق الارتداد من الغلاف الجوي الخارجي الايونسفيري وذلك بخلاف الأمواج الميكروية. يمكن توظيف العديد من التقنيات من أجل تخفيض الطاقة المشعة مثل استخدام خطي توتر متوسط متوازنين ممددتين بشكل تفاضلي وبمسافات مناسبة.

بسبب خواص الانتشار الايونسفيري التي تسمح لأجهزة الراديو ذات الاستطاعة المنخفضة بأن تعمل وتتصل حول العالم فإنه يمكن اعتبار الحزمة الترددية العالية HF الواقعة ضمن المجال (30 – 3 MHz) بالإضافة للجزء المنخفض من الحزمة الترددية العالية جداً VHF الواقعة ضمن المجال (– 30 300 MHz) كحزم محدودة وأحد الموارد الوطنية القيَمة. إدارة المعلومات والاتصالات الوطنية NITA تبين وجود أكثر من 59،000 حزمة ترددية حكومية فيدرالية ضمن المجال (80 MHz – 1.7). نتيجة لذلك فإن احتمال التشويش الناجم عن BPL يمكن أن يؤثر إما على الوكالات الحكومية NCS، أو على حكومة الولايات المتحدة، أو على إشارات البث التجاري ذات الموجة القصيرة، أو على الطيران التجاري، أو على اتصالات الملاحة البحرية، أو حتى على الحزم المستخدمة من قبل المواطنين. إن الانتشار الأيونوسفيري لإشارات التشويش الناجمة عن BPL يمكن أن يكون لها مضامين تجارية وأمنية ودولية. للتقليل قدر الإمكان من التشويهات والتداخلات الضارة ضمن هذه الترددات فإنه يتم استخدام كابلات هاتف مجدولة ومغلفنة، كما أنه يتم استخدام كابلات مغلفنة في أنظمة الكابلات للسبب نفسه. ولكن خطوط نقل القدرة الكهربائية ليست مغلفنة ولذلك فهي يمكن أن تلعب دور الهوائي المركب على طول المدينة والقادرة على بث الإشعاعات الراديوية RF. إن هذه الاعتبارات الأساسية كانت موضوع النقاش خلال إعلام التنويه (Notice of Inquiry NOI) الصادر عن FCC.

بالإضافة للتردد الأساسي للـBPL فقد توجب أيضاً التركيز على الترددات التوافقية (Harmonics). تم تسمية تردد الموجة الجيبية للـBPL بالتردد الأساسي أو التوافقية الأولى (First Harmonic). إن التوافقية الثانية تحدث عند ضعف التردد الأساسي والتوافقية الثالثة عند ثلاثة أضعاف التردد الأساسي وكذلك التوافقية الرابعة. فإذا كان تردد التشغيل لنظام BPL مساوياً لـ 10 MHz على سبيل المثال ستكون التوافقية الثانية عند التردد 20 MHz والتوافقية الثالثة عند التردد 30 MHz، وهكذا.

تعليقاً على FCC فقد لاحظت الأكاديمية الوطنية للعلوم (National Academy of Science) بعد دراسة إشارات الراديو الفلكية المبنية على الأرض بأن هذه الإشارات ضعيفة جداً وعرضة للتشويش والتداخل من قبل إشارات BPL. إنّ تلسكوب راديوي نموذجي يقوم باستقبال طاقة أقل من 1×10^{-12} واط من أي مصدر كوني مهما كان قوة هذا المصدر. لذلك فإن مستقبلات الراديو الفلكية تكون عرضة بشكل خاص للتشويش والتداخل من الانبعاثات والإشاعات ضمن المجال (in-band emissions) والإشعاعات الوهمية وكذلك الإشعاعات خارج المجال (out-of-band emissions) وذلك من قبل المستخدمين المرخصين وغير المرخصين من الحزم المحيطة وكذلك بسبب نقل الإشارة والتي تنتج إصدارات توافقية التي ممكن أن تحدث في حزم الراديو الفلكية.

إن تقنيات DSL، Cable، Fiber، وتقنية الإنترنت الفضائي هي منتشرة بشكل أوسع مقارنة مع تقنية BPL. إضافة لذلك فإن تقنيتي WiFi، WiMAX يمكن تصنيفهما كمرشحين بارزين في مجال صناعة الاتصالات ليحتلا مكان تقنية الخط الثالث بشكل أقوى من BPL، إلا أنه وبالرغم من كل ما سبق فإن مؤيدي تقنية BPL يطالبون جاهدين للمشاركة وامتلاك الحصص في أسواق مزودي خدمات الإنترنت ذات المرابح العالية[1].

3-4-1- مشاكل ضجيج الإشارات الراديوية (RF Noise)

إن الانتشار الواسع لتقنية BPL قد نتج عنه مشاكل متعلقة بمحدودية مصادر ضجيج الإشارات الراديوية. منذ العام 1951 و اتحاد توصيات الاتصالات الدولية (International Telecommunications Union - Radio communications ITU-R) تقوم بشكل دوري بنشر نتائج الدراسات المستمرة المتعلقة بمصادر ضجيج الإشارات الراديوية وذلك في التوصية رقم P.372-8 والمسماة تحت العنوان (ضجيج الراديو Radio Noise)، وقد قامت ITU-R بتحديد مختلف العوامل المسببة للتشويش والضجيج على أنظمة استقبال الراديو كما يلي:

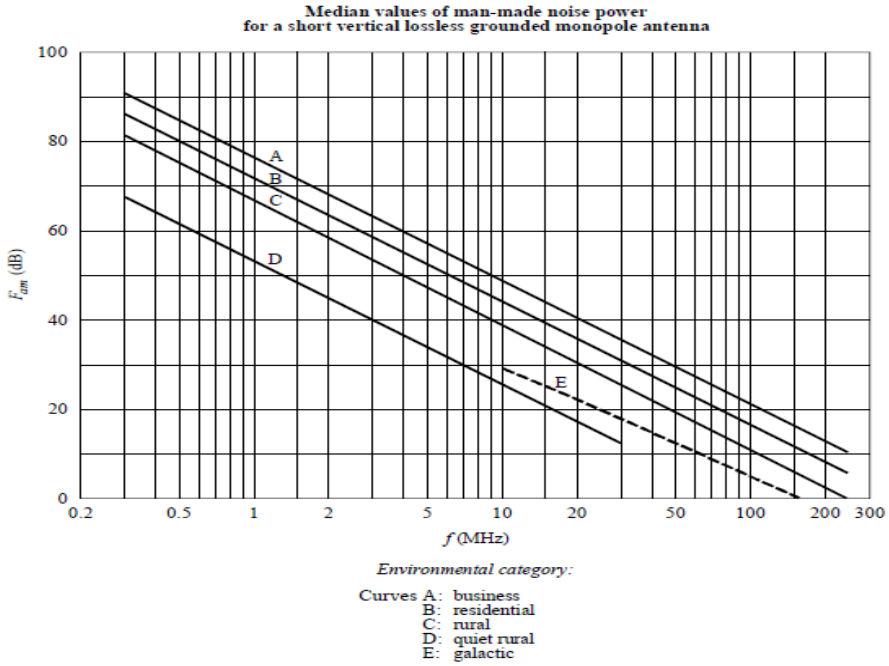
- الإشعاع الناجم عن مفرغات البرق (الضجيج الايونسفيري الناجم عن البرق).
- الإشعاع غير المقصود الناجم عن الآلات الميكانيكية وعن التجهيزات الكهربائية والإلكترونية وعن خطوط نقل القدرة وكذلك عن الاشتعال الداخلي في المحركات الاحتراقية والتي يمكن تصنيفها كضجيج ناجم عن فعل البشر.
- الانبعاثات الناجمة عن غازات الغلاف الجوي وعن الظواهر الجوية.
- الإشعاعات الناجمة عن مصادر الراديو السماوية مثل أشعة الشمس.

إن التوصية 9.372-8 توثّق البراهين التاريخية المستمرة والتي تثبت تأثير كل عامل من العوامل المذكورة أعلاه على الاتصالات بشكل عام. حيث أنّ الدراسة تتضمن الإشعاعات المقصودة من خلال خطوط نقل القدرة فهي تقدم طريقة مسجلة لتأكيد إعفاء وتبرئة تقنية BPL من خلق تشويشات وتداخلات غير قابلة للكشف. (الشكل 3-6) يبين القيم الوسطية المسجلة من ITU-R حول ضجيج القدرة المسبب من قبل الإنسان فيما يتعلق بالبيئات والأوساط التجارية والسكنية والريفية وشبه الريفية. النتائج تكون مساوية لمعادلة خطية للقيمة الوسطية وقيمة F am مع التردد f كما في المعادلة التالية:

$F\ am = c - d \log f$ تقاس fبالميغاهيرتز وتكون قيم c و d كما هو مبين بالجدول 3-2 المبين أدناه.

الفئة البيئية	C	D
تجاري (المنحني A)	76.8	27.7
سكني (المنحني B)	72.5	27.7
ريفي (المنحني C)	67.2	27.7
ريفي هادئ (المنحني D)	53.6	28.6
الضجيج الكوني (المنحني E)	52.0	23.0

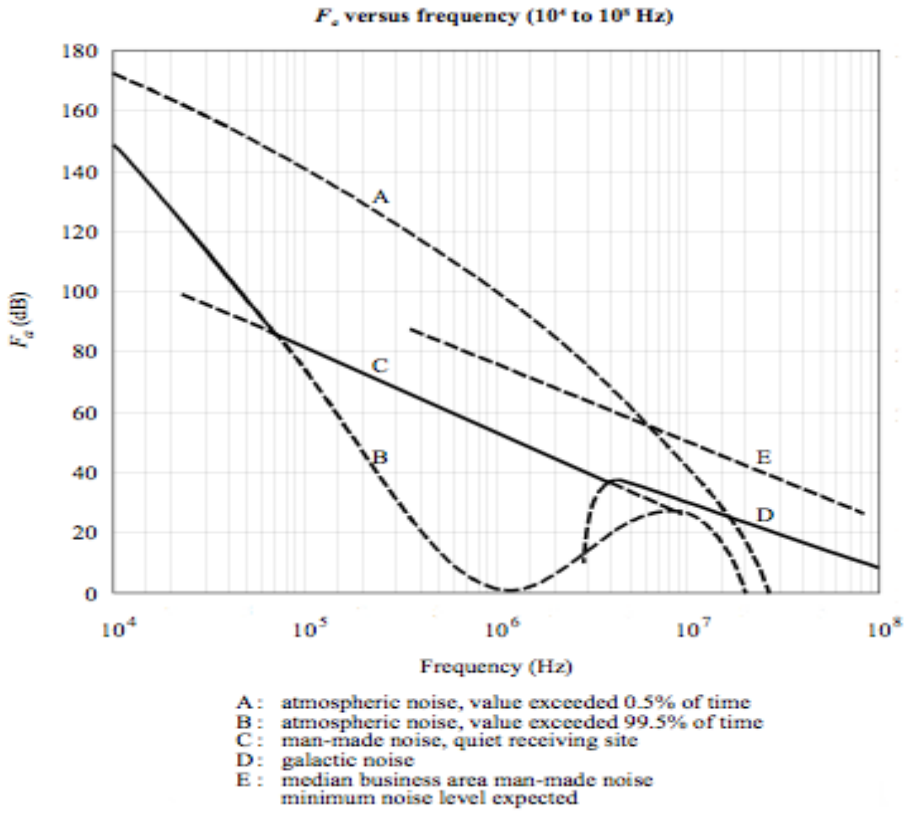
الجدول /3-2/ يبين قيم الثوابت c و d



الشكل 3-6 القيم الوسطية المسجلة من ITU-R

كما أن المواصفات القياسية تقدم (الشكل 3-7) الذي يبين القيم المتوقعة لمستويات الضجيج (F a) كتابع للتردد ضمن المجال (10 KHz – 100MHz) لمختلف فئات الضجيج. القيمة العظمى المتوقعة للضجيج ممثلة بالخط المستمر. أما بالنسبة للضجيج الناتج عن الغلاف الجوي فقد تمّ أخذ القيم الصغرى للقيم الساعية الوسطية بحيث تفوق 99.5% من الساعات، والقيم الأعظمية بحيث تفوق 0.5% من الساعات. وقد تم اعتبار كامل الساعات لكل يوم وكل فصل ولكامل سطح الأرض لحساب منحنيات الضجيج الجوي.

قامت الولايات المتحدة بإجراء اتفاقية دولية لاستخدام ITU-R P.372-8 في تصميم وقياس أنظمة الراديو. إن التوافق مع هذا المقياس من قبل مصممي ومشغلي أنظمة BPL سيساعد للتأكيد على أن حزمة الراديو الموجودة هي محفوظة ومصانة من التشويش والتداخل من قبل الموارد الجديدة أو الموارد غير المدبرة.



الشكل 3-7 القيم المتوقعة لمستويات الضجيج

3-4-2- مشاكل اختبارات تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

لغاية الآن لم يتم اعتماد مقاييس فنية قادرة على توصيف تقنية BPL من قبل منظمات معروفة (مثل ANSI أو ITU). علاوة على ذلك فإنه لم يتم إيجاد طرق معتمدة لإجراء اختبارات التشويش لتقنية BPL بعد الطريقة المبينة في ITU-R 372-8. في الولايات المتحدة فإن قوانين القسم 15 من FCC – والتي لم تكن بالأصل مصممة للتطبيق في أوضاع توجد في مصادر تشويش غير متوقعة على مدار الساعة (24 * 7) مثل تقنية BPL – تؤمن نقطة البداية الوطنية كدليل لإجراء الاختبارات.

في أية حال فإن القوانين المعدلة في القسم 15 توفر التفاصيل الكافية حول مكان وتردد إجراء قياسات حقول الـ BPL. إن FCC توصي بوجوب إجراء القياسات بمتباعدات أفقية بـ 30م عن خطوط التوتر الهوائية.

في حال الضرورة وبسبب بعض الانبعاثات والإشعاعات المحيطة يمكن إجراء القياسات على مسافة 3م. يمكن إجراء تصحيحات المسافة بالتوافق مع القسم (15.31 f) من القوانين. كما أن القوانين تحدد لاحقاً بأنه عند المسافات التي تزيد عن 30م والترددات التي تزيد عن 30 MHz يمنع إجراء القياسات إلا في حالات الضرورة وفي حال استحالة إجراء الاختبارات عند مسافة تساوي أو أقل من 30م.

عند إجراء القياسات على مسافات مغايرة للمسافات المحددة فإنه يجب استقراء النتائج الموافقة لقيم المسافات المحددة وذلك باستخدام معامل استقراء مساوي لـ (20 dB/decade). عند الترددات التي تقل عن 30 MHz فإنه يجب إجراء القياسات على مسافة تقل عن 30 متر ولكن يجب تجنب قياسات الحقول القريبة. لقد حددت FCC القياس بطريقة المسافة المائلة وذلك باستخدام هوائي ذي محور موازي ومتعامد لخطوط نقل القدرة. لقد قامت FCC بتحديد وجوب استقراء النتائج الموافقة للمسافات المحددة من خلال قيم النتائج المأخوذة عند المسافات التي تقل عن المسافات المحددة وذلك ريثما يتم تحديد الإجراء المناسب للقياسات التي تقل عن 30 MHz، ويمكن تطبيق هذا إما بإجراء القياسات على مسافتين أو اكثر كل منها بطول نصف القطر على الأقل لتحديد معامل الاستقراء المناسب، أو باستخدام مربع معامل استقراء المسافة الخطية العكسية (40 dB/decade).

إن FCC تطالب بإجراء اختبارات تجهيزات BPL Access عند مسافات (0، ¼، ½، ¾،1 * طول الموجة) عن نقطة حقن BPL على خطوط نقل القدرة. إن

تردد الحزمة الوسطى يحدد تباعد طول الموجة الواجب استخدامها، فعلى سبيل المثال إذا كان تردد الحزمة الوسطى يزيد بمرة أو مرتين عن أصغر تردد يتم حقنه لخط نقل القدرة فإن الاختبار يجب أن يمتد على تباعدات تتزايد بمقدار ½ طول الموجة لتردد الحزمة الوسطى وذلك حتى تصبح المسافة تساوي أو تزيد عن ½ طول الموجة لأصغر تردد محقون. يجب تكرار الاختبار لكل مكون من مكونات BPL Access بما فيها الحاقن injector وجهاز الاستخلاص extractor ومكرر الإشارة repeater والمقوي booster والمركز concentrator.

إن قوانين FCC حددت لاحقاً بأن تصحيح المسافة لقياسات الخطوط الهوائية يجب أن يتم على أساس مجال المسافة المائلة والتي تكون مساوية لوتر المثلث المشكلة بمسافة خط النظر بين موقع هوائي القياس والخط الهوائي. إن القياس المأخوذ من مسافة أفقية تساوي 10م (بهوائي ذات ارتفاع 1م) وبارتفاع 11م لجهاز BPL سينتج عنه مجال مسافة مائلة مساوية لـ 14.1م تقريباً. يتم استقراء القياسات للمسافة المرجعية المطلوبة (30 متر) وذلك بطرح قيمة (30/14.1) log 40 أو قيمة 13.4 dB من القيمة المقاسة وذلك عند إجراء القياس للترددات التي تقل عن 30 MHz. إن التصحيح يستخدم معامل (20-log) ويستخدم المسافة المرجعية المحددة بالقسم 15.109 للترددات التي تزيد عن 30 MHz.

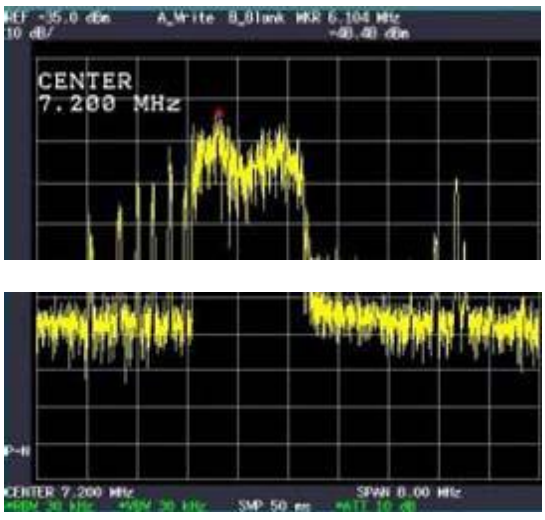
أثناء عملية صياغة القوانين قامت FCC برفض المقترح المتضمن إلزام مشغلي أنظمة BPL تطبيق التوقيع الخاص المسمى (BPL signature) والتي من شأنها تمكين المستقبلين بالتحديد الصريح لمصدر التشويش والتداخل. كما قامت NTIA بالإشارة في كتابها المؤرخ في 2004/9/24 بأنه لم يتم تحديد طريقة عملية تلزم أنظمة Access BPL بإرسال كود أو شيفرة تعريف.

العديد من القياسات الحقلية ستكون مطلوبة لاستخدام التجهيزات المعايرة ولكن هذه الطريقة ليست شائعة جداً وهي تعد مصدر مستمر لخلافات الاختبار. إن التوافق الأكثر شيوعاً بين مؤيدي ومعارضي تقنية BPL هو إن كلاهما يعتبران بأن إجراءات الاختبار المقدمة من قبل FCC هي إجراءات غامضة وغير

قادرة على المساعدة في تطوير اتفاق حول حقيقة وجود أو عدم وجود التشويش والتداخل أو حتى حول تحديد مصدر هذا التشويش. لقد تم الإقرار بأن البارامتر المحدد من قبل FCC والمتعلق بتحديد مسافة 30 متر كمسافة للاختبار هو بارامتر صعب التطبيق عملياً. حيث أن أغلب المنازل والشركات تكون متضعة على مسافات تقل عن 30متر عن خطوط نقل القدرة، كما أن أغلب الشوارع تكون على مسافات أقل من 30متر عن خطوط نقل القدرة مما يعني بأنه يحقق اختبار نموذجي وفق تعليمات FCC سيتطلب توضع تجهيزات الاختبار في مناطق غير مأهولة والتي ممكن أن تصادف في التلال أو الوديان بغية الحصول على نتائج دقيقة. لقد قامت FCC بتقديم العديد من تعليمات الاستقراء المتعلقة بتقنية BPL وذلك ضمن القسم 15 المعدل. كما أنه هناك العديد من المقاييس ونماذج تطوير BPL قيد التطوير من قبل IEEE مما يوحي بأن الطرق المعدلة الواردة ضمن القسم 15 المعدل في FCC ستتطور بحيث تستفيد من التطويرات كونها ستكون قادرة على مساعدة مصممي ومشغلي تقنية BPL في الولايات المتحدة[12] .

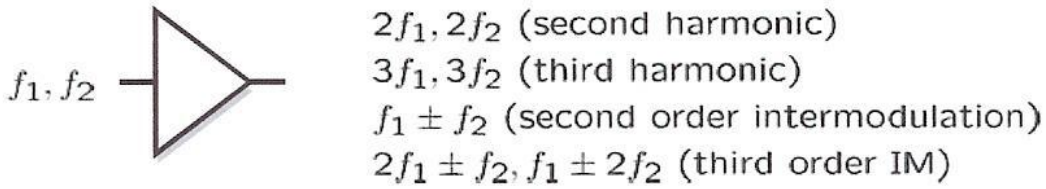
3-4-3-التشويش التوافقي و التشويش متعدد النمط

أغلب الإشارات تحوي طاقة عند التردد التوافقي بالإضافة للطاقة الموجودة عند التردد الأساسي. نظرياً، فإن لكل إشارة عدد غير محدود من الترددات التوافقية، كما أن الموجة الجيبية المثالية تتشكل عندما تكون كامل طاقة الإشارة محتواه في التردد الأساسي. هناك العديد من الأمثلة حول الموجات التي تحتوي كمية كبيرة من الطاقة عند الترددات التوافقية مثل الموجات المربعة والموجات المثلثية وموجات سن المنشار كما هو موضح بالشكل 3-8 .



الشكل 3-8 موجات الإشارة

إذا كان التردد الأساسي للإشارة هو *f* فإن التردد التوافقي الثاني هو *2f* والتردد التوافقي الثالث هو *3f* وهكذا. وإذا كان *w* يمثل طول موجة الإشارة في الوسط المحدد، فإن طول موجة التوافقية الثانية سيكون *w/2*، وطول موجة التوافقية الثالثة سيكون *w/3* وهكذا. إن الإشارات الحاصلة عند الترددات *2f،4f،6f* تسمى أيضاً بالتوافقيات بينما الإشارات الحاصلة عند الترددات *3f،5f،7f* تسمى بالتوافقيات الفردية. بسبب الترددات العالية فإن التوافقيات من إشارة BPLتبث إشارة أفضل من الإشارة الحاصلة عند التردد الأساسي. إن التشويش والتداخل الناتج عن توافقيات إشارة BPL لن تتخامد حتى في حال تثليم التردد الأساسي. إن إشارات HF، VHF، UHF والمحطات الميكروية هي الأكثر عرضة للتأثر بتوافقيات إشارات BPL.



الشكل 3-9 آثار وخصائص التعديل

(الشكل 3-9) أعلاه يبين الأثر الجدائي والتجميعي للتوافقيات والخصائص الطرحية للتعديل.

إن المواصفة الفيدرالية رقم 1037C تعرف التعديل المتعدد بأنه "الإنتاج في العنصر غير الخطي لنظام من الترددات الموافقة لمجموع وفرق الترددات بين التردد الأساسي والترددات التوافقية والتي يتم إرسالها عبر هذا العنصر" يتم عادة تسمية التعديل المتعدد (بالتداخل خارج الحزمة)، إن نواتج التعديل المتعدد تقابل ما يسمى بالوصلات السيئة أو الضعيفة عند خطوط نقل القدرة والتي ينتج عنها الخلط السريع.[13]

3-4-4- التشويش الإلكترو مغناطيسي

إن مكونات التشويش والتداخل في تقنية BPL تتألف من:

- الموجة الهوائية Sky Wave ضمن المجال (3 – 30 MHz).
- الموجة الفراغية Space Wave ضمن المجال (0.1 – 30 MHz).
- الموجة الأرضية Ground Wave ضمن المجال (0.1 – 3 MHz).

إن الموجات الأرضية والهوائية تزيد احتمال التشويش المتسبب لخدمات الراديو على مسافات قد تصل إلى عشرات أو مئات من الكيلومترات وذلك بسبب الأثر التراكمي التجميعي لعدد كبير من أنظمة BPL. إن محطات البث الدولية ذات الموجة القصير SW (مثل إذاعة أخبار BBC العالمية أو إذاعة صوت

أمريكا) هي مهددة أيضاً بسبب ازدياد مستوى الضجيج. إن إمكانية التوصل لخدمات اتصالات مقبولة يعتمد على النسبة بين الإشارة المطلوبة والضجيج الحاصل، حيث أن الضجيج يتكون من عدة أربعة مكونات كما يلي:

- الضجيج المشكل داخلياً من المستقبل.
- الضجيج الناجم عن الغلاف الجوي الخارجي الاتموسفيري.
- الضجيج المسبب من قبل الإنسان.
- الضجيج الكوني أو الفضائي.

إن المواصفات القياسية العادية لـ ITU-R والمتعلقة بخدمات معطيات الاتصالات الراديوية غير الآمنة للحياة هي عرضة للضجيج بنسبة 6 dB، والتي لها تأثير رفع مستوى الضجيج لمستوى لا يزيد عن 1 dB.

إن خلق التشويش التداخل الكهرومغناطيسي هي عائق وعقبة يجب على تقنية BPL أن تتجاوزها لكي تغدو تقنية ناجحة ومزدهرة. لقد تم اختبار معظم تركيبات BPL حول العالم بحيث تكون مستويات الإشعاع الناجم عنها ضمن الحدود المسموح بها. في الولايات المتحدة قامت إدارة المعلومات والاتصالات الوطنية NTIA بإتمام دراسة تتعلق بالتأثيرات التراكمية التجميعية لتطبيقات نظام BPL على مستخدمي طيف HF في المدن الكبرى حول العالم ولكن لم تقم بإصدار ونشر هذه الدراسة.[14]

3-4-5- مشاكل التداخل بين BPL and XDSL

لدى دراسة امكانية استخدام تقنيتين لنقل المعلومات باستخدام خطوط نقل الطاقة BPL والخطوط الهاتفية XDSLفي نفس المكان حيث يمكن وجود شبكتي الهاتف والطاقة في نفس الانبوب، بينت هذه الدراسة وجود تداخل INTERFERANCE وهذا التداخل هو أكبر من امكانية تجنبه بسهولة[15].

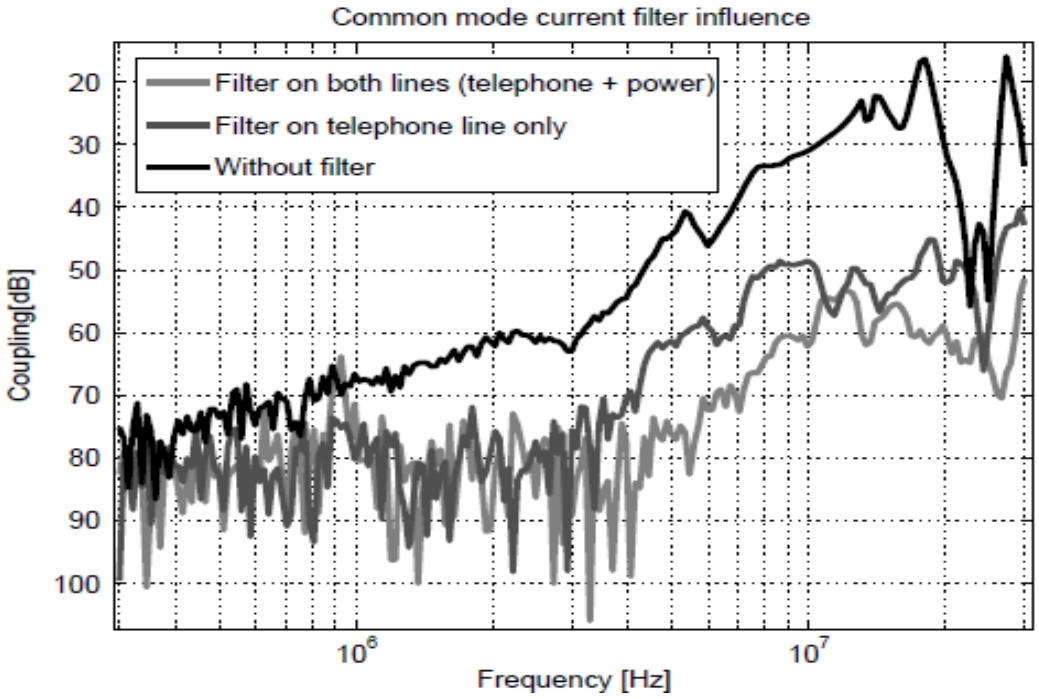
والاصدارات الراديوية المنتجة من خطوط نقل الطاقة والمقاسة بواسطة خطوط الهاتف المجاورة هي أكبر من الانبعاثات العادية بين خطوط المعلومات المتجاورة وذلك بسبب الحقل المغناطيسي الناتج عن التيارات COMMON MODE CURRENTS التي تنتج بسهولة في خطوط نقل الطاقة والتي تجعل خطوط نقل الطاقة هذه تتصرف كهوائي عندما يستخدم هذا الكابل لنقل اشارات ذات تردد عالي.

نفس الدراسة خلصت الى ازدياد ملحوظ للتداخل مع ازدياد التردد باتجاه التردد المرتبط بربع طول الموجة، تدعم هذه النتيجة الافتراضية النظرية القائلة بأن التداخل الحاصل في نطاق الترددات من رتبة الـ MHz يسببه الحقل المغناطيسي المشع.

حيث يتبين انه في نطاق الترددات من رتبة الـ KHz لدى استخدام خطوط نقل الطاقة BPL فإن الجزء المنبعث من الحقل المغناطيسي صغير جدا ، أما في نطاق الترددات من رتبة الـ MHz فإن خطوط نقل الطاقة تصبح مشعات قوية (هوائي) والحقل المغناطيسي المشع يشكل الجزء الاكبر.

لإنقاص التداخل بين خطوط نقل الطاقة والخطوط الهاتفية فلا بد من انقاص تأثيرات الحقول المشعة، هذا يمكن حصوله بانقاص مستويات التيارات COMMON MODE CURRENTS في خطوط نقل الطاقة أو في الخطوط الهاتفية أو في كليهما.

(الشكل 3- 11) يوضح انقاص قيمة التداخل بشكل ملحوظ وبمقدار 20 إلى 30 dB باستخدام مرشح خاص يوصل على التسلسل مع دارة الـDSL



الشكل 3- 11 قيم التداخل

3-4-6-مشاكل السرية Security Issues

إن المعطيات المنقول عبر نظام BPL تحتاج لأن تشفر وذلك لحجب هذه المعطيات على بعض المستخدمين غير المرغوبين الموجودين على نفس الشبكة الكهربائية. إن أنظمة BPL Access تستخدم وسط اتصالات متشارك حيث يتشارك العديد من المنازل على نفس شبكة التوتر المنخفض الموصول لمحولة واحدة. إن انتشار إشارة BPL تعمل في طبيعة شبيهة بشبكات الكمبيوتر المحلية LAN والتي تقوم بالكشف والحجب لاتصالات الجوار. يمكن أن يعاني نظام BPL أيضاً من مشاكل مقاطعة وضعف الخدمة بسبب تشغيل محطات نقل HF المحلية والتي تصدر نتائج شبيهة برفض مهاجمة الخدمات. إن لجان وضع المقاييس ضمن IEEE وبعض المنظمات الأخرى يقومون حالياً بتحديد متطلبات السرية. إن مواصفات السرية الموضوعة من قبل HomePlugPowerline Alliance تخص إما لاستخدام نموذجي تشفير البيانات بـ 56 بت (56 bit DES) أو لاستخدام التشفير المتقدم بـ 128 بت (128 bit AES).

4- دراسات عن تقنية الحزمة العريضة عبر خطوط القدرة

لقد قامت بعض الشركات الخاصة وبعض الحكومات وبعض المنظمات بالعديد من الدراسات حول تأثيرات تقنية BPL. يتضمن هذا القسم لمحة غير كاملة عن أهم هذه الدراسات والنتائج التي تم التوصل اليها

4-1- دراسة من الهيئة الوطنية الامريكية للاتصالات NTIA

لقد قامت NTIA بإتمام المرحلة الأولى من الدراسة حول BPL ، كما قامت بالمرحلة الثانية في كانون الثاني من عام 2006. لقد اهتمت المرحلة الأولى بدراسة مخاطر التشويش والتداخل على مستقبلي إشارة الراديو للقاطنين بجوار مباشر لـ BPL وقامت بوضع التوصيات التخفيفية لـ FCC. كما قامت NTIA بتلخيص المعايير التقنية والتشغيلية في نطاق ترددات الحكومة الفيدرالية ضمن المجال (1.7 – 80 MHz) وذلك في التقرير الوارد في الدراسة للمرحلة الأولى. إن الغرض من هذه المعلومات كان لمساعدة مشغلي أنظمة BPL في تطوير خطط للترددات المطلوبة لتقنية BPL. قامت NTIA بعدها بتحديد أنظمة الراديو الشاملة ليتم اعتبارها في تحليلات التشويش والتداخل كما يلي:

- المستقبل الأرضي المركب على السيارات والمركبات.
- المستقبل المركب على متن الباخرة أو السفينة.
- المستقبل الذي يستخدم هوائي على أعلى السطح (مثل محطة أو قاعدة ذات الخدمة الثابتة)
- المستقبل المركب على طائرة أثناء الطيران.

إن الاتصالات الفيدرالية تطالب حماية على الترددات بمقدار 5.4% للمجال الترددي 1.7 – 80 MHz.

لقد قامت NITA بتنفيذ القياسات في ثلاثة مواقع مطبق فيها تقنية BPL وذلك لتوصيف الانبعاثات والإصدارات الأساسية عن هذه التقنية، وقد بينت هذه القياسات بأن الحقل الكهربائي لـ BPL لا تتخامد طردياً مع الابتعاد عن مصدر BPL حيث تمّ وضع هوائي القياس قريباً من مصدر BPL وتم تحريكه باستمرار على طول خط نقل القدرة، مع تحريك هوائي القياس بعيداً عن نقطة حقن BPL على خطوط نقل القدرة فإن قوة الحقل المشع تناقصت مع ازدياد هذه المسافة ولكن هذا التناقص لا يتم بشكل منتظم وتدريجي وهذا يعني بأنه قد تم لحظ العديد من القفزات في القراءات peak في بعض المواقع، ففي بعض الحالات تم لحظ بأن إشارة BPLتتخامد كلما ابتعدنا عن خط نقل القدرة ولكن بمعدل أبطأ من المعدل المتوقع لضياع الموجة في الفراغ.

عند إجراء القياس في موقع يحوي العديد من أجهزة BPL المركبة على عدة خطوط نقل توتر متوسط ثلاثية وأحادية الطور فإن المستويات المفضلة لإشارة BPL (التي تزيد على الأقل بـ 5 dB عن مستوى الضجيج في الوسط المحيط) قد تم لحظها عند المسافات التي تزيد عن 500م عن أقرب خط توتر محمل بـ BPL. أخيراً فقد أظهرت قياسات NTIA بأن الطاقة المشعة من خطوط التوتر المحملة بـ BPL تكون دائماً أعلى عند وضع هوائي القياس على ارتفاع أكبر. بناءً على نتائج هذه القياسات فقد أوصتNTIA بضرورة قياس القفزة Peak في قوة الحقل لأي إصدار أو انبعاث غير مقصود ناجم عن BPL وذلك عند إجراء القياسات وفق تعليمات القسم 15 من FCC.

لقد اقترحت NTIA العديد من الطرق لمنع وإزالة التشويش والتداخلات لتقنية BPL. فقد تم الزام تسجيل بعض المعاملات لأنظمة BPL المصممة أو قيد التشغيل وذلك لتمكين مشغلي الراديو من إعلام مشغلي BPL عن مشاكل التشويش المتوقعة والتداخلات المحتمل وقوعها، بذلك فإن هذا التسجيل يمكن أن يساهم بشكل فعلي في منع وتصغير التشويش. وقد أوصتNTIA أيضاً بأن تكون أجهزة BPL قادرة على الملاءمة بحيث تستطيع تغيير ترددها وتخفيض الاستطاعة وذلك بغية إزالة التشويش. علاوة على ذلك فقد أوصتNTIA مطوري ومصنعي BPL بالأخذ بعين الاعتبار بعض القياسات حول تضعيف ومنع التشويش مثل:

- الاستخدام الروتيني للقيمة الصغرى ما أمكن من خرج الطاقة لكل جهاز BPL.
- تجنب استخدام ترددات الراديو المستخدمة محلياً.
- استخدام الطريقة التفاضلية في حقن الإشارة بغية تخفيض الإشعاع.
- استخدام المرشحات والنهايات لإخماد إشارات BPL على خطوط التوتر في الأماكن غير اللازمة.
- الاختيار الحكيم لترددات إشارة BPL بغية تخفيض الإشعاع[16].

4-2- دراسات من شركة البث البريطانية

لقد قامت شركة البث البريطانية BBC بتوظيف فريق عمل بحث وتطوير R&D من المهندسين والعلماء وعلماء الرياضيات بغية الحفاظ على BBC في طليعة التكنولوجيا، فقد قامت BBC خلال الأعوام 1999 – 2005 بإنتاج العديد من الأبحاث حول مختلف جوانب BPL. لقد قامت BBC في وقت مبكر بتحديد تقنية BPL كتقنية قادرة على دعم الرقابة عن طريق توظيفها للمحافظة على إشارات الموجة القصيرة الغريبة وغير المرغوبة من الوصول للمواطنين في مختلف أنحاء العالم.

في شهر تشرين الأول من العام 1999 قامت BBC بإنتاج الدراسة المسماة بحماية مواقع الاستقبال الحساسة (Protection of sensitive receiving sites [xviii]) والتي تضمنت الحماية والمراقبة والتعقب للملاحة الجوية والبحرية والراديو الفلكي. وخلصت الدراسة إلى الاستنتاج الذي ينص على وجوب اختيار قياس المنطقة المقيدة "exclusion zone" أي المنطقة الخالية من BPL، يجب اختيارها من قبل المشغلين أنفسهم في هذه المناطق المقيدة. وقد حددت بضرورة استخدام مناطق مقيدة بحدود 50

– 100كم في بعض الأحيان. أضف الى أن انتشار الموجة الأرضية يشكل التهديد الأكبر لمواقع الاستقبال الحساسة مع امكانية التحكم بهذه المخاطر عن طريق اختيار مناطق مقيدة واسعة بما فيها الكفاية.

في شهر تموز من العام 2000، استنتجت الدراسة الجديدة من BBC المسماة (التهديد على أنظمة الراديو الحديثة من تركيبات الاتصالات السلكية الموزعة) بأن العديد من مستخدمي الراديو مازالوا يعانون من التمزيق الفعلي لخدماتهم في حال السماح بتطبيق اتصالات BPL بشكل واسع. كما أقرت BBC بأن للمشكلة أبعاداً دولية وذلك بسبب حقيقة أن التشويش ممكن أن يحدث على أية مسافة من المصدر كما أن أية رخصة محلية لاستخدام جزء من حزمة HF للاتصالات اللاسلكية سوف تمنعها عن الآخرين في أي مكان آخر للراديو المرخص. كما قالت BBC بأن BPL ستمنع أي تخطيط لاحق لحزمة HF لمستخدمي الراديو ولأنظمة الراديو الحديثة.

إن دراسة الأبحاث والتطوير الصادرة عن BBC في شهر حزيران 2005 والمسماة بـ (هل من الممكن التعايش بين اتصالات خطوط نقل القدرة وخدمات الراديو) قد استنتجت بأنه في حال تثليم حزم HF يدوياً فإن الاهتمام الأكبر سيكون الكلفة والتوافق في تأخير في المعالجة. على أية حال فإن BBC قد سلمت بأن النظام الموظف للتثليم الديناميكي المبني على جهود خطوط نقل القدرة أثناء فترات السكون يمكن استخدامه للتمييز بين أجزاء الطيف التي يمنع استخدامه من قبل BPL. لسوء الحظ فإن الدراسة توصلت إلى استنتاج بأن التوافقيات الديناميكية يمكن أن لا تكون عميقة بحيث تلبي متطلبات الراديو الهواة وبحيث يتطلب المزيد من التوافقيات. لقد أوصتBBC بأن صناعة BPL تحتاج أن تحل هذه من خلال المواصفات القياسية ات الطوعية والمجانية قبل حدوث التطبيقات التكنولوجية الهامة. وقد تم لحظ أن لجنة الراديو العالمية تحتاج للمرونة لتصبح قادرة على ضبط جداول توزيع الترددات العالمية وذلك لأن التوافقيات الدائمة لا تؤمن المرونة الكافية لهذا الغرض.

في الوقت الحالي، تقوم BBC بتطوير مودم BPL يعمل على مبدأ تغيير ترددات الموجة القصيرة المستخدمة لبث الراديو على طول اليوم وذلك حسب تغير الظروف الجوية الايونوسفيرية حيث يقوم مودم BBC هذا باكتشاف حزم التردد المستخدمة بنفس اللحظة وترشيحها. إن هذه التقنية ليست جزءاً من أي نظام BPL حالي قيد التشغيل[17].

3-4- الدراسات الخاصة بـ (مانساس وفيرجينيا)

في شهر تموز من العام 2006 قام المخبر المعتمد من قبل FCC (Product Safety Engineering، Inc.) بإصدار تقرير حول نظام BPL المطبق في مدينة (مانساس وفيرجينيا).

وقد تم إنجاز هذا الاختبار كاستجابة للتوافق الموثق مع FCC من قبل العديد من مشغلي الراديو المحليين التابعين لمجلس اتصالات الراديو الأمريكية ARRL والذين أقروا بأن BPL يقوم بخلق تشويش

غير قانوني. إن أجزاءً مهمة من ANSI C63.4-2003 (المواصفات القياسية الوطني الامريكي لطرق قياس اصدارات وانبعاثات ضجيج الراديو من قبل تجهيزات التوتر المنخفض والتجهيزات الالكترونية الواقعة ضمن المجال 9 KHz – 40 GHz) قد وظفت من قبل مندوبي وممثلي مخابر الاختبار. بالإضافة لنشاطات مخابر الاختبار فقد قامت شركة Main.Net (وهي الشركة المصنعة لتجهيزات BPL في مانساس) بتحديد مستوى الاستطاعة لتجهيزات التمديد الهوائية لتكون مساوية لـ 4 حيث أن مجال الاستطاعة هو 1- 7 والقيمة العظمى لها هو 7ديسبل.

علاوة على ذلك فقد قامت شركة Main.Net بالعديد من الإجراءات بغية تحسين انتشار الإشارة وبغية التقليل قدر الإمكان من تسرب وضياع الإشارة وذلك عن طريق ضبط وضعية المقرنات couplings وبعض عمليات الضبط الأخرى.

لقد تضمنت اختبارات المخبر إجراء القياسات على خمسة مواقع هوائية Overhead وخمسة مواقع أرضية Underground، والتي تمثل خطوط التوتر المنخفض وخطوط التوتر المتوسط. لقد بينت نتائج الاختبار التوافق مع قوانين القسم 15 من FCC وذلك عند تعطيل تثليم التردد، بينما أظهر النظام تخامد بمقدار (29.7 – 31 dB) تحت الحدود الواردة في القسم 15 من FCC وذلك عند تشغيل تثليم التردد.

لسوء الحظ، لم يتمكن مندوبي ARRL من المشاركة مع PSE في تقييم ما يسمى بالتجهيزات تحت الاختبار (Equipment Under Test EUT)، بينما قام مشغلو ARRL فيما بعد بإعلان انتقادهم حول إجراءات ونتائج الاختبار الصادرة والموثقة عن PSE، كما قام مشغلو ARRL بمطالبة FCC للعمل على إيقاف تجهيزات BPL في مانساس وذلك بسبب التشويش والتداخل التي تسببه على ترددات راديو الهواة. بالإضافة لذلك فقد طالبت ARRL أيضاً من FCC للقيام باختبارات مستقلة غير معلنة لتجهيزات BPL الموجودة في مانساس. إن مشاكل اختبار BPL هذه من قبل المبتدئين في هذه التكنولوجيا ستعود بالفائدة الكبيرة على كل الجهات والأطراف المعنية[18].

4-4- دراسة مجلس اتصال الراديو الامريكيARRL

لقد قام مجلس اتصال الراديو الامريكي (American Radio Relay League ARRL) بتبني الدراسة المنشورة من قبل MetaVox في شهر آذار من العام 2004 حول أنظمة BPL المتواجدة في كل من الينتاون، بنسلفانيا ومانساس وفيرجينيا. وقد سبقت هذه الدراسة التقرير الصادر عن FCC حول BPL والمنشور في شهر تشرين الأول من العام 2004.

إن مقاييس الاختبار الموضوعة من قبل FCC تمنع إجراء القياسات باستخدام الترددات التي تقل عن 30 MHz في الحقل القريب، وبدقة أكثر فإنه يجب إجراء استقراء على نتائج القياسات التي اجريت على مسافة تقل عن 30متر لتتوافق مع القوانين والأنظمة الواردة في القسم 15.

كرد على الدراسة المقدمة من قبل FCC بتاريخ 2003/7/7 فقد بينت دراسة ARRL ما يلي (إن إجراء القياسات على مسافات تقل عن 30متر واستقراؤها على 40 dB / decade يمكن أن ينجم عنه سوء

تقدير للقيمة العظمى للحقل على مسافة 30 متر، حيث يمكن أن يتجاوز الخطأ في التقدير عن 20 dB في بعض الحالات)[19]

5- النقل والتوطين

في تجربة من هذا النوع سيكون التحدي الأكبر هو أمام مؤسستين وهما وزارة الكهرباء كصاحبة البنية التحتية التي سيتم الاستفادة منها في نشر هذه التقنية ومؤسسه الاتصالات كهيئة مسؤولة بشكل مباشر عن تزويد الزبائن بخدمة الحزمة العريضة وفي حال انشاء او استدراج شركات تزويد خدمة تستخدم تقنية الـ BPL سيكون عليها وضع مقاييس لمنع حدوث تعارض او تداخل بين هذه الخدمة وخدمات اخرى كالبث الراديوي وخطوط الهاتف والـXDSL الخ

كما لاحظنا في قسم الدراسات السابق كان الهم الاكبر هو الشح في الحزم المحجوزة للبث الراديوي والتلفزيوني وقلق بعض المؤسسات من ان توثر مثل هذه الخدمة على جودة البث او انتشاره ، في سورية الوضع مختلف تماما فلدينا عدد محدود جدا من الحزم المحجوزة ناهيك عن ان ثقافة هواة الراديو الحر ليست موجودة كما هي موجودة في الولايات المتحدة والتي لها منظمة قوية ساهمت في عرقلة تراخيص هذه الخدمة عن طريق تقديم شكاوى للجنة الاتصالات الفدرالية (FCC)

سنستعرض واقع المؤسستين اللتين ستواجهان التحدي الاكبر في مثل هذه التجربة

سنحاول في هذا الفصل أن نتحدث عن محافظة الحسكة كمحافظة نامية تشكو شحا في خدمة الهواتف الارضية ناهيك عن خدمة الحزمة العريضة وسنتطرق الى مثال عملي تقني عن كيفية تنفيذ هذه الفكرة بشكل عملي على منطقة محدودة

سنحاول أيضا في هذا الفصل طرح حلول تجارية وتوصيات ومقاييس بالاستفادة من التجربة الرائدة المقدمة من ال NTIAو FCC

ومقاربتها مع الواقع السوري وذلك بعد استعراض للوضع الحالي مع تقديم نماذج تجارية مجربة وناجحة،

5-1- الحزمة العريضة في سورية وشبكة الاتصالات

تقوم المؤسسة العامة للاتصالات بتقديم خدمات الاتصال والإنترنت في الجمهورية العربية السورية و المؤسسة العامة للاتصالات هي مؤسسة عامة ذات طابع اقتصادي تتمتع بالشخصية الاعتبارية ذات استقلال مالي وإداري وتخضع لأحكام القانون رقم /2/ لعام 2005 الخاص بالمؤسسات والشركات والمنشآت العامة وتتبع لوزارة الاتصالات والتقانة مهمتها توفير خدمات الاتصالات وفق سياسة مجلس الإدارة المستمدة من الخطط الخمسية والسياسات التي تقرها الوزارة وتتمتع بحق الحصر للاتصالات السلكية واللاسلكية في جميع أنحاء الجمهورية العربية السورية وفق المرسوم التشريعي رقم 1935 لعام 1975 الذي أحدثت بموجبه، في حين يجري العمل حاليا لتحول المؤسسة الى شركة (الشركة السورية للاتصالات) وفق القانون رقم /18/ لعام 2010

كما ويتبع للمؤسسة العامة للاتصالات كل من :

1- الشركة السورية الكورية لتصنيع تجهيزات المقاسم الريفية والمقاسم الفرعية الالية وتساهم المؤسسة بنسبة 51% من رأسمال الشركة المشتركة وتساهم سامسونغ بنسبة 49% من رأسمال الشركة وقد بدأت العمل في عام 1997

2- الشركة السورية الألمانية لتصنيع طرفيات ISDN وتجهيزات الاتصالات اللاسلكية WLL وتساهم المؤسسة بنسبة 25% من رأسمال الشركة المشتركة وتساهم GTC بنسبة 51% وشركة سيريتل بنسبة 24%.

3- شركة تسديد(دفع الفواتير الالكتروني) وتساهم المؤسسة بنسبة 25% وشركة جي ي تي (GET) الاماراتية بنسبة 63.75% من رأس مال الشركة المشتركة ، وشركة كنعان للتجارة بنسبة 11.25[21].

ويتوفر في السوق السورية خدمات الحزم العريضة التي يشارك في تقديمها عدد من مزودي القطاع الخاص بالإضافة لمزودي المؤسسة وشركتي الخلوي العاملتين في سورية (سيرياتل – ام تي ام) وذلك بمرجعية تامة للمؤسسة الا ان صدور قانون الاتصالات الذي ينص على تشكيل الهيئة الناظمة لقطاع الاتصالات وتحويل المؤسسة العامة للاتصالات الى شركة يعتبر خطوة باتجاه تحرير السوق بما يسمح بدخول منافسين وتتحول هذه المؤسسة الى مشغل من بين المشغلين المتنافسين وسينعكس ذلك على الزبون من حيث جودة الخدمات واسعارها

تشكل شبكة المعطيات الوطنية البنية الاساسية لشبكة الإنترنت وتراسل المعطيات في سورية وقد بلغ عدد مزودي الإنترنت 13 مزودا منهم(تراسل)و(190) التابعتان للمؤسسة ومن القطاع الخاص سيرياتل، ام تي ان،سوا،زاد، اي نت ، رن نت ، آية، الجمعية السورية للمعلوماتية، ايل كوم و سما نت وقد بلغ عدد مشتركي الإنترنت للنطاق الضيق (Dial Up) ما يقارب 844 الف مشترك في نهاية العام 2010 بينما بلغ عدد مشتركي الإنترنت للحزمة العريضة 69817 مشترك ADSL و 270 مشترك دارة مؤجرة و151 شركة تستخدم VPN عن طريق GHSDL

وفي ما يلي(الجدول 5-1) حسب التقرير السنوي 2010 للمؤسسة يظهر نسب المشتركين وتطورها من العام 2006 الى العام 2010 موضحا معدل النمو السنوي لعدد المشتركين بالإنترنت سواء كان النطاق الضيق او الحزمة العريضة كما ينسب اعداد المشتركين بالإنترنت الى مشتركي الهاتف[21].

(مشترك الهاتف زبون محتمل ومستهدف في سوق الحزمة العريضة)

المشتركين بالانترنت

البيان	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨	٢٠٠٩	٢٠١٠	معدل النمو السنوي ٢٠٠٦-٢٠١٠
عدد المشتركين بالإنترنت" Dial up " (النطاق الضيق) بالآلاف	٣٠٩	٦٢٩	٧١٣	٧٨٦	٨٤٤	٢٨,٦٪
نسبة التغيير		١٠٣,٥٪	١٣٪	١٠٪	٧٪	
عدد المشتركين بخدمة ADSL (الحزمة العريضة) مشترك	٥٢١٨	٦٩٥٧	١١٠٥٥	٣٤٦٥٧	١٩٨١٧	٩١,٣٪
نسبة التغيير		٣٣٪	٥٩٪	٢١٣٪	٩٤٪	
كثافة الانترنت للهاتف الثابت	١,٧٪	٣,٣٨٪	٣,٨٪	٤,٢٪	٤,٦٪	٢٨,٣٪

الجدول 5-1 مشتركي الانترنت في سورية

كما يظهر (الجدول5-2)عدد المشتركين في خدمة الجيل الثالث 3G وخدمة الـ GPRS لعامي 2009 و2010

مشتركي 3G و GPRS الوحدة: ألف مشترك

البيان	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨	٢٠٠٩	٢٠١٠
مشتركي الخلوي الجيل الثالث				٤٠	١٠٣
خدمة GPRS				١٥٠٠	٢٥٠٣

الجدول 5-2 مشتركي 3G و GPRS

ايضا مقاهي الإنترنت كزبون للحزمة العريضة وعددها من عام 2006 الى 2010 المتزايد مع نسبة التغيير موضحا بالجدول حيث بلغت 977 مقهى في نهاية العام 2010

مقاهي الانترنت

البيان	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨	٢٠٠٩	٢٠١٠	معدل النمو السنوي ٢٠٠٦-٢٠١٠
عدد مقاهي الانترنت	٥٠٠	٦٧٧	٧٥٠	٨٣٠	٩٧٧	١٨,٢٪
نسبة التغيير		٣٥,٤٪	١٠,٧٨٪	١٠,٦٧٪	١٧,٧١٪	

الجدول 5-3 مقاهي الانترنت المرخصة

وحسب اخر الارقام الصادرة عن مؤسسة الاتصالات فان عدد المشتركين بالهاتف الثابت 069،4 مليون مشترك اي بنسبة 7،19 % من السكان والهاتف الخلوي 7،56 % بينما بلغت خدمات الإنترنت الكلية 1،5 % حيث بلغت نسبة الخدمات للحزمة العريضة فقط 3،0 % والحزمة الضيقة 4 % اما نسبة خدمات الجيل الثالث فقد بلغت 5،0 % وبالنظر الى هذه الارقام المتواضعة يمكن لنا ان نتخيل مساهمة تقنية واعدة مثل BPL في زيادة الفرص وامكانية توسيع السوق واستهداف كل التجمعات السكانية كزبون محتمل يستهلك الطاقة الكهربائية بالاساس، ان توطين مثل هذه التقنية ووضع معايير ونسب تشجيعية لشركات تعنى بتزويد هذه الخدمة تحت اشراف مشترك بين وزارتي الكهرباء والاتصالات يمكن ان تساهم بما لا شك فيه، حال نجاح التجربة، في زيادة عدد مشتركي الخدمة العريضة لاسيما اذا ما قارنا عدد المشتركين الكلي في خدمات الإنترنت مع النسب في دولة مجاورة كما يظهر (الجدول 5-4) الصادر عن هيئة تنظيم قطاع الاتصالات في الأردن للعام 2010 [22].

المؤشرات المتعلقة بمستخدمي خدمة الانترنت
خلال الفترة (٢٠٠٥-٢٠١٠)

العـــام	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨	٢٠٠٩	٢٠١٠
عدد المشتركين (بالألف)	٧٢٠	٧٧٠	١١٦٣	١٥٠٠	١٧٤٢	٢٣٤٢
نسبة الانتشار (٪)	٪١٣,٢	٪١٣,٧	٪٢٠	٪٢٦	٪٢٩	٪٣٨

الجدول5-4 مشتركي الانترنت في الأردن

2-5- بنية الهيئة التي تقوم بتزويد المشتركين بالطاقة الكهربائية في سورية

تمارس وزارة الكهرباء مباشرة أو بواسطة المؤسسات و الشركات التابعة لها أو بالتعاون مع المؤسسات الأخرى جميع المهام أو الاختصاصات المتعلقة بقطاع الكهرباء و لا سيما:

· وضع الخطط اللازمة لتغطية حاجة القطر من الطاقة الكهربائية و تنفيذ المشاريع المقررة لتأمين هذا الغرض.

· إنتاج ونقل و توزيع و استثمار الطاقة الكهربائية و توفيرها بشكل يتناسب مع التطور الإجمالي و الاقتصادي و الصناعي والتجاري .

· تعميم الإنارة على الريف في القطر .

· الإشراف على إنتاج الكهرباء في جميع المؤسسات و الشركات و جهات القطاع العام التي يتوفر لديها مجموعات توليد كهر بائية رئيسية أو احتياطية و إصدار التعليمات الخاصة بتشغيلها واستثمارها بما يتماشى مع المصلحة العامة

- **المؤسسة العامة لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية:**

وحددت مهامها بكل ماله علاقة بتوليد ونقل الطاقة الكهربائية وعلى الأخص ما يلي:

· تحديد متطلبات تغطية الطلب على الطاقة الكهربائية من مصادر التوليد المختلفة وشبكات النقل ووضع الخطط اللازمة لذلك.

· إنشاء محطات التوليد وشبكات النقل من خطوط ومحطات تحويل على التوترين 400 – 230 ك.ف ومركز التنسيق الرئيسي.

· متابعة الأمور المتعلقة بتبادل الطاقة الكهربائية مع الأقطار العربية وتركيا.

- **المؤسسة العامة لتوزيع واستثمار الطاقة الكهربائية:**

وحددت مهامها بكل ماله علاقة بتوزيع واستثمار الطاقة الكهربائية وعلى الأخص:

· وضع الخطط اللازمة لتأمين توزيع واستثمار الطاقة الكهربائية.

· إنشاء محطات ومراكز التحويل وشبكات النقل على التوترات (66-20- 0.4) ك.ف.

· تشغيل وصيانة شبكات نقل القدرة ومحطات التحويل ومراكز التحويل للتوترات (66-20-0.4) ك.ف.

· تشغيل وصيانة مراكز التنسيق الفرعية ومعامل الأعمدة الخرسانية.

5-3- المقاربة العملية والتقنية

لنأخذ الأن احدى المحافظات السورية المصنفة كمحافظة نامية ونحاول طرح بعض الاحصاءات والمقاربات ومن ثم نطبق مثال عملي على مدينة القامشلي وبعض القرى المحيطة بها

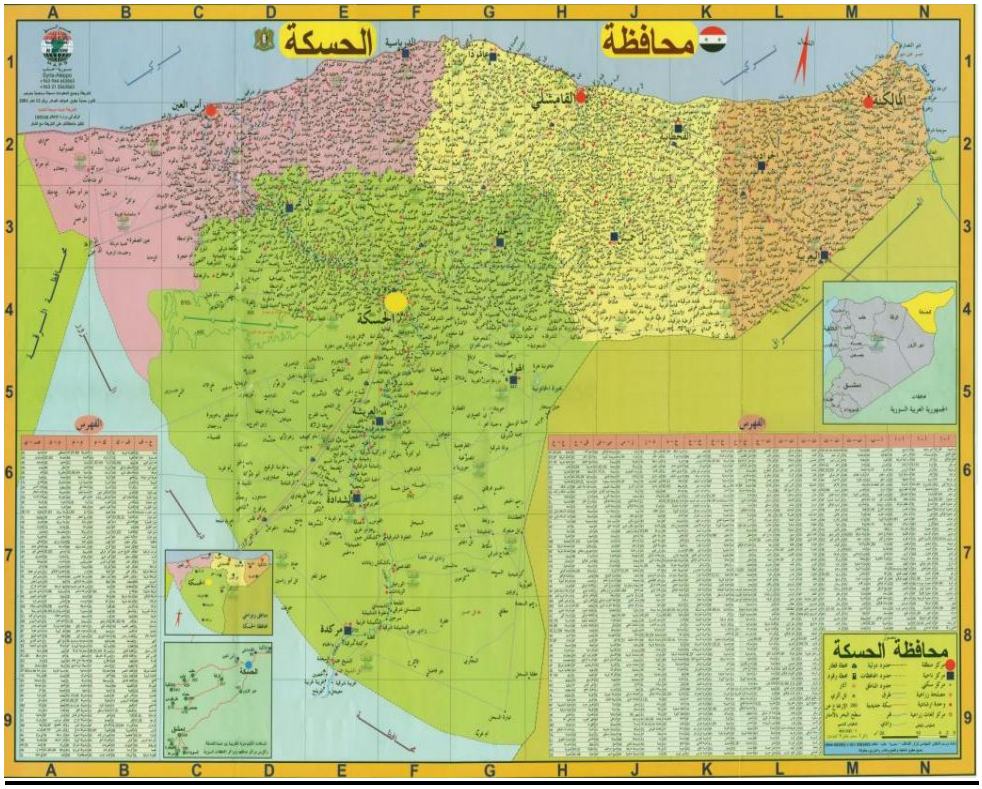
5-3-1- محافظة الحسكة

محافظة الحسكة هي محافظة في شمال شرق سوريا مركزها مدينة الحسكة عدد سكانها ما يقارب 1200000 نسمة . وتمتد على مساحة 23000 كم2 يمر بها نهر الخابور الذي يأتي من مدينة رأس العين شمالاً ماراً بها هبوطا إلى الجنوب حيث يتحد مع نهر الفرات قرب مدينة دير الزور الواقعة شرق سورية. وتقسم المحافظة إلى اربع مناطق واربع عشرة ناحية .تعتبر المحافظة المورد الرئيسي للبترول في سوريا حيث تنتشر حقول النفط في رميلان والهول والجبسة، يعمل أغلب سكان محافظة الحسكة بالزراعة وتمتاز بزراعة القمح والقطن والفواكه كالتفاح والعنب. من أهم مدن وبلدات هذه المحافظة : الحسكة مركز المحافظة، والقامشلي، والمالكية وعامودا ورأس العين والشدادة والقحطانية بالإضافة **إلى المئات من القرى** المنتشرة خصوصا قرب الموارد المائية لاسيما قرى الخابور. ،تصنف المحافظة رسمياً ضمن المحافظات النامية في البلاد. تنتج محافظة الحسكة الكثير من خيرات سوريا الطبيعية كالنفط والغاز والمنتوجات الزراعية كالحبوب والقطن وغيرها... وتقسم محافظة الحسكة إلى 4 مناطق و10 ناحيةكما هو موضح بالجدول 5-5 التالي

المنطقة	النواحي التابعة لها	عدد القرى التابعة للمنطقة
الحسكة	تل تمر – مرقدة – شدادة-بئر الحلو	190
القامشلي	القحطانية –عامودا- تل حميس	557
المالكية	اليعربية– الجوادية	410
راس العين	الدرباسية	241

الجدول 5-5 مناطق وناحي الحسكة

وهنا الخريطة توضح الحدود الادارية لكل منطقة وتظهر النواحي والقرى الكثيفة جدا واماكن انتشارها ولنا ان نتخيل ما هو العمل المطلوب فيما لو فكرنا بتزويد نصف هذه القرى بالهاتف الارضي ناهيك عن خدمة الحزمة العريضة



حيث تصل الشبكة الكهربائية الى جميع القرى المنتشرة في هذه المحافظة بنسبة تقارب الى 99% باستثناء التجمعات الصغيرة جدا 4 او 5 منازل وفي بعض الاحيان حتى هذه التجمعات مزودة بالخدمة الكهربائية حيث تصنف خطوط نقل الطاقة الى صنفين حسب مستوى التوتر

1- خطوط النقل وهي التي يزيد التوتر فيها عن 66 كيلو فولت
2- خطوط التوزيع وهي التوترات ما دون الـ 66 كيلو فولت

خطوط النقل : كما ذكر وهي الخطوط التي يزيد مستوى التوتر فيها عن 66 ك ف مثل خطوط النقل 400 ك ف وخطوط النقل 230 ك ف وتربط هذه الخطوط بين المحطات الكبيرة بين المدن وهي بالغالب هوائية وتستعمل فيها نواقل الالمنيوم المقوى بالفولاذ وهي ذات مقاطع كبيرة تتجاوز احيانا 400 مم مربع ونظرا لأهميتها في منظومة الشبكة الكهربائية فانه يتم وصلها بشكل حلقي للحفاظ على وثوقيه عالية ومرونة كافية للمناورة في الشبكة كما يتم حمايتها ضد اعطال الشبكة بتجهيزات حماية خاصة .

توصل هذه الخطوط الى محولات القدرة في محطات التحويل ومن ثم يتم تحويلها الى التوتر المراد نقله او توزيعه

خطوط التوزيع : وهي خطوط التوتر 66 ك ف ، 20 ك ف وخطوط التوتر المنخفض400/220 ف ، اما خطوط التوتر 66 ك ف فهي تربط بين محطات التحويل 20/66 ك ف وهي في الغالب هوائية

اما خطوط التوزيع 20 ك ف وهي التي سنعتمد عليها في حقن اشارة الـ BPL فهي موزعة في كافة المدن والقرى وتكون هوائية خارج المدن ، وتغذي هذه الخطوط مراكز التحويل 0.4/20 ك ف وفيها يتم توزيع التوتر 400 فولت على المنازل والمنشئات التجارية والصناعية ويتم ذلك بواسطة شبكات هوائية او تحت ارضية وهنا ايضا يستخدم الالمنيوم بمقطع 120مم مربع وما دون بالنسبة للتمديد الهوائي ونحاسية للتمديد الارضي.

وجميع هذه الشبكات مزودة بوسائل حماية مناسبة لحمايتها من الاعطال والانهيار وسنشرح بشكل عملي في مثالنا التطبيقي على مدينة القامشلي وبعض القرى المجاورة كيف سنستفيد من هذه الشبكة 20 ك.ف وشبكة 220/400 ف التي تغذي المنازل والمنشآت بشكل مباشر.

إن تخديم هذه القرى بوسائل الاتصال هاتف – حزمة عريضة بالطرق التقليدية يعد مهمة صعبة جدة من الناحية التقنية والجدوى الاقتصادية واذا كانت دول مثل الولايات المتحدة الأمريكية وبعض الدول الاوروبية قد بدأت بتطوير وتنفيذ خدمة الـ BPL كمخرج مادي وتقني فالأولى بنا في سورية ان نفكر بشكل جدي بالاستفادة من هذه التقنية لسد الفجوة الرقمية لا سيما اننا نملك شبكة كهربائية متقدمة جدا مقارنة مع ما نملك من البنية التحتية لخدمات الاتصالات واذا كانت المدن الكبرى لدينا تعاني من نقص بوابات الـ ADSL فكيف الحال في المحافظات المصنفة اداريا على انها نامية؟ في الجدول التالي يمكن إن نعطي فكرة احصائية عن وضع خدمات الاتصال والحزمة الضيقة والعريضة التي قدمنا لها انها أحد أسباب النمو والتطور على الصعيد الاجتماعي والعلمي ولنا في الجامعة الافتراضية مثال عن ما يمكن أن يوفر من فرص تعليمية لأبناء القرى النائية دون الحاجة الى الهجرة الى المدن الرئيسية للتحصيل العلمي ولاسيما أن محافظة الحسكة محافظة زراعية بالدرجة الاولى وهي مصدر اساسي للقمح والقطن في سورية.

وباستعراض واقع الحال فان الجدول 5-6 يوضح الصورة بشكل لا يقبل الشك عن الحاجة لحل تقني وعملي سريع للارتقاء بخدمات الهاتف والحزم العريضة فهو يوضح المنطقة والنواحي والقرى ومدى توافر خدمات الاتصال فيها .

المنطقة/الناحية وقرى المحافظة	خدمة الهاتف	خدمة الهاتف المحمول	Dialup	DSL	3G Syria tell	3G MTN
الحسكة	متوفرة	متوفرة	متوفرة	متوفرة -لا يوجد بوابات جديدة في الاحياء	متوفرة**	غير متوفرة
تل تمر	متوفرة	متوفرة	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
الشدادة	متوفرة	متوفرة*	متوفرة	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
مرقدة	متوفرة	متوفرة*	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
بئر الحلو	متوفرة	متوفرة*	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
القامشلي	متوفرة	متوفرة	متوفرة	متوفرة -لا يوجد بوابات جديدة في الاحياء	متوفرة**	غير متوفرة
عامودا	متوفرة	متوفرة	متوفرة	موفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
القحطانية	متوفرة	متوفرة	متوفرة	موفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
راس العين	متوفرة	متوفرة	متوفرة	غير موفرة	غير موفرة	غير متوفرة
الدرباسية	متوفرة	متوفرة	متوفرة	غير موفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
المالكية	متوفرة	متوفرة	متوفرة	غير موفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
الجوادية	متوفرة	متوفرة*	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
اليعربية	متوفرة	متوفرة*	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
قرى المحافظة	33 % متوفرة	متوفرة*	مرتبط بتوفر الهاتف	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة

الجدول 5-6 وضع خدمات الاتصال والانترنت في الحسكة

متوفرة* : ضعيفة جدا في بعض القرى البعيدة عن ابراج التغطية الخلوية

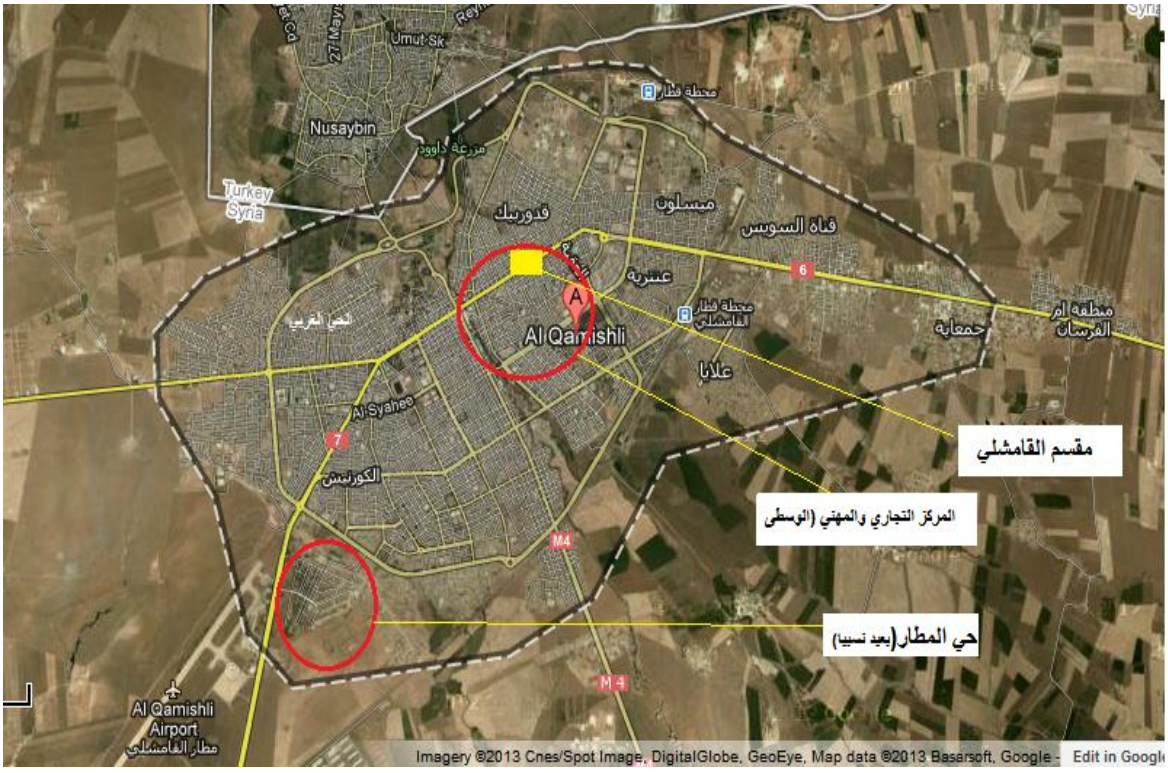
متوفرة** : ليست جميع الابراج مزودة بجهاز بث 3G لذلك بعض الاحياء غير مخدمه

ان العدد الكبير والمنتشر على مساحة جغرافية كبيرة نسبية يجعل من شبه المستحيل اقتصاديا أو فنيا ايصال خدمة الهاتف الارضي ناهيك عن خدمة الحزمة العريضة فيما لاتزال المدن الرئيسية تعاني من نقص حاد في توفر بوابات ال DSL واذا كانت دول ذات امكانيات اقتصادية وفنية كالولايات المتحدة قد فكرت في BPL كمخرج تقني واقتصادي لأريافها فالأولى بنا نحن في سورية ان نستفيد من شبكتنا الكهربائية لتغطية النقص في توافر هذه الخدمة سواء في المدن او القرى المنتشرة حولها

5-3-2-مثال تطبيقي / منطقة القامشلي

لنأخذ مدينة القامشلي بالإضافة الى ثلاث قرى كمثال عملي ونحاول أن نقارب الجدوى الفنية والاقتصادية من هذه الخدمة ومن ثم سنقوم بمقاربة تطبيقية مع شرح عملي بالخطوات كيف يمكن ان تنفذ تقنية الـ BPL.

الخارطة التالية توضح مدينة القامشلي وأحيائها ونلاحظ حي المطار البعيد نسبيا والذي سنشرح بشكل تقني كيف يمكن ان نوصل خدمة الـ BPL له كما توضح الوسط التجاري والمهني (عيادات ، مكاتب هندسية ، محلات تجارية) وهي بأمس الحاجة للحزمة العريضة من حيث المبدأ المفترض والجدول 5-7 يوضح الوضع الحالي



خارطة مدينة القامشلي

الجدول5-7 يوضح توافر خدمات الاتصال والإنترنت على انواعها في بعض احياء القامشلي وبعض القرى المجاورة

القامشلي	خدمة الهاتف	خدمة الهاتف المحمول	Dialup	DSL	3G Syria tell	3G MTN
الحي الغربي	متوفرة	متوفرة	متوفرة	لا يتوفر بوابات جديدة*	متوفرة	غير متوفرة
حي الوسطى	متوفرة	متوفرة	متوفرة	لا يتوفر بوابات جديدة*والطلب شديد جدا	متوفرة	غير متوفرة
حي المطار	لا يوجد خطوط جديدة	متوفرة	حسب توفر الهاتف	غير متوفرة	متوفرة	غير متوفرة
عامودا	متوفرة	متوفرة	غير متوفرة	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
القحطانية	متوفرة	متوفرة	غير متوفرة	متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة
قرى القامشلي	نسبة التوفر 30%	متوفرة*	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة	غير متوفرة

الجدول 5-7 وضع خدمات الاتصال والانترنت في منطقة القامشلي

انطلاقا من الجدول اعلاه سنقوم بتنفيذ مقاربة عملية لتوفير خدمة الحزمة العريضة عن طريق خدمة الـ BPL لحي المطار ذو الحاجة الماسة لخدمة الهاتف اصلا

5-3-3-مثال تطبيقي /حي المطار في القامشلي /التنفيذ التقاني

كما ذكرنا سابقا تتكون تجهيزات Access BPL من حواقن Injectors or concentrators ومكررات Repeaters ومستخلصات Extractors.

يمكن أن تكون خطوط التوتر المتوسط(20 ك ف) معلقة على أعمدة خدمية بارتفاع حوالي 10م عن سطح الأرض، وهي تكون عادة ثلاثية الطور ومكونة من ثلاث كابلات تمتد من محطات التحويل. يمكن لهذه الكابلات الثلاث أن تتوضع بعدة أشكال مختلفة على أعمدة النقل هذه، حيث يمكن أن تكون أفقية أو عمودية أو مثلثية، ويمكن أن تختلف طرق التوضع هذه بين العمود والعمود التالي. كما يمكن أن يتم تفريع طور أو أكثر من هذه الكابلات لتخديم مجموعة من المشتركين.

عادة يتوضع كبل حيادي Neutral(نتر او ارضي بالعامية) ومؤرض أسفل الكابلات المشكلة للأطوار الثلاثة وهي تمتد ما بين محولات التوزيع (المحولات التي تقوم بإخراج التوتر المتوسط 220 فللحي المخدم .

يمكن حقن إشارة BPL على خطوط التوتر المتوسط بين طورين (فازين) أو بين طور وحيادي (فاز ونتر) أو على طور وحيد (فاز واحد) أو على الحيادي (النتر).

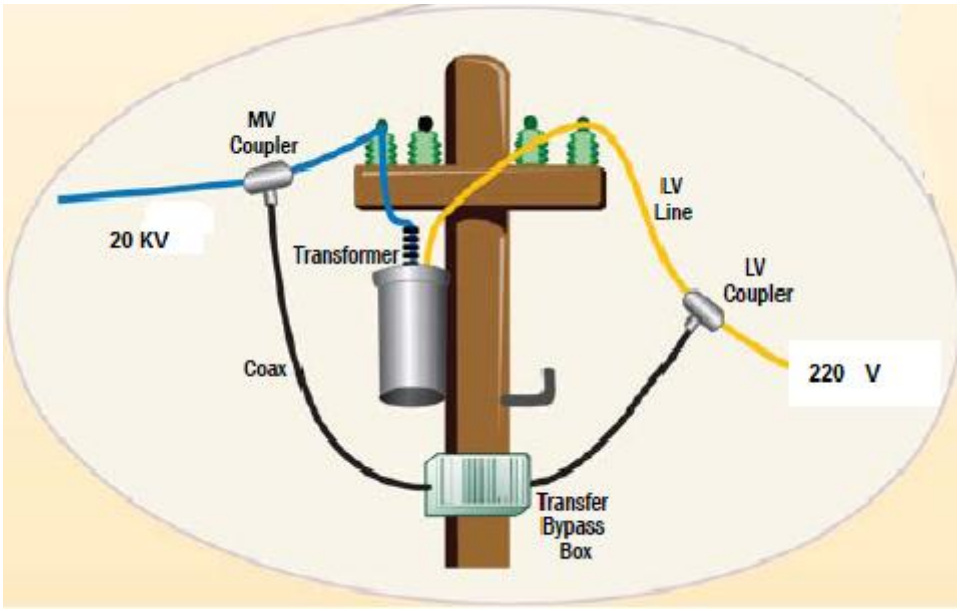
تكون الحواقن موصولة للإنترنت الأساسي Internet Backbone الموفر من بريد القامشلي عن طريق وصلة ضوئية بعرض T1 ومن ثم يقام وصلها الى جهاز الحقنInjector الذي بدوره يقوم بحقن الاشارة بشكل غير مباشر عن طريق المقرنات التحريضية موضحة بالشكل 5-1

الشكل 5-1 المقرن التحريضي

الحاقن مع المقرن التحريضي وارتباطه بخط التوتر 20 ك ف موضح في الشكل 5-2

الشكل 5-2 الحاقن مع المقرن

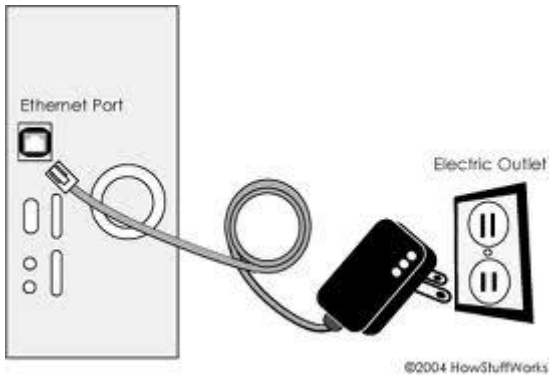
هذا الخط المحقون بإشارة الـ BPL والمتجه لتغذية حي المطار على سبيل المثال وهناك وعند المحولة التي ستقوم بخفض التوتر الى 220 فولت ليناسب الاستخدام المنزلي يتم تركيب جهاز(transfer bypass box لتخطي المحولة)المصممة لاستيعاب موجات بتردد 50 هرتز والا سيتم عطبها نتيجة الترددات العالية كما في الشكل 5-3



الشكل 5-3 تجاوز المحولة

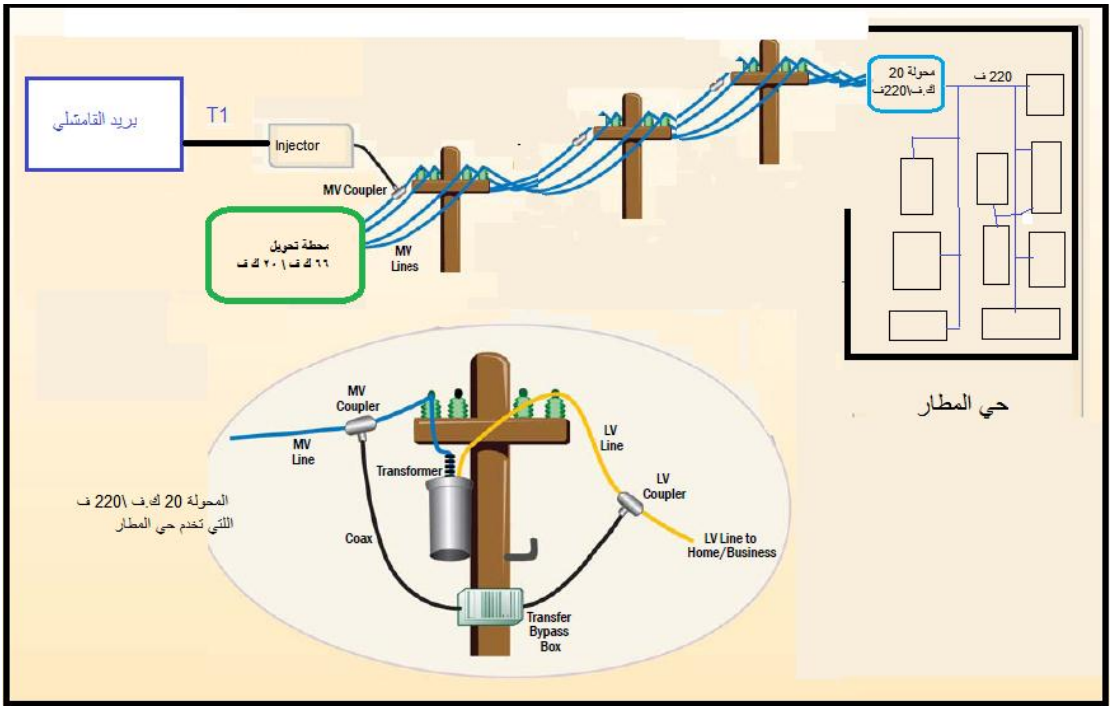
الأن تقوم محولات التوتر المنخفض بتخفيض التوتر إلى 220 V بحيث تكون جاهزة للاستخدام المنزلي حاملة معها اشارة الـ BPL لكل منزل ولا يتبقى سوى ما يتعلق برغبة الزبون في شراء المودمات الخاصة التي تركب مباشرة الى المقابس الكهربائية في كل منزل هذه المودمات يتم شراؤها ودفع رسوم

الخدمة للشركة التي تقوم بتزويد خدمة الحزمة العريضة بهذه التقنية هذه الموديمات موضحة بالشكل 5-4



الشكل 5-4 مودم المستخدم النهائي

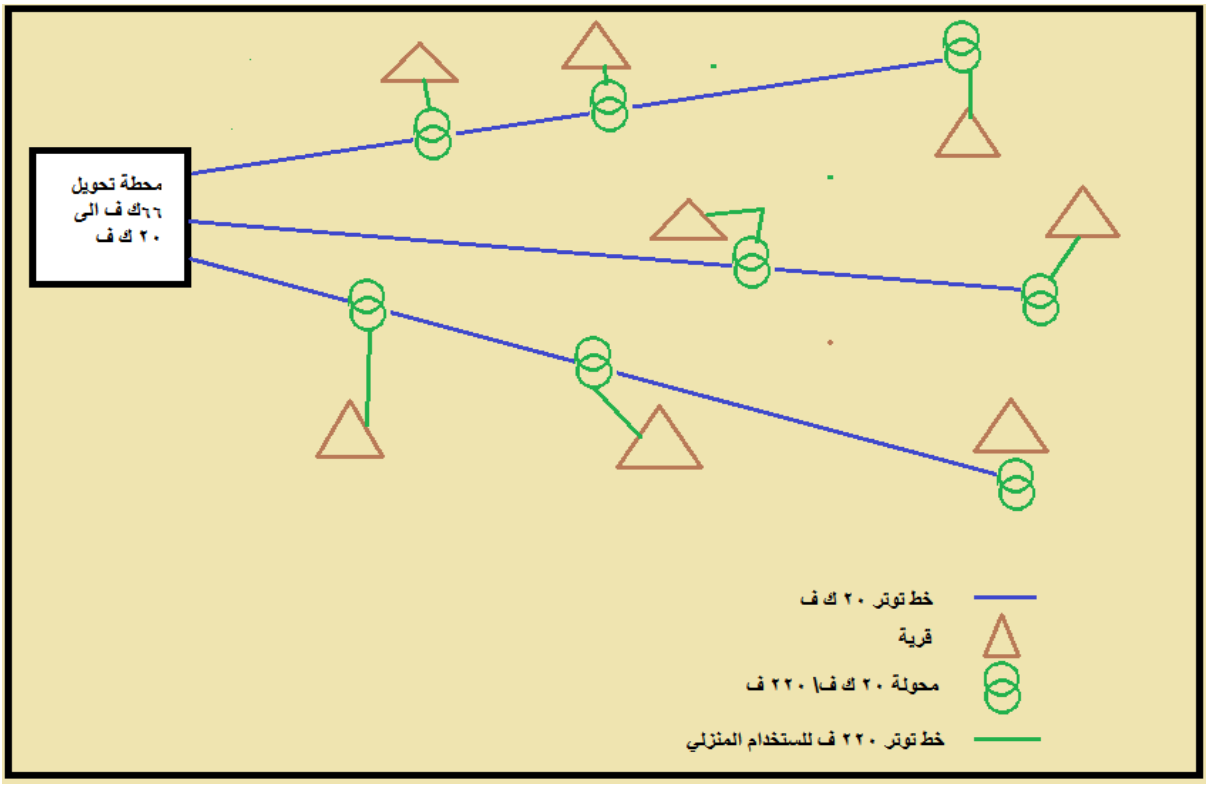
وبعد ان شرحنا بالتفصيل كيف تبدا العملية بوصلة انترنيت بعرض حزمة يناسب الحاجة المقدرة لحي المطار مرورا بحقنها على خط التوتر المتوسط 20 ك ف ومن ثم تمريرها خارج المحولة التي تخفض التوتر ليناسب الاستخدام المنزلي 220 فولت يعطي الشكل5-5 الصورة الاجمالية للنموذج المقدر لطريقة ايصال الخدمة الى حي المطار



الشكل 5-5 النموذج المقدر لطريقة ايصال الخدمة الى حي المطار

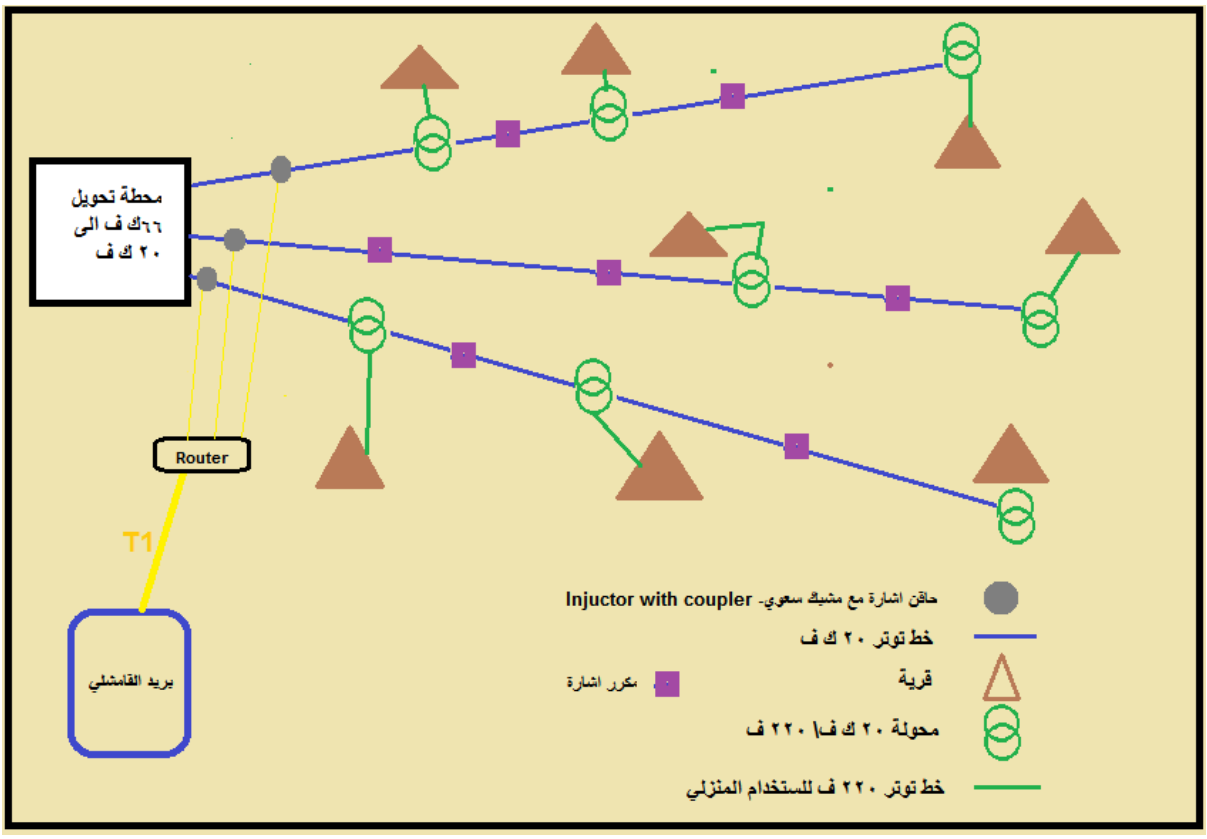
5-3-4-مثال تطبيقي / القرى البعيدة عن القامشلي / التنفيذ التقني

وبالنسبة للقرى البعيدة نسبيا عن مدينة القامشلي في الجنوب والجنوب الشرقي والجنوب الغربي والتي تزود بخطوط التوتر المتوسط 20 ك ف المنطلقة من محطة التحويل 66 ك ف /20 ك ف والتي يخرج منها عدة خطوط توتر متوسط 20 ك ف كل خط يمتد عشرات الكيلو مترات ويقوم بتغذية كل القرى التي يمر بقربها عن طريق محولة 20 ك ف/220 ف مناسبة للاستخدام المنزلي كما في الشكل 5-6



الشكل 5-6 الشبكة الكهربائية للقرى

حيث توضع محولات 20 ك ف /220 عند كل قرية مربوطة على التفرع مع خط التوتر المتوسط التي تكمل طريقها حتى اخر قرية لتزويدها بالكهرباء هذه القرى التي لا تتوفر فيها خدمة الهاتف الارضي يمكن ان تستفيد من الحزمة العريضة الموفرة بتقنية الـ BPL ليس فقط من اجل الإنترنت فحسب ولكن لتعتمد على الهواتف التي تعمل بمبدأ بروتوكول الإنترنتVOIPناهيك عن ما يمكن ان تحدثه وصول الحزمة العريضة وخدمات الإنترنت من تأثير عملي اجتماعي وثقافي وكما في المثال السابق وبنفس الخطوات يتم حقن اشارة الـ BPL على خطوط التوتر المتوسط 20 ك ف وعلى اكثر من خط بحيث تغطي اكبر مساحة ممكنة من القرى كما هو مبين في الشكل 5-7



الشكل 5-7 النموذج المقدر لطريقة ايصال الخدمة الى القرى

وهنا يمكن القول إن نقل خطوط التوتر المتوسط على مسافات طويلة يمكن أن تلزم مزودي خدمة BPL على استخدام **مكررات** إشارة للمحافظة على قوة وفعالية إشارة الـ BPL. الشكل 5-7يبين نظام BPL الأساسي والتي يمكن أن تطبق في طراز على مساحة جغرافية واسعة من القرى مخدمه مسبقاً بشبكة توتر متوسط وسيصبح كل منزل في هذه القرى قادرا على الاستفادة من الاشارة الواصلة لمقبس البيت وذلك باستخدام المودم الموضح في الشكل 5-4 في الفقرة السابقة

5-3-5- الأنظمة والتصاميم التي يمكن ان تناسب مدينة القامشلي

إن التطورات الحاصلة من قبل بائعي BPL قد جعلت صناعة الـ BPL قريبة من الاستخدام التجاري، العديد من التجارب والمحاولات الناجحة في امريكا الشمالية-التي لا فارق تقني كبير بين طريقتها لتخديم زبائن الكهرباء عن احياء وقرى مدينة القامشلي- فقد اثبتت مقاربات تقنية من حيث إلغاء أو تأكيد بعض الشكوك.

تم عرض العديد من الخيارات حول التصاميم الممكنة على شركات الكهرباء والتي يمكن ان تتطلع عليها شركة الكهرباء في منطقة القامشلي بحيث وفرت لهم المرونة في اختيار نموذج عمل BPL والمرونة في اختيار طرق التوظيف والتطبيق وذلك حسب نوع السوق المستهدف.

هذا القسم يغطي وصف مختصر لثلاثة أنواع من تصاميم الشبكات المستخدمة من قبل بائعي تجهيزات BPL.

التصميم رقم 1

التصميم رقم 1 يقوم باستخدام وتوظيف تقنية (Orthogonal Frequency Division Multiplexing OFDM) لتوزيع ونقل إشارة BPL على حزمة عريضة وذلك باستخدام العديد من حوامل الحزم الضيقة على حواقن BPL

يتم تحويل المعطيات المنقولة من الإنترنت الأساسي Internet Backbone إلى صيغة إشارات OFDM وثم يتم إقرانها وحقنها على طور واحد (فاز واحد) من خطوط التوتر المتوسط. كما يقوم الحاقن Injector بتحويل إشارات BPL على خطوط التوتر المتوسط إلى الصيغ المستخدمة في وصلة الإنترنت الأساسية. يتم تحويل هذه البيانات بالاتجاه الثنائي من وإلى خطوط التوتر المنخفض بحيث يتم تغذية كل قطاع سكني بخط من خطوط التوتر المنخفض هذه وذلك باستخدام مستخلصات BPL Extractors لعزل (المرور الخلفي) محولات التوزيع التوتر المنخفض. تقوم هذه المستخلصات بتمرير وتحويل إشارات المعطيات وتحويلها بين صيغ Access BPL و in-house BPL.

يقوم المشتركين بالحصول على إشارات BPL هذه باستخدام أجهزة in-house BPL، كما يمكن استخدام مكررات إشارة Repeaters من أجل توسيع مدى الإشارة بين الحواقن Injectors والمستخلصات Extractors.

في هذا التصميم يتشارك كل من الحواقن والمستخلصات نفس الحزمة الترددية F1 على خطوط التوتر المتوسط بحيث تكون مختلفة عن الحزمة الترددية F2 المستخدمة على خطوط التوتر المنخفض العاملة عليها تجهيزات in-house BPL المملوكة من قبل المشتركين. يتم عادة استخدام تقنية (Carrier Sense Multiple Access CSMA) مع تقنية منع التصادم (Collision Avoidance CA) وذلك للقضاء على مشاكل تعارض القناة وتصغير هذه التعارضات قدر الامكان. يستخدم هذا التصميم لكي يسمح بتداخل جزء من الاقنية الفرعية بين خلايا BPL الرباعية المستقلة وذلك دون استخدام مرشحات عزل على خطوط نقل القدرة، حيث أن كافة الأجهزة المستخدمة على خطوط التوتر المتوسط تعمل بنفس الحزم الترددية. في الحقيقة، يجب أن تكون إشارة BPL تتمتع بالمرونة لدرجة تقبل التسامح بتداخل الاقنية الفرعية لكي تسمح بتطبيق نظامين أو ثلاثة أنظمة بشكل مستقل على خطوط التوتر المتوسط المتجاورة. يقوم هذا التصميم بدمج إشارة BPL إلى خط فاز واحد.

التصميم رقم 2

يعتمد هذا التصميم أيضاً على تقنية OFDM في التعديل ولكنها تختلف عن التصميم السابق في طريقة نقل وتوصيل إشارة BPL للمشتركين والمستخدمين النهائيين في المنازل. فبدلاً من استخدام الجهاز المركب على خطوط التوتر المنخفض يتم استخلاص إشارة BPL من خطوط التوتر المتوسط وتحويلها

إلى إشارة لاسلكية IEEE 802.11b Wi Fi لتوصيلها إلى الحواسيب الموجودة في منازل المستخدمين بطريقة لاسلكية . أحياناً يتم استخدام تقنيات بديلة عن تقنية WiFi لتوصيل أجهزة المستخدمين النهائيين والمشتركين في المنازل مع شبكات BPL ولكن في كافة الأحوال لا يتم استخدام إشارة BPL على خطوط التوتر المتوسط في هذا النوع من الأنظمة.

تستخدم هذه التقنية حزم ترددية مختلفة للتفريق بين الإشارات BPL الصاعدة والهابطة (من المستخدم إلى الإنترنت وبالعكس) وأيضاً للتقليل من مشاكل تشويش الأقنية الفرعية وتداخلها مع إشارات أجهزة Access BPLالمجاورة. كما ويمكن استخدام مكررات إشارة Repeaters لتوسيع مجال فعالية الحواقن injectors والمستخلصات extractors لمسافات أطول.

مكررات الـ BPL تشبه الحواقن في كونها ترسل وتستقبل على ترددات مختلفة كما تستخدم ترددات تختلف عن الترددات المستخدمة من قبل الحواقن أو من قبل بقية المكررات المجاورة، في هذا النوع من التصميم ممكن ان تقوم المكررات repeaters بدور المستخلصات extractors وذلك عند تركيبها مع مرسلات/مستقبلات الاشارة اللاسلكية (WiFi transceivers).

يقوم هذا التصميم بدمج إشارة BPL إلى خط فاز واحد من خطوط التوتر المتوسط.

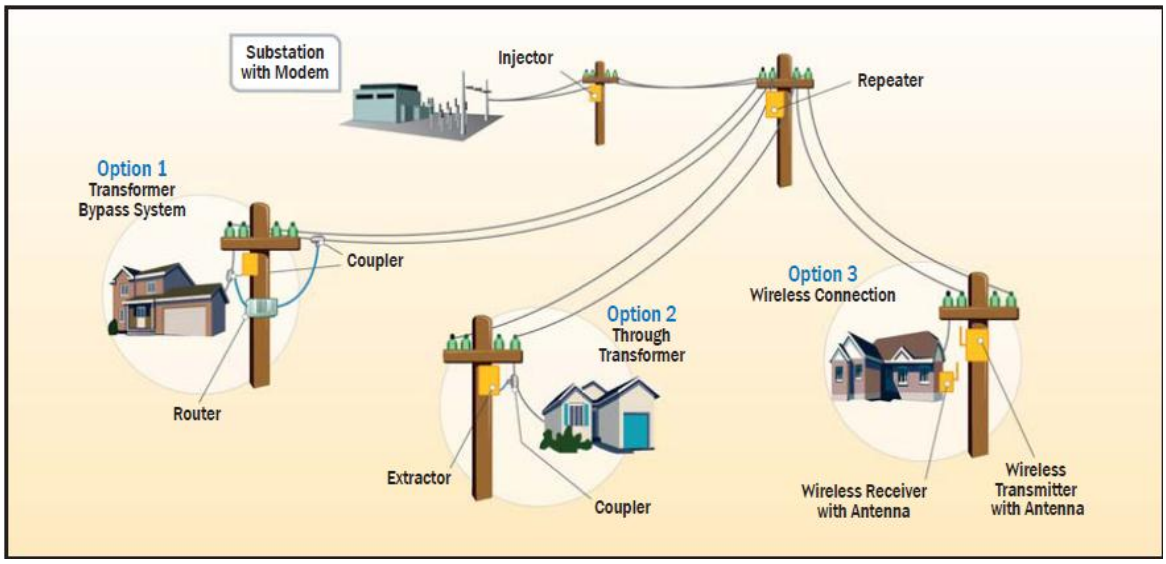
التصميم رقم 3

يستخدم هذا التصميم تقنية Direct Sequence Spread Spectrum DSSS لنقل إشارات BPL عبر خطوط التوتر المتوسط، كما يتشارك جميع المستخدمين الموجودين في نفس خلية **BPL على الحزمة الترددية، كما يتم استخدام تقنية Carrier Sense Multiple Access** CSMA للتقليل من تعارضات القناة. كما هو الحال في التصميم رقم 1، فإن هذا النظام مصمم بحيث يتقبل جزء من تداخلات وتشويش الاقنية الفرعية ما بين الخلايا وذلك كون جميع الأجهزة تعمل على نفس الحزمة الترددية. عند احد التطبيقات التجريبية لهذا النظام يقوم مزود خدمة BPL بالتطبيق على طورين من الأطوار الثلاثة الممددة.

في هذا النوع من التصميم تكون كل خلية مؤلفة من حاقنة (Concentrator or injector) تقوم بتوفير واجهة توصيل إلى الإنترنت الأساسي عن طريق وصلة ضوئية من نوع T1، ومن عدد من المكررات (repeaters or extractors) لتعويض ضياعات الإشارة الحاصلة على خطوط نقل القدرة وعلى محولات التوزيع، ومن تجهيزات BPL الخاصة بمنطقة المشترك أو المستخدم والتي تستخدم كجسر بين تجهيزات وكمبيوترات المشترك وبين خطوط نقل القدرة الحاملة لإشارة BPL. عادة تتناوب الخلايا المتجاورة وتكون مكررات وطرفيات الـ BPL الخاصة بالمستخدم قادرة للتواصل مع المجمعات والحواقن concentrators والتي تكون قادرة على أفضل طرق الاتصال في أية لحظة. يقوم هذا التصميم بدمج إشارة BPL إلى خط فاز وخط نتر**[9]**.

5-3-6- أنظمة BPL الهجينة

إن تصاميم أنظمة BPL الهجينة (الشكل 5-8) تستفيد من كلاً من ميزة توفير التكاليف الناجمة عن استخدام البنية التحتية لشبكات توزيع القدرة الكهربائية الموجودة في منطقة القامشلي وتستفيد أيضاً من الحزمة العريضة اللاسلكية الموجودة في الجوار القريب كما تحاول التخلص من تداخلات BPL وعزل إشارات التشويش بعيداً عن مطار القامشلي كمنطقة محظورة على التشويش .



الشكل 5-8 تصاميم أنظمة BPL الهجينة

تقنية WiFi ™

ان طريقة إعداد نظام ولوج BPL هجين مع نظام WiFi بحيث يتم تقديم التوصيل النهائي للحزمة العريضة للمستخدم النهائي. في هذا الإعداد يكون الدور الأساسي لـ BPL هو توفير خدمة الإنترنت، لا يتم تطبيق إشارات الراديو RF الخاصة بنظام BPL على خطوط التوتر المتوسط الواصلة بين المنازل والمكاتب المتجاورة.

يمكن استخدام BPL WiFi ™ كجسر بين شبكات توزيع القدرة الكهربائية الهوائية وشبكات توزيع القدرة الكهربائية المدفونة (بين شبكات التوزيع الكهربائية فوق الأرض وتحت الأرض).

حقيقة في البداية، كانت علامة WiFi ™ خاصة فقط للمنتجات والتجهيزات التي تتوافق مع النموذج IEEE 802.11b وهو النموذج الخاص بشبكات اللاسلكي العاملة على الموجات الميكروية بتردد 2.4 GHz بعرض حزمة 11 Mbps. في الوقت الحالي يمكن استخدام علامة WiFi ™ مع المنتجات والتجهيزات التي تستخدم أي نموذج من نماذج IEEE 802.11 بما فيها النماذج التالية:

- IEEE 802.11 (1-2 Mb/s)
- IEEE 802.11a (54 Mb/s)
- IEEE 802.11b (11 Mb/s)
- IEEE 802.11g (54 Mb/s)
- IEEE 802.11n (500 Mb/s)

إن النموذج IEEE 802.11b يستخدم إما الطيف FHSS أو طيف الانتشار التعاقبي المباشر (Direct Sequence Spread Spectrum).

إن النموذج IEEE 802.11a يعتمد على تقنية OFDM وقد تم تطبيقها بشكل واسع في العديد من المجالات التجارية وفي الوكالات الحكومية والمدارس والمنازل كبديل مناسب للشبكة الحاسوبية السلكية (Wired LAN). لقد أصبح اليوم العديد من المطارات والفنادق وحتى مطاعم الوجبات السريعة تقدم خدمة ™ Wi-Fi للعموم. إن معايير 802.11 كانت قد صممت لتخديم شبكات اللاسلكي الداخلية Indoor ولكن العديد من المصنعين قاموا بتصنيع أنظمة MAC وأنظمة فيزيائية خاصة قادرة على توسيع وتمديد امكانيات الشبكة بحيث تكون قابلة لتخديم شبكات اللاسلكي الخارجية Outdoor. إن شركة Amperion،Inc. هي أحد الشركات التي قامت بتوظيف تقنية OFDM مع تقنية ™ Wi-Fi.

تقنية WiMAX

إضافة لسلسلة معايير™Wi-Fi IEEE 802.11 فإن مجموعة العمل المسماة IEEE 802.16 تشكل أحد الوسائل المتوقع بأن تقوم بنقل تقنية BPL مستقبلاً. إن تقنية WiMAX هي بروتوكول لاسلكي ميكروي محسن، كانت هذه التقنية في البداية مصممة لتوفير امكانيات الشبكات النجمية لكنها استطاعت أن تتغلب على العديد من المشاكل المستعصية التي كانت متعلقة بتطبيقات 802.11. يمكن الآن استخدامها في الشبكات اللاسلكية عالية السرعة على مسافات تصل لعدة أميال.

إن التسمية WiMAX مشتقة من كلمة الوصول الميكروي اللاسلكي Wireless (Wi) Microwave Access (MA)، في الحقيقة التقنيتين WiMAX و WiFi تم انشاؤهما باستخدام موجات OFDM.

هناك في الوقت الحالي اصدارين مختلفين من تقنية WiMAX هما IEEE 802.16-2004 و IEEE 802.16e وهما يختلفان في أنواع الوصول والولوج (ثابت – محمول – متنقل).

5-3-7- الحلول العملية لنمذجة الاشارة التي سيتم حقنها (المطبقة)

الجدول 5-8يوضح استخدام أنواع عديدة من الشرائح الالكترونية Chipsets لتوفير الحلول لشبكات نفاذ BPL على خطوط التوتر المتوسط وخطوط التوتر المنخفض والشبكات المنزلية الداخلية وذلك باستخدام الترددات العالية HF والعالية جداً VHF. إن استخدام تقنية الأمواج السطحية الميكروية يعتبر إحدى

الحالات الخاصة والتي تختلف عن الحلول المقدمة باستخدام الترددات العالية HF والعالية جداً VHF كونها لا تعاني من مشاكل التداخلات الطيفية.

إن تقنية OFDM تعتبر كموجة نقل متعدد الحواملmulti-carrier transmission waveform وقد تم استخدامها لأول مرة في العام 1960 وذلك على الوصلات العسكرية الراديوية على الترددات العالية HF. إن هذه التقنية تقوم بتنفيذ العديد من الخدمات على الطبقة الفيزيائية من بين طبقات OSI. إن تقنية OFDM قد تم تبنيها من قبل العديد من التقنيات مثل ADSL،IEEE 802.11a/g، IEEE 802.16a ، DAB،Digital Terrestrial Television Broadcast، DVD، 4G، IEEE 802.11n ، IEEE 802.16،IEEE 802.20.

في الحقيقة لم يتم تبني مقياس مفرد من بين مقاييسOFDM بشكل كامل، بل هناك العديد من إصدارات OFDM المتشابهة والمختلفة في المضمون وهناك العديد من التطبيقات الخاصة التي تحاول بعض الشركات تبنيها لتحسين أداءها وتحسين ميزات خدماتها بهدف الوصول إلى اختراق افضل للسوق[10].

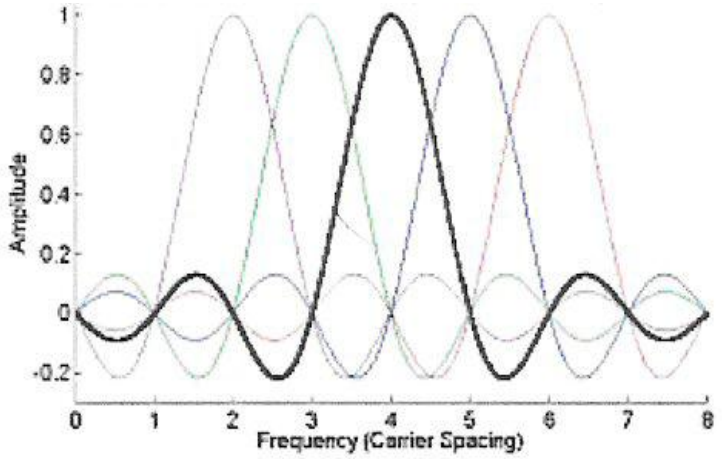
الشريحة Chipset	إشارة نفاذ التوتر المتوسط MV Access Signal	إشارة التوتر المنخفض المنزلي LV In-House Signal
OFDM (orthogonal FDM)	فقط VHF (30 – 50 MHz)	مآخذ منزلية (4-21 MHz متدرج)
OFDM (DS2 chipset)	HF/VHF متدرجة	HF/VHF متدرج / WiFi
DSSS / FHSS (spread spectrum)	HF متدرج	HF متدرج
Microwave Surface Wave	حزم 2.4 & 5.8 GHz غير مرخصة	مآخذ منزلية / WiFi

الجدول 5- 8بنى وتصاميم أنظمة BPL

إن تقنية OFDM هي مشابهة لتقنية جداء التضميم الترددي Frequency Division Multiplexing FDM ولكنها تعطي أداء طيفي أكبر وذلك عن طريق تداخل القنوات الجزئية. للتوصل للتعامد يتم استخدام مدة ترميز مساوية للتباعد الترددي للحامل، وهذا ينتج عنه ترددات متعامدة رياضياً مما يسمح بتداخل أطياف الأقنية الفرعية دون التشويش والتأثير على بعضها البعض. إن تقنية OFDM تقوم بإرسال الرموز ذات المدد الزمنية الطويلة ولكنها توفر في عرض الحزمة (تستهلك حزمة ضيقة). في

تقنية OFDM يتم تقسيم الطيف المتاح إلى عدة أقنية فرعية ضيقة (عدة مئات أو عدة آلاف أقنية فرعية) وبعدها يتم إرسال تدفق البيانات عن طريق FDM وذلك باستخدام عدد N من الحوامل المرسلة على التوازي بترددات f_1, f_2, f_3, f_N.....

الشكل 5-9 يوضح خمسة حوامل OFDM متداخلة مع طيف الحامل الفرعي. إن العلاقة التعامدية تمكن من استرجاع المعطيات المرسلة عبر الحوامل الفرعية على طرف المستقبل بدون حدوث أية تداخلات أو تشويشات متبادلة.



الشكل 5-9 حوامل OFDM

إن استخدام تقنية IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) في التعديل تجعل من الممكن اختيار الفراغ (المسافة الفاصلة) في الحامل الفرعي بحيث يكون من الممكن تقييم الإشارة المستقبلة عندما تكون جميع الإشارات الأخرى مساوية للصفر. يقوم المستقبل باستخدام تقنية (Fast Fourier Transform) لفك تشفير الإشارة. للحفاظ على التعامدية وللحماية ضد تعدد القنوات فإن ذلك سيتطلب توفير التزامن الأمثل بين المرسل والمستقبل. إن تقنية OFDM تعتمد على المعالجة الرقمية العالية السرعة للإشارة. هناك العديد من تقنيات التعديل وتقنيات تصميم الولوج الممكن استخدامها بالترافق مع تقنية OFDM نذكر منها:

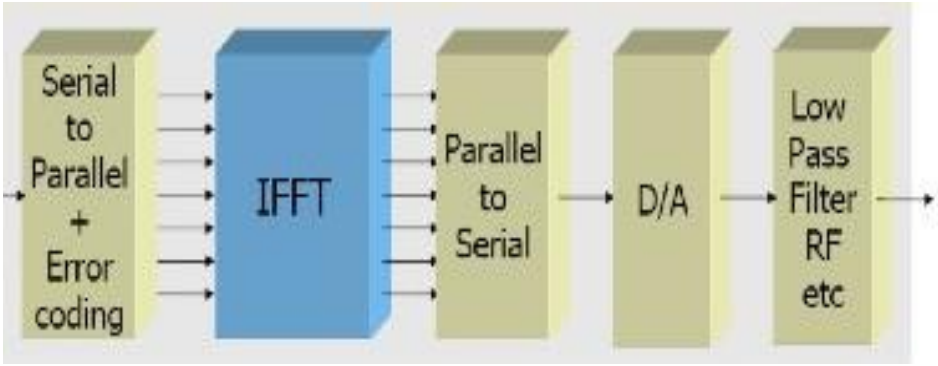
- Binary Phase Shift Keying BPSK
- Quadrature Phase Shift Keying QPSK
- 16 Quadrature Amplitude Modulation QAM
- 6 bit 64 constellation QAM
- Time Division Multiple Access TDMA
- Code-Division Multiple Access CDMA

لزيادة التوضيح، قم باعتبار حامل OFDM مفرد معدلة بتقنية QPSK بحيث يتم تشفير كل رمز بـ 2بت بمعدل سرعة 1000 رمز بالثانية، عندها طيف هذه الإشارة سيكون لها شكل Sin(x)/x وسيكون لها القيمة الصفرية المعدومة عند تردد 1000 هرتز.

إن تقنية OFDM متينة جداً ضد انتقائية الترددات لكن العيب فيها هو أنه أي تغيير يطرأ في خصائص القناة مع مرور الزمن سوف يحد من أداء النظام. إن تغيرات الزمن تؤثر بشكل سلبي في التعامد للحوامل الفرعية وبذلك فهي تسبب التداخل البيني بين الحوامل (inter-carrier interference ICI). من إجل التخلص من ICI يتم ادخل زمن حماية بحيث يكون طول هذا الزمن أطول من زمن استجابة النبضة للقناة.

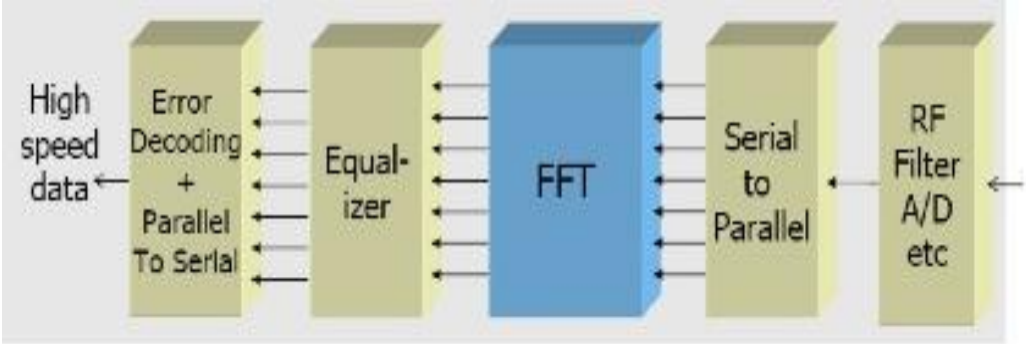
إن إدخال زمن الحماية يعتبر سيئة ممكن أن تؤدي إلى ضياع في نسبة الإشارة إلى الضجيج SNR وبالتالي زيادة في متطلبات عرض الحزمة.

الشكل 5-10 يوضح مرسل OFDM الذي يقوم باستقبال معطيات تسلسلية ذات سرعة عالية على الدخل حيث يتم تحويل الإشارات التسلسلية إلى إشارات تفرعيه أولاً ثم يضاف إليها شيفرة لمعالجة الخطأ، بعدها يتم تطبيق IFFT على المعطيات. من أجل تحضير المعطيات المحولة للإرسال الراديوي RF فإنه يتم التحويل من التفرعي إلى التسلسلي، بعدها يتم تحويل المعطيات من رقمية إلى تشابهية ومن ثم تمرر بمرشحات مناسبة (تمرير عالي – تمرير منخفض – تمرير حزمة..... الخ) وبالنهاية يتم بثها عن طريق الاستطاعة الراديوية RF.



الشكل 5-10 مرسل OFDM

الشكل 5-11 يوضح جهة مستقبل OFDM والتي تقوم باستقبال إشارة RF على المدخل. يتم تحويل البيانات من تسلسلية إلى تفرعيه بعد تمريرها من خلال مرشحاتRF مناسبة. يقوم المستقبل بتطبيق FFT على البيانات ومن ثم تلقيم النتائج على مسوّي ترددي OFDM والذي يقوم بدوره بالتعويض عن التخامد الخطي (تأثيرات تعدد المسارات). يتم اكتشاف الأخطاء ويتم التحويل من التفرعي إلى التسلسلي من أجل الحصول على حزم البيانات الأساسية الأصلية.



الشكل 5-11 مستقبل OFDM

في الأنظمة الحقيقية يمكن الترتيب والتنسيق والتحكم في تسلسل عمليات معالجة الإشارة عن طريق برامج خاصة.

هناك العديد من الأمثلة حول مزودي BPL الذين يقومون بتطبيق تقنية OFDM نذكر منها (Mistubishi Electric، PLC Power line Communication، EBA Ambient Corporation).

5-4- المقاربات التجارية والتحديات الاقتصادية

يمكن للشركات المزودة للكهرباء أن تختار إحدى نموذجات BPL التجارية المتوفرة وذلك حسب متطلبات هذه الشركات وحسب إمكانياتها المادية، فيما يلي سرد لهذه النموذجات الثلاثة مع شرح موجز للمخاطر والمزايا المتعلقة بكل منها.

5-4-1- نموذج Landlord أو نموذج التجزئة: باستخدام هذا النموذج تقوم شركة الكهرباء بتأجير تجهيزاتها وكياناتها لشركة أخرى (غالباً ما تكون هذه الشركة ذو خبرة سابقة في مجال الاتصالات) وبذلك تقوم هذه الشركة ببناء وتشغيل نظام BPL. وبذلك يكون المشترك النهائي على تماس مع هذه الشركة فقط فيما يتعلق بخدمة الزبائن والفوترة والدعم. وتقوم شركة الكهرباء بجني عائدات تأجير تجهيزاتها ومكوناتها ويمكن أيضاً أن تستفيد شركة الكهرباء من خدمات الشبكة الذكية عن طريق هذه الشركة المشغلة لنظام BPL. إن هذه الطريقة هي المثلى عندما تكون رغبة شركة الكهرباء بالاستثمار في حدودها الدنيا وعندما يكون لشركة الكهرباء الرغبة في الحصول على موارد إضافية، وتعتبر هذه الطريقة هي الطرق الأقل مخاطرة ومجازفة بالنسبة لشركات الكهرباء لأن التكاليف ستكون شبه معدومة بالنسبة لها.

5-4-2- نموذج البيع بالجملة Wholesale: في هذا النموذج تقوم شركة الكهرباء ببناء شبكة BPL ومن ثم تأجيرها لشركة أخرى، والتي تقوم بدورها ببيع الحزمة كاملة لشركات مزودي خدمة الإنترنتISP والتي تقوم بدورها بتشغيل هذه الشبكة والتعامل مع المشتركين والزبائن. تعتبر هذه الطريقة متوسطة من حيث المخاطرة كما تسمح لشركة الكهرباء بالاستفادة من خدمات الشبكة الذكية.

5-4-3- نموذج مزود الخدمة: هذه هي الطريقة الأكثر مخاطرة، حيث تقوم شركة الكهرباء ببناء وتشغيل شبكة BPL وتقوم بالتعامل مع الزبائن بشكل مباشر. وهنا يجب لشركة الكهرباء أن تكتسب الخبرات المتعلقة بخدمات الاتصالات لكي تتمكن من بناء وتشغيل واستثمار شبكة BPL بالشكل الأمثل. طبعاً مع كون هذه الطريقة هي الأكثر مخاطرة فهي بنفس الوقت توفر احتمال المردود والمدخول الأكبر.

في الحقيقة لا يوجد حالياً بيانات دقيقة عن التكاليف المطلوبة لتطبيق خدمة BPL، ولكن هناك بعض المؤشرات التي تفيد بأن تكلفة توفير خدمة BPL هو حوالي (50 – 300 دولار) لكل منزل،

طبعاً تختلف هذه الكلفة حسب بنية شبكة الكهرباء وحسب الحاجة لاستخدام المزيد من مكررات الإشارة وحسب عدد المنازل الموصولة لمحطة التحويل الواحدة وبعض العوامل الأخرى. طبعاً التكاليف المبينة أعلاه لا تشمل فقط تكاليف التجهيزات وأجور التركيب بل أيضاً تكاليف الصيانة واستبدال الأجهزة وتطويرها. إن تجهيزات CPEConsumer Premise تكلف حالياً حوالي (50 – 200 دولار). بافتراض الاستخدام الأولي المحافظ مع معدل 10% كنسبة لاختراق المشترك وبافتراض كلفة 100 دولار للتطبيق على مستوى كل منزل وبافتراض 100 دولار لتجهيزات CPE فإن التكلفة الأولية لاستخدام BPL ستكون حوالي 100،1 دولار لكل مشترك. وهذا الرقم هو متفق تقريباً مع الأرقام المنشورة في التقرير النهائي المعد من قبل أبحاث مجلس الاتصالات المتحدة UTC ومن قبل مجموعة Shpigler والتي تهتم بإجراء مقارنات في تكاليف التطبيق لمختلف تقنيات الحزمة العريضة.

من الجدير ذكره أيضاً بأنه رغم كون تطبيق تقنية BPL أقل تكلفة من تطبيق تقنية DSL أو تقنية الكابل أو تقنية الفايبر في المناطق الريفية، فإنها لاتزال غالية على صعيد المستثمر الواحد. لذلك فإنه يتوجب على مزودي خدمة BPL أن يبحثوا عن المنافسة للشركات الأخرى المزودة لخدمات Cable،DSL فقط في المدن أو في الضواحي حيث تتواجد أصلاً بعض البدائل الأخرى لخدمات الحزمة العريضة. بخلاف التوقعات فإن هذه الحقيقة تحبط المعتقدات والتوقعات التي تبنتها FCC حول تقنية BPL، والتي كانت تصفها بكونها تقنية وجدت لتسريع ولتوسيع انتشار خدمات الحزمة العريضة في المناطق غير المؤهلة. علاوة على ذلك فإن الخبرات والأبحاث السابقة قد أثبتت بأن خدمة BPL تحتاج لأن تكون إما متفوقة بشكل ملحوظ (أي أن تقدم سرعات نقل أكبر وحزم أعرض) أو رخيصة الثمن أو كلاهما لكي تصبح قادرة على إقناع المشتركين للتحول من الطرق المستخدمة لديهم إلى تقنية BPL ولكي تصبح قادرة على إغراء المشتركين الجدد باستخدام هذه التقنية.

5-5- الميزات والتحديات

لكل تقانة هناك ميزات وفوائد ومشاكل جانبية وربما اضرار في هذه الفقرة نحاول ان نقارب ونوازن بين ما يخدم واقعنا وما قد لا يناسبنا

5-5-1- الفوائد المرتقبة

الفوائد المرتقبة من قبل شركات تزويد الإنترنت : من وجهة نظر الشركات المزودة لخدمة الإنترنت فإن تقنية BPL ممكن أن تقدم توفير كبير في التكاليف. في الدرجة الأولى من حيث العامل الأهم وهو وسيط النقل لأن خطوط نقل القدرة بالأصل موجودة، لن يكون هناك أية حاجة لشراء مجموعة المعدات ولا للقيام بعمليات التعليق والحفر وتمديد الأسلاك وذلك بسبب كون معظم البنى التحتية موجودة مسبقاً. كما أنه لن يكون هناك أية حاجة للإجراءات المعقدة والمكلفة المتعلقة بدراسة الموقع. بالأخذ بعين الاعتبار الانتشار الواسع لخطوط نقل القدرة في كافة الاتجاهات فإنه يمكن القول بأن تقنية BPL سيكون لها تغطية واسعة الانتشار.

الفوائد المرتقبة من قبل شركات توفير الكهرباء: بالنسبة للشركات التي تقوم بتزويد الكهرباء فإن تقنية BPL يمكن أن تقدم فائدة مضاعفة حيث يمكن أن تنشئ لها مصدراً جديداً للدخل من خلال الموجودات الحالية كما يمكن أن تقدم لها شبكة ذكية من خلال تطبيقات خدمية مثل:

- مراقبة النظام من أية نقطة على الشبكة الكهربائية.
- موازنة وتحويل الأحمال.
- الإدارة والاستثمار الأمثل للموجودات للأصول.
- تحسين أداء الصيانة الوقائية وتحسين وثوقية الخدمات والحصول على رضا المشتركين من خلال التقليل من انقطاعات التيار وتجنب الحالات الطارئة على الشبكة الكهربائية.
- امكانية تطبيق أنظمة SUPERVISORY CONTROL AND DATA متقدمة عبر خطوط نقل القدرة.
- امكانية اكتشاف الأعطال، امكانية تحليل الأعطال، وامكانيات التشخيص والتعافي القابلة للتكيف.
- امكانية الاكتشاف التلقائي لانقطاع التيار، اكتشاف حالات اصلاح الأعطال، وامكانيات المراقبة والتفحص.
- امكانية تركيب عدادات كهرباء تعمل بتقنية BPL بحيث تسمح بنقل بيانات وفواتير الاستهلاك يوم بيوم ولحظة بلحظة عن طريق قراءات الكترونية مع امكانية فصل ووصل التيار عن المشترك عن بعد بالإضافة إلى امكانيات اكتشاف الاستجرار غير الشرعي وسرقة الكهرباء.
- امكانية المراقبة التلفزيونية بكاميرات المراقبة لبعض المناطق الهامة (تركيب كاميرات مراقبة عند محطات التحويل على سبيل المثال).

الفوائد المرتقبة من قبل المستخدم النهائي (المشترك): يمكن للمستخدم النهائي (المشترك) أن يستفيد من تطبيق تقنية BPL وذلك للأسباب التالية:

- يمكن لتقنية BPL أن تخلق منافسة قوية وبذلك تسهم في تخفيض أسعار هذه الخدمات على المستهلك.
- يمكن لتقنية BPL أن تزيد أعداد المستخدمين (المشتركين) كما سيتم مناقشته لاحقاً.

- في بعض الأماكن، يمكن أن تكون تقنية BPL الحل الوحيد للحصول على الحزمة العريضة (في المناطق الريفية مثلاً) بغض النظر عن إمكانية توفير الاتصال الفضائي في هكذا مناطق.
- يمكن استخدام تقنية BPL للأجهزة الذكية، بحيث تكون موصولة ومقادة عن طريق كمبيوتر عن بعد. طبعاً يمكن لهذه التجهيزات أن تقاد بطرق أخرى (مثل DSL أو طريقة الكبل) ولكن باستخدام تقنية BPL يمكن الحصول على حل أكثر تكاملاً.
- يمكن لتقنية BPL أن توفر تغطية أكثر انتشاراً وأكثر وثوقيه.

إن النمو الكبير للإنترنت وعدم الانتظامية التي حدثت مؤخراً في الاتصالات بشكل عام في الولايات المتحدة وفي أوروبا قد أدت إلى الاهتمام أكثر فأكثر بتقنية BPL. فقد تم مؤخراً إنجاز أبحاث واسعة على نمذجة قناة BPL وتم إنجاز العديد من التحليلات على التشويش وتداخل الإشارات. بالتزامن فقد انجزت العديد من الاختبارات الحقلية والعديد من القياسات لتفحص والتأكد من فاعلية بعض النموذجات من التجهيزات وذلك بالتوازي مع التطورات الحاصلة في معالجة الاشارة مثل تقنيات التشفير الجديدة وطرق النمذجة القابلة للتأقلم وكذلك مع التطورات الحاصلة مؤخراً في مجال الإلكترونيات للحصول على معالجات أسرع وأقل تكلفة. بخلاف ذلك وعلى الرغم من كون تقنية BPL أكثر جاذبية وأكثر إغراءً فإنه يجب على هذه التقنية أن تتجاوز كافة التحديات المتعلقة بالتطبيق والاستخدام الفعلي وكذلك التغلب على المشاكل المتعلقة بالانتظامية وذلك قبل أن تغدو هذه التقنية الخيار الأمثل للحزمة العريضة. إن الفقرات التالية تتفحص التحديات الأساسية المتعلقة بالاستخدام والتطبيق بالإضافة إلى مشاكل الانتظامية التي تواجه تقنية BPL.

5-5-2- تحديات التطبيق والاستخدام

طبيعة شبكات القدرة : إن أهم التحديات المتعلقة بتطبيق تقنية BPL تنشأ من حقيقة كون خطوط نقل القدرة هي أساساً كانت مصممة بهدف نقل الطاقة الكهربائية (أي مصممة لكي تقوم بنقل الجهد المتناوب بترددات منخفضة 50 – 60 هرتز وذلك بدءاً من المصادر قليلة العدد أي محطات التوليد إلى عدد كبير من المستثمرين). لم تكن خطوط نقل القدرة مصممة أو معدلة أبداً لنقل إشارات الاتصالات. على الرغم من ذلك فإن فكرة استخدام خطوط نقل القدرة والاستفادة منها للاتصالات ليست بفكرة جديدة، فإن التطبيق الأول لها بهدف نقل البيانات كان بهدف المراقبة ولتطبيقات قراءة قيم العدادات وذلك بمعدل بيانات قليلة وبسيطة (عدة كيلو بتات بالثانية) وباستخدام ترددات منخفضة (فقط لعدة مئات من الكيلو هرتز).

المشكلة الأساسية المتعلقة بطبيعة شبكات القدرة هي الطبيعة القاسية وغير المتوقعة لخصائص خطوط النقل بالإضافة إلى كونها متغيرة بتغير الزمان والمكان بالإضافة إلى احتمال التشويش وتداخل الإشارات في كلا الاتجاهين. بسبب كون خطوط نقل القدرة غير مجدولة وغير مغلفنة (غير مغلفة بشبكة نحاسية فوق الطبقة العازلة للكابلات) فهي عرضة لتوليد حقل مغناطيسي خارجي بحيث يمكن استقبال الإشارات الممررة عبر هذه الكابلات عن طريق مستقبلات الراديو المركبة بجوار هذه الكابلات. ولذات السبب (كونها غير مجدولة وغير مغلفنة) فإن كابلات نقل القدرة الكهربائية ممكن أن

يؤثر عليها إشارات الراديو المحيطة بها. وبذلك فإن مشاكل التداخل والتشويش من بالإضافة إلى كونها تحدياً في التطبيق فهي ممكن أن تتحول إلى مشاكل حقيقية في الانتظامية[1، 7،11].

في الحقيقة هذه التحديات تتمركز حول موضوع حساسية البيانات. إن عملية تشفير البيانات هي مطلب أساسي للحفاظ على خصوصية البيانات الحساسة وحجبها على المتنصتين وعلى المستخدمين غير الشرعيين.

إن حقيقة كون خطوط نقل القدرة هي وسيط مشترك (أي أن كافة المشتركين هم بالنهاية موصولين لنفس كبل الكهرباء الأساسي) وبسبب كون تقنية BPL معتمدة على مبدأ التوصيل المباشر يخلق المزيد من التحديات لهذه التقنية. بسبب كون جميع المشتركين يتشاركون على كامل الحزمة وعلى نفس قناة الاتصال فإن نسبة الحزمة المخصصة لكل مستخدم سيتناقص بتزايد عدد المشتركين. في الولايات المتحدة غالباً ما يتشارك 50 منزلاً لكل محطة تحويل وبذلك فإن حزمة 50 Mbps ستمنح حزمة بعرض 1 Mbps لكل مستخدم وهي تقابل السرعة الممكن الحصول عليها باستخدام خدمة DSL أو خدمة الكابل. ولكن تقنية BPL هي غالباً تعاني من مشكلة محدودية المسافة كما هو الحال بتقنية DSL، وبذلك فإن معدل نقل البيانات وسرعة النقل التي سيحصل عليها المشترك النهائي تعتمد بشكل أساسي على المسافة مابين موقع المستثمر النهائي ومحطة التحويل (تنخفض السرعة بازدياد المسافة).

التطويرات والتحسينات على الأداء : إن عمليات الملاءمة والتعديل التي تجرى على شبكة نقل القدرة ممكن أن تلعب دوراً كبيراً في تحسين الأداء وذلك بالتقليل قدر الإمكان من عدم توافق الممانعات، إنهاء الوصلات بشكل جيد، ترشيح الضجيج.... الخ. إلا أن هذه الإجراءات ممكن أن تلعب دوراً سلبياً في مزايا الشبكة الكهربائية وإضعاف خصائصها. لذلك فإن الطريقة المثلى هي استخدام خطط وأشكال تعديل وتشفير بحيث تكون أكثر فاعلية وأكثر ملائمة للعمل في البيئة القاسية لخطوط نقل القدرة. في الوقت الحالي فإن معظم تجهيزات الـ BPL تعتمد على تقنية OFDM والتي تتميز بفاعليتها وأدائها المميز غير المتأثر بتشويه القناة الناتج عن الضجيج المحتمل كما تتميز بالسعر المناسب وقابليتها لتجنب العديد من الحزم.

تعتمد المودمات المستخدمة في أنظمة BPL على الربط بالطريقة المحورية أو النجمية (Bus or Star topology) وهذا يتطلب استخدام أنواع محددة من MAC لتوفير المشاركة والمحاصصة على عرض الحزمة أثناء الاتصال عبر خطوط القدرة. كما يجب استخدام بروتوكول (CSMA/CA) لضمان الحصول على QoS وذلك للتطبيقات التي تتطلب ذلك مثل تطبيقات تقطيع وإرسال ملفات الفيديو (Video Streaming). إن بروتوكول (IEEE 802.11) المستخدم على طبقة الـ MAC والمنتشر بكثرة في الشبكات اللاسلكية يمكن تطبيقها أيضاً في خطوط نقل القدرة[1]،7،11].

السعة والمردود الطيفي: إن عرض الحزمة تعتمد على العديد من العوامل فعلى سبيل المثال للحصول على مردود سرعة نقل بيانات من مرتبة عدة مئات Mbps وللحصول على مردود طيفي ضمن المجال (1 – 20 bps / Hz) فإنه يتوجب استخدام تردد بحدود (2 – 100 MHz) على خطوط نقل القدرة وطاقة حقن ضمن المجال (1 – 30 dB/m) علماً أن قيم الأحمال الشبكة والشروط المحيطة بخطوط

النقل تلعب أيضاً دوراً كبيراً في تحديد قيم المردود هذه. إن الدراسات النظرية والتجارب العملية قد بينت أن قيم المردود وسرعة نقل البيانات تزداد في حال استخدام الترددات الأعلى للنقل (في حال استخدام ترددات من مرتبة UHF) وأيضاً عند استخدام استطاعات اكبر عند حقن الإشارة. إلا أن هذا الشيء غير ممكن تطبيقه في الولايات المتحدة وذلك بسبب حقيقة أن معظم حزم الترددات ضمن المجال VHF،UHF هي أساساً محجوزة ولا يوجد فيها أية حزم شاغرة.

إن النظام المقدم في الولايات المتحدة من قبل شركة Corridor Systems،Inc. يستخدم خطوط التوتر المتوسط باستخدام ترددات من مرتبة VHF باستخدام الأمواج الميكروية وذلك لتوسيع مدى شبكات الخليوي. في هذه الطريقة يتم التقاط إشارة الخليوي باستخدام تجهيزات Corridor ومن ثم تحويلها إلى صيغة ملائمة من صيغ BPL لكي يتم حقنها إلى خطوط التوتر المتوسط. يتم لاحقاً إعادة تحويل هذه الإشارات إلى صيغها الأصلية بحيث يتم بثها عن طريق هوائيات محلية كلما تتطلب الأمر ذلك.

وبذلك فإن خطوط التوتر المتوسط تكون قد لعبت دوراً كبيراً في نقل إشارات شبكة الخليوي إلى المناطق ذات التغطية الضعيفة أو إلى المناطق التي تتطلب تكلفة وجهود عالية لتأمين التغطية فيها

6- خلاصة

بالرغم من قناعة معظم الناس بأهمية خدمات الحزمة العريضة والأثر الاقتصاد والاجتماعي لتطبيقها بالشكل الأمثل فإنه بالوقت الحالي يحظى فقط 4% من سكان العالم بهذه الخدمات بمختلف أنواعها وغالباً عن طريق DSL أو عن طريقة خدمة Cable. إن BPL تقدم تقنية بديلة جديدة وفعالة لتوفير خدمة الإنترنت السريع وخدمة VoIP بالإضافة للعديد من خدمات الحزمة العريضة بحيث توصلها للمنازل والمكاتب والشركات وذلك عن طريق استخدام خطوط التوتر المتوسط والمنخفض. في الحقيقة إن حوالي 60% من سكان العالم يحظون بخدمة الكهرباء أي أنهم متصلون بخطوط نقل القدرة لذلك فإن تقنية BPL يمكن أن تلعب دوراً هاماً لسد الفجوة الرقمية. إلا أن نجاح تقنية BPL– مثلها مثل أي تقنية جديدة – تعتمد على النتائج النظرية القوية والتجارب والأبحاث الناجحة بل وتعتمد أكثر من ذلك على النماذج التجارية وخطط التطبيق والتسويق الممكن توفيرها.

يتوقع مزودو خدمة BPL مجالات واسعة من التطبيقات الممكن تقديمها للمشتركين مثل توفير خدمة الفيديو والصوت ذات الدقة العالية وبعدة أقنية وخدمة VoIP بالإضافة إلى خدمات الألعاب على الإنترنتon-line gaming حيث ستتسبب هذه الخدمات بزيادة الطلب على عرض الحزمة وبالتالي الحاجة لحزم إضافية وأوسع.

من أجل تزويد مشترك واحد بحزمة بعرض 1Mbps فإن ذلك سيتطلب أن تعمل أنظمة BPL على خطوط التوتر المتوسط بسرعة 100 Mbps أو أكثر وذلك في المستقبل القريب. وهناك العديد من التعليقات والاستجابات التي تبين بأن تقنية BPL هي شبه مستعدة وجاهزة لهذا النمو.

لقد اقترح العديد من مزودي وبائعي خدمة BPL استخدام ترددات لغاية 50 MHz. هناك مزود واحد على الأقل قام باستخدام المجال (4 MHz ~ 130 MHz) بينما بقية الترددات المستثناة هي مستخدمة بشكل فعال من قبل بعض الخدمات الخاصة المرخصة.

أحد الحلول المقترحة كمحاولة للتقليل من التداخل والتشويش مع الخدمات المرخصة هو العمل على اخماد notch or attenuate إشارة BPL في الحزم الترددية التي تتواجد فيها الخدمات المرخصة. من المتوقع أن تكون أنظمة BPL قادرة على اتمام هذه العملية بشكل اوتوماتيكي بدون الحاجة للتدخل من قبل مستثمر أو مشغل النظام.

من أجل تطبيق هذا الحل بالتزامن مع توسيع عرض الحزمة المفيدة فإنه يجب على أنظمة BPL ان تستخدم تعديل modulation حديث قادر على دعم قنوات وحوامل فرعية sub- carriersأكثر وبحيث تكون متباعدة بشكل ناعم.

بسبب النمو المتزايد في الطلب على عرض الحزمة ومعدل نقل البيانات فإن ذلك سيتطلب أن تعمل أنظمة BPL على مستويات أعلى لطاقات الإرسال ولكن ليس بالضرورة بكثافة طاقة أعلى من تلك المستخدمة في الوقت الحالي. يمكن أن يلجأ بائعي تقنية BPL لتوظيف تقنيات محددة لضبط مستوى الطاقة بشكل ديناميكي بحيث تحافظ على مستوى ثابت من (الإشارة/الضجيج Signal-to-Noise Ratio SNR) على كامل طيف الـ BPL وذلك مع المحافظة على نسبة الانبعاثات والاشعاعات للحدود المسموح بها في Part 15. لقد قام احد المصنعين بعرض هكذا حل يقوم بضبط كمية الطاقة المرسلة للحفاظ على نسبة ثابتة من SNR على طول طيف الـ BPL مع الاخذ بعين الاعتبار القيود الورادة في قوانين القسم Part 15. إن التحدي الكبير سيكون تطوير الية التحكم القادرة على تكبير الطاقة المرسلة مع المحافظة على كمية الاشعاعات المنبعثة بالتوافق مع التغير السريع في التردد.

لقد قامت شركة Nortel بتطوير مرشح قادر على حجب إشارات BPL وتمرير القدرة الكهربائية ذات التردد المتوسط. إن الاستخدام المثالي لهذا المرشح سيجعل من الممكن تقسيم شبكات BPL إلى خلايا بالشكل الأمثل وبتداخل وتشويش أصغري للأقنية الفرعية مع الخلايا المجاورة. إن هذا الشيء سيجعل من الممكن إعادة استخدام ترددات أعلى من الترددات المستخدمة في الوقت الحالي.

تقنية أخرى من تقنيات BPL تقوم باستخدام الحزم الترددية (2.4 GHz،5.8 GHz) غير المرخصة،

على اي حال نظراً للأهمية الفائقة لتوفير الحزمة العريضة ، فإنه يمكن اعتبار أن تقنية BPL يمكن أن تلعب دوراً كبيراً لما ممكن أن تقدمه وذلك من خلال:

السعر المعقول: أن هذه التقنية لا تتطلب أية توصيلات جديدة أو إنشاء بنى تحتية جديدة، ولذلك فيه تخلق حلا بديلاً للحزمة العريضة بحيث تقدم خدمة الحزمة العريضة للمستخدم بأسعار منخفضة.

العمومية: يمكن لهذه التقنية أن تخدّم المناطق الريفية من سورية وتسريع توصيل المناطق ذات الدخل المحدود لخدمات الحزمة العريضة، وبذلك فهي سوف تساعد لسد الفجوة الرقمية الأنفة الذكر.

بناءً على ما سبق، فإن خطوط نقل القدرة الكهربائية يمكن أن تلعب دورا مضاعفا بحيث تقوم بنقل الطاقة الكهربائية وتوفير خدمة الحزمة العريضة. وبذلك فإن تقنية BPL يمكن أن تعد بتوفير خدمات الهاتف وخدمات الحزمة العريضة لكل من يصل إليه شبكة الكهرباء في سورية

تدريجياً مع تلاشي مشاكل الانتظامية ومشاكل التشويش والتداخل المتعلقة بتقنية BPL، ومع النجاح في التجارب الحقلية العديدة والتقدم في التطبيقات التجارية الناجحة بالإضافة إلى نشر واعتماد العديد من المقاييس ومع نمو امكانية توفير تجهيزات قياسية موثوقة ومعتمدة وذات أسعار معقولة فإن كل ذلك سيمهد الطريق للانتشار والنجاح لهذه التقنية الجديدة.

باختصار، يمكن القول بأن مستقبلاً مشرقاً وواعداً ينتظر تقنية BPL.

7- توصيات

تحتاج مثل هذه التقنية وحتى يتم نقلها وتوطينها الى قرار يوجه السلطة التنفيذية بتبني استراتيجية مشتركة بين وزارة الاتصالات والكهرباء ليتم تنظيمها بالشكل الذي يمثل الاستفادة العظمى لكلا القطاعين ويجب الاستفادة من التوصيات العالمية للتجارب الناجحة والرائدة

على كل من المؤسستين المطلعتين بنقل وتوطين هذه التقنية مراعات المقاييس التالية والاخذ بعين الاعتبار :

الحزم المستثناة (المحظورة): تمثل حزم محددة من الترددات بحيث يمنع استخدام وتشغيل BPL عليها. اذاعات الراديو والتلفزة المحلية في سورية

المناطق المستثناة (المحظورة): تمثل مناطق جغرافية محددة بحيث يمنع استخدام وتشغيل BPL فيها.(مطار القامشلي في مثالنا العملي) على سبيل المثال

الاستشارة: يجب إجراء استشارات بين الجهات المشغلة لـ BPLوالجهات الأخرى المعنية والمرخصة بالسلامة العامة وذلك بغرض تجنب التداخلات الضارة(الجهات المتخصصة التي تستخدم ترددات عسكرية)

ترخيص التجهيزات: بسبب كون BPL تقنية جديدة فقد طالبت FCC بترخيص كافة التجهيزات المتعلقة بهذه التقنية. حيث أنه يقصد بالترخيص الحصول على موافقة للجهاز المستخدم من قبل FCC أو الجهات الممثلة من قبلها والتي تعتبر من إحدى إجراءات القبول للشركة المصنعة. إن القوانين المبينة في R&O تطالب بأن تكون تجهيزات BPL المصنعة والموردة والمسوقة أو المركبة بعد مضي 18 شهراً من تاريخ التسجيل الفيدرالي لمنشورات R&O (أي بعد تاريخ 2006/7/7) متوافقة بالكامل مع المتطلبات الجديدة من الفقرة الفرعية G من القسم 15 الخاص بأجهزة BPL بما في ذلك ترخيص التجهيزات.

إن الـ FCC هي هيئة فدرالية امريكية تراعي ظروف قد لا تشابه ظروف سورية من حيث الضغط على حجوزات الحزم الترددية ، لذا يمكن الاستفادة من توصياتها ولكن يبقى التقدير التقني والاقتصادي للمؤسسة العامة للاتصالات الا ان المقاييس التالية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في كل الاحوال :

قاعدة المعطيات: يجب إنشاء قواعد معطيات متاحة للعموم من قبل جهة راعية صناعية على أن تكون هذه الجهة معروفة من قبل وزارة الاتصالات ومن قبل وزارة الكهرباء. قواعد المعطيات هذه يجب أن تتضمن معلومات عن أنظمة BPL الحالية ومعلومات عن الأنظمة قيد التصنيع والتطبيق. كل قاعدة معطيات يجب أن تكون جاهزة في متناول اليد قبل 30 يوماً من البدء في تطبيق خدمة أي نظام ويجب أن تتضمن ما يلي:

- اسم الشركة المزودة لخدمة BPL.
- تردد التشغيل لنظام BPL.
- العناوين الجغرافية والبريدية (Postal ZIP codes) المخدّمة من قبل خدمة BPL هذه.
- اسم الشركة الصانعة لتجهيزات BPL المستخدمة والرقم التعريفي لها لدى FCC.
- المعلومات التفصيلية للشخص المحدد من قبل الشركة المشغلة لـ BPL والذي سيكون مسؤولاً عن حل المشاكل للاعتراضات المتعلقة بالتداخل والتشويش.
- التاريخ المتوقع لتشغيل BPL ووضعها بالخدمة.

منع التداخلات والتشويش والتقليل من آثارها: يتوجب على أنظمة BPL أن تراعي وتطبق توصيات NTIA/ وزارة الاتصالات وذلك للتخفيف من آثار التشويش والتداخل ولمنعها.

منع التداخلات والتشويش بين الـ BPL و XDSL :

النتائج المستخلصة من الدراسة[15] بينت انه في المنطقة ذات المجال الترددي MHz يكون التداخل المسيطر (السائد) هو التدخل الناتج عن الحقل المغناطيسي المشع والذي ينتج بدوره عن التيارات (common mode current) تيارات النمط السائد حيث تبدا هذه التيارات بالتأثير الملحوظ عند 2MHz وتصل لأكبر تأثير عند تردد الاشباع ما يقارب 15 MHz
هذا التأثير يرتبط بطول الناقل وقطره وممانعة التحميل وموقع كل من المرسل والمستقبل كما ان القياسات بينت انه يمكن تقليل تأثير الـBPL على الـ DSL باستخدام مرشحات التيار النمطي ، تجاريا تسمى هذه المرشحات بخانقات النمط السائد
Common mode choke والتي تقلل بشكل ملحوظ التداخلات المذكورة اضافة الى BPL /PSD حيث يمكن ان تلغى معا حتى -50 dB/MHz
PSD*تقنية تعتمد على جعل التوافقيات الناتجة عن الموجات لكلا الناقلين تفني بعضها البعض وذلك بمعايرة تعتمد على ازاحة الطور

حدود التطبيق: أنظمة BPL العاملة ضمن المجال الترددي (1.705 – 30 MHz) عبر خطوط التوتر المتوسط يجب أن تتوافق مع حدود الإشعاع للمشعات الدولية والواردة في الفقرة 15.209. بينما الأنظمة العاملة ضمن المجال الترددي (30 – 80 MHz) عبر خطوط التوتر المتوسط يجب أن تتوافق مع حدود الإشعاع للمشعات الدولية الواردة في الفقرة FCC(15.109 b). والأنظمة العاملة عبر خطوط التوتر المتوسط يجب أن تتوافق مع الحدود الواردة في الفقرة (15.109 a،e) FCC. وقد تم تلخيص حدود إصدار الإشعاعات لتجهيزات BPL في الجدول 7-1.
كما قررت FCC إزالة حدود الإشعاع والاختبار التي تم التوصل اليها إليها وذلك بسبب الخطر وعدم التلاؤم مع القياسات المتعلقة بإشعاعات خطوط نقل القدرة

نوع خط نقل القدرة	التردد (MHz)	حدود قوة الحقل (µv/m)	مسافة القياس (م)
توتر متوسط أو منخفض	1.705 – 30	30	30
توتر منخفض	30 – 80	100	3
توتر متوسط	30 – 80	90	10

الجدول 7-1 حدود اصدار الإشعاعات

إجراءات القياس وبعض النصائح والتعليمات: يتطلبFCC أن يتم قياس الإشعاعات الصادرة عن أنظمة BPL بنفس الطريقة بحيث تبقى متوافقة مع القوانين الجديدة الواردة في القسم 15. يتم إجراء القياسات على الأقل في ثلاثة نقاط هوائية وثلاثة نقاط تحت الأرض وحسب التعليمات الواردة في الملحق C في NPRM. من أجل قياس شدة الإشعاع الناجم عن خطوط القدرة الهوائية المحمل عليها BPL يجب الأخذ بعين الاعتبار طول الخط، يجب على هوائي القياس أن يوضع تحت خط القدرة وبشكل موازي له بدءاً من نقطة تواجد جهاز حقن إشارة الـ BPL، بحيث يتم اختبار وقياس الشدة العظمى للإشعاع لكل تردد ضمن مجال تردد الـ BPL، إن المسافة ما بين هوائي القياس إلى خط نقل القدرة يسمى المجال أو المسافة المائلة

إن الفضاء المحيط بالمشع يقسم عادةً إلى ثلاث مناطق: المنطقة التفاعلية القريبة، المنطقة المشعة القريبة، والمنطقة البعيدة، ويتم تحديد هذه المناطق كمايلي:

- المنطقة القريبة التفاعلية: $r < 0.62 (D^3/\lambda)^{1/2}$
- المنطقة القريبة المشعة: $0.62 (D^3/\lambda)^{1/2} < r < 2*(D^2/\lambda)$
- المنطقة البعيدة: $r > 2*(D^2/\lambda)$ (في مثالنا العملي يجب ان تحقق المسافة بين المطار وحي المطار هذه المعادلة)

حيث أن r هي المسافة عن المشع، D هي الطول الخطي الأعظمي للمشع، λ هي طول الموجة. في أنظمة BPL فإن المستقبل الضحية هو المستقبل الواقع في المنطقة القريبة من الإشعاع، كما أن المناطق البعيدة هي أيضاً هامة بسبب الموجات الهوائية وعلى المسافات المرئية من قبل مستقبلات الطائرات.(المشع يقصد به كابل نقل القدرة المحقون بإشارة الـBPL)

لقد قامت ادارة المعلومات والاتصالات الوطنيةNTIA بوضع بعض التوصيات واقترحت بعض التقنيات اللازمة للتخفيف من أثر التشويش والتداخل تضمنت ما يلي:

- التسجيل الإلزامي لبعض المعاملات لأنظمة BPL المستخدمة أو قيد التطبيق.
- ينبغي ان تكون تجهيزات BPL ذات ترددات رشيقة (أي أن تملك خصائص الاقتطاع والإعادة) وأن تملك ميزات تخفيض الاستطاعة والإطفاء عن بعد بحيث تمكنها من إزالة أي تشويش أو تداخل في حال الحصول على تقرير بذلك.

- استخدام استطاعة منخفضة قدر الإمكان.
- تجنب استخدام الترددات المستخدمة محلياً للراديو.

- استخدام الطرق المتناسقة والمنتظمة والتفاضلية في حقن الإشارة لتخفيض الإشعاعات. وهنا يقصد بالتناسق والانتظام أن تكون قيمة الممانعة بين أي خط توتر (أي كبل نقل قدرة) والأرض مشابه لقيم الممانعة بين خط توتر آخر والأرض. إن الخطوط المتوازنة ضرورية من أجل طرق النقل التفاضلية، حيث يكون التيار متساوياً من حيث المطال والتدفق في الاتجاهات المعاكسة على الخطوط. وبذلك فإن الحقول التحريضية الناشئة عن هذه الخطوط ستلغي بعضها الآخر

حيث أن قيمة المسافة r كما هو مبين في التعليمات الواردة أعلاه قد تتطابق في بعض المناطق غير الآمنة (في منتصف الاتسترادات مثلاً) فإن التعليمات تحدد أيضاً طريقة استقراء قيم معامل تصحيح المسافة وذلك اعتماداً على القياسات العملية التي اجريت على المسافة بغض النظر عن القيم النظرية. فمن أجل الترددات ما دون 30 MHz تكون القيم المقاسة أصغر بمقدار 40 log(10) (30/r) بينما للترددات فوق 30 MHz فإن القيم المقاسة تكون أصغر بمقدار 20 log(10) (r/10). تحدد التعليمات أيضاً نوع الهوائيات المستخدمة للقياس (حلقية أو خطية) ونوع الكواشف (ذروة، شبه ذروة، RMS).

من الجدير ذكره بأن FCC قد قامت بتحديد احتمالات التداخل والتشويش لأنظمة BPL. وهذا هو السبب الذي جعل FCC تعتبر أنه لا يمكن لتجهيزات BPL أن تسبب تداخلات ضارة وأنه يجب على هذه التجهيزات أن لا تتأثر بأي تشويش قد يطرأ عليها وذلك رغم كون هذه التجهيزات خاضعة للفقرة الجزئية G من القسم 15 من قوانين التجهيزات غير المرخصة. علاوة على ذلك فإن أي تشويش أو تداخل ناجم عن BPL يجب أن يتم تصحيحه وتلافيه من قبل مشغل خدمة BPL فوراً دون أن يسبب ذلك انقطاعاً أو توقفاً لخدمة الحزمة العريضة على المشتركين.

في 2006/11/3 قررت FCC القيام بتصنيف خدمات الإنترنت المقدمة من قبل BPL كإحدى خدمات المعلوماتية، وبفضل ذلك أصبحت خدمة BPLمعفاة من قبل معظم القوانين والضرائب والرسوم.

نهاية البحث

8- المراجع

REFERENCES

[1] S. RasoulSafavian، PhD، "BPL" Associates report، published February © 2007 Bechtel Corporation
(http://www.Bechtel.com

[2] Information about and images of the Earth
in a website by The Ozone Hole، Inc.
(http://www.solcomhouse.com/earth.html).

[3] C. Howson، "Technology Outlook for
Broadband & Mobile Networks،" BROADWAN
Workshop، Cuenca، Spain، November 2005
(http://www.telenor.no/

[4] T.L. Friedman، "The Lexus and The Olive Tree:
Understanding Globalization،" Farrar، Straus
and Giroux، 2000.
[5] "Promoting Innovation and Competitiveness –
President Bush's Technology Agenda"
http://www.whitehouse.gov
[6] United Power Line Council (UPLC) BPL
Deployments Map (http://www.uplc.utc.org/)

[7] The FCC's Report and Order on BPL defines

[8] "Broadband Power line Communications Network Design." Hrasnica،Haidine، and Lehnert.Wiley. 2004.

[9] IEEE BPL Study Group and Working Group
meeting information re Standardization
of Broadband Over Power Line Technologies
(http://grouper.ieee.org

[10] Courtesy of Jean Armstrong، Dept. of Electrical & Computer Systems Engineering،Monash University

[11]National Communications System
TECHNICAL INFORMATION BULLETIN 07-1
January 2007- Broadband over Power Lines
Communication Technologies، Inc.

http://www.comtechnologies.com

[12] "Interference Characteristics of Broadband Power Line Communication Systems Using Aerial Medium Voltage Wires." Paul S. Henry. IEEE Communications Magazine. April 2005.

[13] P.S. Henry، "Interference Characteristics of Broadband Power Line Communication Systems Using Aerial Medium Voltage Wires،" *IEEE Communications Magazine*، Vol. 43، No. 4، April 2005، pp. 92–98.

[14] L.S. Cohen، J.W. de Graaf، A. Light، and F. Sabath، "The Measurement of Broadband over Power Line Emissions،" *Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC 2005)*، Chicago

[15]Case Study on BPL and XDSL/MussaBshara
Department of Fundamental Electricity and Instrumentation
VrijeUniversiteitBrussel، Brussels، Belgium
Leo Van Biesen
Department of Fundamental Electricity and Instrumentation
VrijeUniversiteitBrussel، Brussels، Belgium

[16] NTIA Phase study 1- 2

[17] Protection of 'sensitive' receiving sites."BBC. October 1999.

[18]]National Communications System
TECHNICAL INFORMATION BULLETIN

[19]April – American privet radio studies
[20]http://www.moct.gov.sy

[21]Moect report 2010 تقرير المؤسسة العامة للاتصالات

[22]2010 تقرير الهيئة الاردنية للاتصالات

[23]*www.moe.gov.sy/*موقع وزارة الكهرباء السورية

[24] Amendment of Part 15 Regarding New Requirements and Measurement Guidelines For Access Broadband Over Power Line Systems Carrier Current Systems، Including Broadband Over Power Line Systems."Federal Communications Commission. Power Lines for Broadband Communications،"