**Lời dẫn**

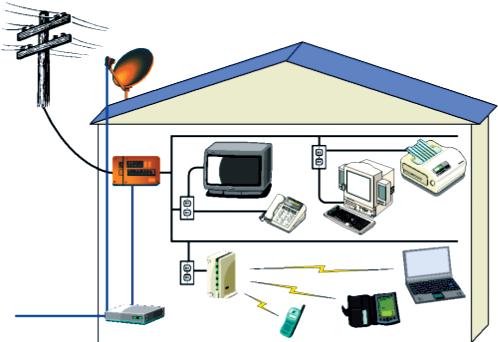
Công nghệ truyền thông tin trên đường dây điện lực PLC (Power Line Communication) mở ra hướng phát triển mới trong lĩnh vực thông tin. Với việc sử dụng các đường dây truyền tải điện để truyền dữ liệu, công nghệ PLC cho phép kết hợp các dịch vụ truyền tin và năng lượng. Trước đây, những thành tựu của khoa học kỹ thuật từ những năm 50 của thế kỷ 20 đã cho phép sử dụng đường dây điện lực để truyền các tín hiệu đo lường, giám sát, điều khiển. Cùng với tốc độ phát triển nhanh chóng của các công nghệ khác trong lĩnh vực viễn thông và công nghệ thông tin, hiện nay công nghệ PLC đã cho phép cung cấp dịch vụ truyền tải điện kết hợp với truyền dữ liệu trực tiếp tới người sử dụng .



Giới thiệu

Công nghệ truyền thông tin trên đường dây điện lực PLC (Power Line Communication) mở ra hướng phát triển mới trong lĩnh vực thông tin. Với việc sử dụng các đường dây truyền tải điện để truyền dữ liệu, công nghệ PLC cho phép kết hợp các dịch vụ truyền tin và năng lượng. Trước đây, những thành tựu của khoa học kỹ thuật từ những năm 50 của thế kỷ 20 đã cho phép sử dụng đường dây điện lực để truyền các tín hiệu đo lường, giám sát, điều khiển. Cùng với tốc độ phát triển nhanh chóng của các công nghệ khác trong lĩnh vực viễn thông và công nghệ thông tin, hiện nay công nghệ PLC đã cho phép cung cấp dịch vụ truyền tải điện kết hợp với truyền dữ liệu trực tiếp tới người sử dụng.

Công nghệ truyền thông PLC sử dụng mạng lưới đường dây cung cấp điện năng cho mục đích truyền tải thông tin nhằm tiết kiệm chi phí đầu tư. Để có thể truyền thông tin qua phương tiện truyền dẫn là đường dây dẫn điện, cần phải có các thiết bị đầu cuối là PLC modem, các modem này có chức năng biến đổi tín hiệu từ các thiết bị viễn thông truyền thống như máy tính, điện thoại sang một định dạng phù hợp để truyền qua đường dây dẫn điện. Hiện nay, công nghệ PLC được sử dụng cho các ứng dụng thương mại trong nhà như hệ thống giám sát, cảnh báo, tự động hoá...Các ứng dụng truyền tin dựa trên PLC hiện đang còn rất nhiều tiềm năng cần được tiếp tục khai phá.



Các hệ thống truyền thông trên dường dây điện lực

II.1. Hệ thống đo lường, giám sát, điều khiển trên đường dây điện lực:

         Khởi đầu của công nghệ truyền thông tin trên đường dây điện lực là hệ thông hỗ trợ đọc công tơ điện. Sau đó hệ thống này được phát triển bổ xung thêm các chức năng giám sát, cảnh báo và điều khiển.

         Hình 1 miêu tả các thành phần chính của hệ thống đo lường, giám sát, điều khiển trên đường dây điện lực.

Hình 2.1: Các thành phần chính của hệ thống đo lường, giám sát, điều khiển trên đường dây điện lực

Hệ thống này bao gồm các khối chức năng như sau:

- MFN (Multi Function Node) : nút đa chức năng được đặt tại mỗi hộ dân, nút này có thể tích hợp hay tách biệt với công tơ điện.

Ví dụ:  MFN đọc số liệu công tơ điện và ghi vào bộ nhớ rồi gửi đến CCN.

- CCN (Concentrator & Communication Node): nút tập trung và truyền thông (thường được đặt tại trạm con) quản lý các MFN trong vùng, ví dụ tập hợp số liệu của các công tơ điện.

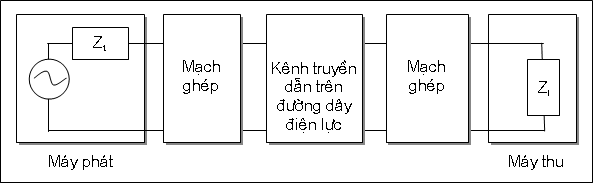
- OMS (Operation & Management System): hệ thống khai thác và quản lý, quản lý một nhóm các CCN. Các số liệu công tơ điện do CCN tập hợp rồi ghi vào OMS để lưu giữ và phân tích.

         Từ chức năng ban đầu là tự động đọc số công tơ, ghi lại và chuyển số liệu về trung tâm , các chức năng giám sát hoạt động, cảnh báo và điều khiển đã được phát triển.

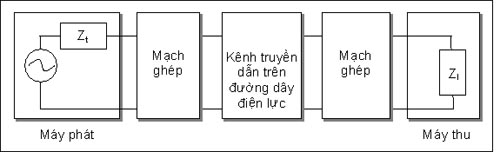
II.2.  Hệ thống truyền thông tin trên đường dây điện lực

         Mạng đường dây điện hạ thế có thể sử dụng như một hệ thống truyền thông. Mạng gồm nhiều kênh, mỗi kênh là một đường truyền vật lý nối giữa trạm con và một hộ dân, có các đặc tính và chất lượng kênh truyền khác nhau và thay đổi theo thời gian. Tín hiệu được truyền trên sóng điện xoay chiều 50 Hz sau đó có thể được trích ra bởi một connector kết nối vào đường dây.

         Mô hình hệ thống truyền thông số (digital) sử dụng đường dây điện lực được thể hiện trong hình 2.



*Hình 2. Mô hình hệ thống truyền thông tin số trên đường dây điện lực*



Hình 2: Mô hình hệ thống truyền thông tin số trên đường dây điện lực

         Trong mô hình này các tham số quan trọng của hệ thống là trở kháng đầu ra của máy phát Zt và trở kháng đầu vào của máy thu Zl.  Đường dây điện lực giống như một anten phát/thu làm cản trở quá trình phát/thu tin.

         Mạch ghép được sử dụng với hai mục đích, thứ nhất nó chặn các tín hiệu xoay chiều 50 Hz gây hại, thứ hai nó xác nhận thành phần chính của tín hiệu phát/thu nằm trong băng tần được cấp phát cho truyền thông. Điều này giúp làm tăng dải động của máy thu và đảm bảo máy phát không đưa nhiễu lên kênh

Hệ thống đo lường, giám sát, điều khiển trên đường dây điện lực

Khởi đầu của công nghệ truyền thông tin trên đường dây điện lực là hệ thống hỗ trợ đọc công tơ điện. Sau đó hệ thống này được phát triển bổ sung thêm các chức năng giám sát, cảnh báo và điều khiển. Từ chức năng ban đầu là tự động đọc số công tơ, ghi lại và chuyển số liệu về trung tâm, các chức năng giám sát hoạt động, cảnh báo và điều khiển đã được phát triển.

|  |
| --- |
| http://www.pc3.com.vn/tintuc/filehtmls/truyenthongtrendz1.jpg |

Ở Việt Nam hiện nay, người sử dụng internet gia đình có thể kết nối thông qua đường dây điện thoại (tốc độ chậm 56Kbps) hoặc qua ADSL (chi phí tuy có giảm nhưng vẫn ở mức cao). Vì thế PLC sẽ có thể là 1 lựa chọn tốt vì những ưu điểm sau:

·  Cung cấp khả năng kết nối tới mạng truy nhập, đây là một tính năng rất hấp dẫn của PLC.

·  Cung cấp tốc độ truy cập dữ liệu cao (10 - 45Mbps) trong dải tần (1,7 - 30Mhz).

Tuy nhiên đứng về mặt đường truyền thì đường dây điện không phải được thiết kế để truyền tải thông tin vì vậy kỹ thuật PLC ra đời chính là để giải quyết vấn đề này.

Hiện nay PLC chia làm hai lớp chính PLIC và PLOC

PLIC (Powerline Indoor Telecoms)

Đây chính là công nghệ PLC để sử dụng trong nhà, tức là chúng ta có thể sử dụng mạng điện lưới trong nhà để thiết lập một mạng trao đổi thông tin giữa các thiết bị dùng trong nhà với nhau.

PLOC (Powerline Ourdoor Telecoms)

Đây là kỹ thuật PLC sử dụng để trao đổi thông tin giữa các trạm điện với nhau và với mạng gia đình. BPL chính là ứng dụng của PLOC có khả năng cung cấp cho người sử dụng khả năng truy cập Internet băng rộng với tốc độ vượt trội so với ADSL (40Mbps).

Hệ thống truyền thông tin trên đường dây điện lực

|  |
| --- |
| http://www.pc3.com.vn/tintuc/filehtmls/truyenthongtrendz2.jpg |

Mạng đường dây điện hạ thế có thể sử dụng như một hệ thống truyền thông. Mạng gồm nhiều kênh, mỗi kênh là một đường truyền vật lý nối giữa trạm con và một hộ dân, có các đặc tính và chất lượng kênh truyền khác nhau và thay đổi theo thời gian. Tín hiệu được truyền trên sóng điện xoay chiều 50 Hz sau đó có thể được trích ra bởi một connector kết nối vào đường dây.

Phân chia tần số

|  |
| --- |
| http://www.pc3.com.vn/tintuc/filehtmls/truyenthongtrendz3.jpg |

Theo tiêu chuẩn của châu Âu năm 1991 (EN 50065-1 standard) xác định chuẩn tín hiệu trên đường hạ thế nằm trong khoảng từ 3Khz tới 148,5Khz (băng tần không cần đăng ký). Trong băng tần này được chia thành 5 băng con. Trong đó, hai băng đầu 3 - 9 và 9 - 95Khz là dành cho nhà cung cấp điện lực và ba băng còn lại dành cho khách hàng. Băng A, sóng mang có thể từ 9Khz tới 95Khz dùng cho việc trao đổi thông tin giữa khách hàng và nhà cung cấp. Băng C được dùng cho khách hàng sử dụng các giao thức truy nhập, băng B cũng được dùng cho khách hàng tuy nhiên không có giao thức truy nhập nên có thể coi băng này là băng thông tin tự do. Các hệ thống PLC hoạt động ở dải tần đến 30MHz được xem xét như là hệ thống PLC băng rộng.

Kỹ thuật điều chế và mã hoá kênh

Với kỹ thuật PLC, vấn đề ta quan tâm là làm thế nào có thể truyền dữ liệu trong môi trường nhiễu cao, trong khi mức tín hiệu nhỏ và với tần số dòng xoay chiều là 50 hoặc 60 Hz. Các kỹ thuật điều chế và mã hoá khuyến nghị sử dụng trong PLC: OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Ghép kênh phân chia theo tần số trực giao, SS - FFH ( Spread Spectrum - Fast Frequency Hopping) Trải phổ nhảy tần nhanh, DS - SS (Direct Sequence Spread Spectrum) Trải phổ trực tiếp.

Môi trường truyền thông trên đường dây điện lực tương tự như môi trường truyền thông vô tuyến, đây là một môi trường truyền thông rất khắt khe. Kỹ thuật trải phổ và kỹ thuật ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (OFDM) được sử dụng để tăng dung lượng và tăng số kênh truyền dẫn. Kỹ thuật OFDM truyền các bit dữ liệu trên một tập các tần số, các tần số này trực giao với nhau. OFDM là một kỹ thuật rất tốt để chống nhiễu fading và nhiễu đa đường. Các mã sửa lỗi như mã xoắn và mã Reed - Solomon có thể kết hợp với nhau trong hệ thống để cải thiện chất lượng hệ thống.

Một số ảnh hưởng đến việc truyền thông tin trên đường dây điện lực (đặc tính đường truyền)

Khi truyền tín hiệu trên đường dây điện lực, đường dây giống như một anten lớn nhận các nhiễu và phát xạ tín hiệu. Khi sử dụng cho ứng dụng truyền thông tin, quá trình phát xạ cần được xem xét thận  trọng [3]. Nhiễu và phát xạ từ đường dây trong nhà các hộ dân cư là một vấn đề cần được chú ý khắc phục bởi nếu các đường dây này không được bọc bảo vệ tốt thì sẽ phát xạ mạnh gây ảnh hưởng đáng kể. Một giải pháp khắc phục là sử dụng các bộ lọc chặn tín hiệu truyền thông.

         Mặt khác mọi hệ thống truyền thông luôn cố gắng để đạt được phối hợp trở kháng tốt, nhưng mạng đường dây điện lực chưa thích nghi được với vấn đề này vì trở kháng đầu vào (hay đầu ra) thay đổi theo thời gian đối với tải và vị trí khác nhau, nó có thể thấp cỡ mW hay cao tới hàng nghìn W, và thấp một cách đặc biệt tại các trạm con. Một số trở kháng không phối hợp khác có thể xuất hiện trên đường dây điện lực (ví dụ do các hộp cáp không phối hợp trở kháng với cáp), và vì vậy suy giảm tín hiệu càng lớn hơn.

            SNR là một tham số quan trọng để đánh giá hiệu năng của hệ thống truyền thông:

                        SNR = công suất thu được/công suất nhiễu

         SNR càng cao thì truyền thông càng tốt.

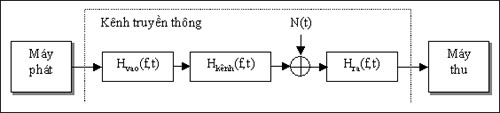
Công suất nhiễu trên đường dây điện lực là tập hợp tất cả các nhiễu loạn khác nhau thâm nhập vào đường dây và vào máy thu. Các tải được kết nối vào mạng như ti vi, máy tính, máy hút bụi… phát nhiễu và truyền bá qua đường dây điện; các hệ thống truyền thông khác cũng có thể đưa thêm nhiễu vào máy thu.

         Khi tín hiệu được truyền từ máy phát đến máy thu, công suất tín hiệu sẽ bị suy hao, nếu suy hao quá lớn thì công suất thu sẽ rất nhỏ và máy thu không tách ra được. Suy hao trên đường dây điện lực rất cao (lên tới 100 dB) làm hạn chế khoảng cách truyền dẫn. Một giải pháp là sử dụng các bộ lặp đặt tại các hộp cáp để tăng chiều dài truyền thông.

         Để cải thiện tỷ số SNR, ta cũng có thể sử dụng các bộ lọc đặt tại mỗi hộ dân, nhưng chi phí cho việc này sẽ rất cao.

         Đường dây điện lực được xem như một môi trường rất nhạy cảm với nhiễu và suy hao, tuy nhiên các tham số này luôn tồn tại và cũng là những vấn đề luôn cần quan tâm trong mọi hệ thống truyền thông đang sử dụng hiện nay.

            Mô hình truyền thông đường dây điện lực với các tham số (trở kháng không phối hợp, suy hao, nhiễu) thay đổi theo thời gian được trình bày trong hình 3. Mọi yếu tố gây suy giảm ngoại trừ nhiễu  được chỉ ra như những bộ lọc tuyến tính thay đổi theo thời gian với đặc trưng là đáp ứng tần số của nó.



Hình 3: Các yếu tố gây suy giảm trên kênh đường dây điện lực

         Hàm truyền đạt và nhiễu được ước tính thông qua các số liệu đo và phân tích lý thuyết. Một vấn đề phức tạp của kênh đường dây điện lực là sự thay đổi theo thời gian của các yếu tố ảnh hưởng. Mức nhiễu và suy hao phụ thuộc cục bộ vào các tải được kết nối, mà chúng lại thay đổi theo thời gian. Dẫn tới trạng thái của kênh cũng thay đổi theo thời gian, gây khó khăn cho việc thiết kế hệ thống. Một giải pháp được đưa ra là làm cho hệ thống truyền thông thích nghi với trạng thái thay đổi theo thời gian của kênh truyền, tuy nhiên chi phí cho giải pháp  này cũng khá cao. Thực tế đường dây điện lực là một môi trường truyền thông rất nhạy cảm, các đặc tính của kênh thay đổi theo thời gian tuỳ thuộc vào tải và vị trí, cho đến nay các đặc tính cụ thể của kênh vẫn là những vấn đề được nghiên cứu nhằm đưa ra các giải pháp xử lý hiệu quả.

Đường dây truyền tải điện không phải được thiết kế để dành cho truyền dữ liệu, do đó có rất nhiều vấn đề cần được khắc phục. Công suất nhiễu trên đường dây điện lực là tập hợp tất cả các nhiễu loạn khác nhau thâm nhập vào đường dây và vào máy thu. Các tải được kết nối vào mạng như ti vi, máy tính, máy hút bụi… phát nhiễu và truyền bá qua đường dây điện; các hệ thống truyền thông khác cũng có thể đưa thêm nhiễu vào máy thu.

Đường dây điện được ra đời phục vụ cho việc truyền năng lượng điện chứ không nhằm mục đích truyền thông tin. Khi đưa thông tin truyền trên đó, ta sẽ gặp phải rất nhiều yếu tố gây nhiễu cho tín hiệu. Nhiễu trên đường dây điện có thể quy về 4 loại sau:

·  Nhiễu nền (Background noise),

·  Nhiễu xung ( Impulse noise),

·  Nhiễu băng hẹp (Narrow band noise),

·  Nhiễu họa âm (Harmonic noise).

Thực tế đường dây điện lực là một môi trường truyền thông rất nhạy cảm, các đặc tính của kênh thay đổi theo thời gian tuỳ thuộc vào tải và vị trí, cho đến nay các đặc tính cụ thể của kênh vẫn là những vấn đề được nghiên cứu nhằm đưa ra các giải pháp xử lý hiệu quả.

Xu hướng phát triển

Công nghệ PLC tạo thêm một khả năng mới để mạng lưới đường dây điện trở thành một thành phần trong cơ sở hạ tầng thông tin, cùng với các công nghệ khác như thông tin quang, truyền hình cáp, vệ tinh, xDSL...

         Truyền thông tin trên đường dây điện lực có nhiều ưu điểm như:

- Mạng lưới điện có mặt ở hầu khắp mọi nơi.

- Mạng điện hạ thế có thể được dùng để thiết lập một cơ sở hạ tầng mạng sẵn có cho hàng triệu khách hàng, doanh nghiệp riêng biệt trên toàn thế giới, có đường dẫn tới tận các ổ cắm điện phục vụ cho cả thiết bị gia đình và thiết bị điện công nghiệp.

- PLC có thể cung cấp khả năng truy nhập tốc độ cao, tốc độ truyền thông đã đạt tới hành trăm Mb/s.

- Mạng lưới đường dây điện đã được xây dựng nên có lợi thế về chi phí đầu tư cơ bản, cơ sở hạ tầng đường dây điện đã có sẵn, nên nó có thể cho phép cạnh tranh với giá rẻ hơn các kỹ thuật truy nhập viễn thông nội vùng khác (thường yêu cầu vốn đầu tư cơ bản lớn).

         Từ các ứng dụng ban đầu như đo lường từ xa, quản lý điều khiển và phân phối tự động từ xa, hiện nay các dịch vụ viễn thông dựa trên kỹ thuật PLC như điện thoại, truy nhập Internet, truyền thoại và video trên đường dây điện lực đã phát triển. Mặc dù vẫn còn một số vấn đề cần tiếp tục xem xét xử lý bởi đường dây điện lực là một môi trường truyền thông rất nhạy cảm, việc tích hợp kỹ thuật thông tin vào các hệ thống năng lượng là một hướng đi mới đối với sự phát triển chung của cơ sở hạ tầng xã hội. Cùng với các công nghệ viễn thông khác như thông tin quang, truyền hình cáp, xDSL... công nghệ PLC đã tạo thêm  một khả năng lựa chọn mới cho người sử dụng. Trong tương lai sự kết hợp của PLC và các công nghệ thông tin - viễn thông khác sẽ có khả năng cung cấp nhiều dịch vụ giá trị gia tăng, mở ra nhiều cơ hội cho các ứng dụng và dịch vụ mới góp phần phát triển cơ sở hạ tầng thông tin và truyền thông.

·  Khả năng đáp ứng đa dịch vụ: Mạng phải thiết kế cho phép PLC có khả năng truy cập Internet tốc độ cao, Voice Over IP, và tương lai có khả năng cung cấp các dịch vụ giá trị gia tăng như SIP, VLAN, IP-PBX….

·   Khả năng mở rộng: Mạng phải có khả năng phát triển và mở rộng trên cơ sở khách hàng, kết quả đánh giá đầu tư và nhằm giảm rủi ro trong quá trình nâng cấp mạng.

Dễ dàng mở rộng lên băng thông cao hơn: Mạng phải có khả năng cho phép mở rộng từ băng thông hiện tại lên băng thông cao hơn trong tương lai mà không cần nâng cấp mạng.

·  Tương thích với các công nghệ mạng khác: Mạng phải có khả năng cho phép triển khai song song với các công nghệ mạng khác như Wireless Local Loop, cáp quang, xDSL….

·  Triển khai ở các vùng đô thị và các vùng nông thôn: Mạng được thiết kế phải có khả năng hỗ trợ triển khai PLC ở cả vùng đô thị lẫn các vùng nông thôn với giá thành hợp lý và nhanh chóng chiếm lĩnh thị trường.

Sự ra đời của PLC

PLC được phát triển bởi Northern Telecom và United Utilities, có khả năng truyền số liệu ở tốc độ trên 1Mbps (thế hệ X10) dựa trên cơ sở hạ tầng điện lực hiện hữu.  
  
Theo truyền thống, mạng lưới điện nhằm mục đích cung cấp điện năng cho từng hộ dân, từng doanh nghiệp v..v với mục tiêu là chi phí thấp, hiệu quả và an toàn. Các máy móc và thiết bị điện sử dụng điện năng để biến năng lượng điện thành dạng năng lượng khác như nhiệt năng, cơ năng... tuỳ theo chức năng của chúng. Nhưng những đặc tính điện của dây dẫn đồng rất phù hợp với truyền tin băng rộng tốc độ cao. Những nỗ lực trong việc phát triển công nghệ PLC đi theo hướng sử dụng dây dẫn điện truyền thống để cung cấp khả năng truyền tin tốc độ cao đã và đang củng cố tiềm năng của PLC.  
  
Công nghệ PLC ra đời do những nguyên nhân sau:  
• Nhu cầu truy nhập Internet băng thông rộng rất bức thiết, trong khi các công nghệ truy nhập băng rộng khác vì các lí do khác nhau chưa được cung cấp.   
  
• Mạng lưới điện hạ thế có sẵn ở khắp nơi, dải tần trên đường dây điện chưa được sử dụng hết (50-60 Hz).   
  
• Đối với các nhà khai thác viễn thông mới việc xây dựng mạng truy nhập để cung cấp dịch vụ trực tiếp tới khách hàng đòi hỏi chi phí lớn và tốn nhiều thời gian, công sức.

Ý tưởng truyền tín hiệu thông tin trên đường dây tải điện đã được sử dụng từ lâu bằng cách sử dụng phương thức điều chế bật tắt sóng mang tin (turn on – turn off carrier). Giống như các công ty điện lực trên thế giới, từ lâu Tổng công ty Điện lực Việt Nam đã sử dụng kỹ thuật này để truyền tải ba các thông tin phục vụ ngành điện, nhưng với cách này tốc độ truyền tin rất thấp. Ngày nay với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ, đặc biệt là công nghệ sản xuất vi mạch tích hợp giá rẻ cho từng ứng dụng đặc biệt – ASIC (Application Specific Integrated Circuit) đã cho phép PLC có những bước phát triển nhảy vọt và trở thành một trong những công nghệ truy cập băng rộng và tốc độ cao đầy hứa hẹn.  
  
Trong thực tế, các hoạt động chuẩn hoá hệ thống truyền thông tốc độ cao PLC đang được tiến hành ở rất nhiều quốc gia, hàng loạt các hệ thống PLC tốc độ cao đã và đang được cân nhắc thành sản phẩm thương mại.   
  
Tại mỗi hộ gia đình, có rất nhiều thiết bị số liệu và thiết bị điện sử dụng các ổ cắm điện, do đó không cần phải bàn cãi nhiều về khả năng truyền thông đa năng bằng việc sử dụng các ổ cắm điện giữa các thiết bị điện và số liệu. Không giống như các hệ thống LAN hồng ngoại hoặc vô tuyến, các thiết bị đầu cuối PLC có độ ổn định kết nối cao thậm chí khi cáp điện được chôn trong tường nhà.  
  
Hơn nữa, một ưu điểm đối với mạng gia đình đó là PLC cung cấp khả năng kết nối tới mạng truy nhập, đây là một tính năng rất hấp dẫn của PLC khi nó thoả mãn các nhu cầu về tốc độ số liệu. Thông thường, mạch truy nhập nội hạt hay đoạn kết nối cuối cùng đến thuê bao là phần chi phí tốn kém nhất cho một hệ thống truyền thông.  
  
Do những đặc điểm hấp dẫn nêu trên, PLC đã nhận được sự quan tâm hết sức đặc biệt của các nước Châu Âu, Bắc Mĩ, Nhật và gần đây là một số nước Châu á khác. ở Châu Âu, trong 4 năm gần đây đã có khoảng 30 cuộc thử nghiệm mạng truy nhập và mạng gia đình sử dụng công nghệ PLC. Tại Đức, có cuộc thử nghiệm cho khoảng 200 hộ gia đình kết nối Internet băng thông rộng (vài Mbps) qua đường cáp điện. Như một phần các hoạt động nghiên cứu tại Châu Âu, chương trình hội nghị lần thứ 5 đã đề xuất một dự án mang tên PALAS (Power line as Alternative Local Access)– IST – 1999. Mục tiêu của dự án là phát triển một chương trình nghiên cứu công nghệ và kĩ thuật cũng như khả năng thương mại hoá các sản phẩm sử dụng công nghệ PLC cho mạng truy nhập và mạng gia đình. Trong năm 1999, ETSI cũng đã đặt ra một dự án mang tên EP PLT (ETSI Project Powerline Telecommunication) để phát triển các tiêu chuẩn và đặc tả kĩ thuật cho hệ thống PLC. Tháng 3 năm 2000, tại Thuỵ Sĩ, diễn đàn PLC đã được thiết lập nhằm mục tiêu liên kết các thành viên quan tâm đến công nghệ PLC bao gồm 51 thành viên tại 17 quốc gia và 3 lục địa. Tại Bắc Mĩ, liên minh công nghiệp Bắc Mĩ đã thiết lập một tổ chức tên là HomePlug nhằm thực hiện mục tiêu cung cấp một diễn đàn để tạo ra các đặc tả mở cho phát triển hệ thống PLC cho các sản phẩm và dịch vụ mạng truy nhập tốc độ cao và mạng gia đình sử dụng công nghệ PLC.  
  
Do bản chất sơ khai của đường cáp điện không phải là để truyền dẫn tín hiệu thông tin cho nên không có một sự đảm bảo hiệu năng nào khi thực hiện truyền thông trên cáp điện nhìn từ quan điểm truyền dẫn tín hiệu. Vấn đề lớn nhất của PLC là chống nhiễu (do các nguồn điện hoặc ngoài điện) và suy hao trên đường dây, cũng như tìm kiếm sự chấp nhận của thị trường.  
  
Vì vậy, PLC có thể gặp phải các đặc tính đặc biệt của kênh truyền dẫn sử dụng cáp điện, như là các đặc tính trở kháng thay đổi theo thời gian và rất thấp của đường dây điện, và rất nhiều nhân tố gây ra các dạng tập âm tín hiệu.  
Ngoài những khó khăn này, một nguyên do căn bản nữa là, ban đầu hệ thống băng tần sử dụng cho PLC được ấn định ở dải 10-450 Khz (Nhật) hoặc dưới 150 Khz (chính xác là 148,5 Khz ở Châu Âu). Do những khó khăn này, trái ngược với những công nhận gần đây, PLC đã từng không được chú ý do những đặc điểm như truyền dẫn số liệu tốc độ thấp và chất lượng kém.  
Tốc độ thấp và chất lượng kém của hệ thống không phải là một yếu tố không thể tránh khỏi của PLC. Băng thông dành cho PLC đã được mở rộng hơn. Công suất phát tối đa cho phép cũng cao so với các thiết bị cuối di động. Tạp âm xung và nhiễu tone đơn tần là dễ dàng triệt hơn tạp âm Gaussian của cùng mức công suất. Thực tế cho thấy rằng PLC có tiềm năng cao để thực hiện truyền thông tốc độ cao hơn với chất lượng truyền dẫn tốt hơn.  
  
Hai lĩnh vực ứng dụng hiện nay của PLC là truy nhập nội hạt (last mile access) và kết nối mạng trong nhà (in-house networking).   
Các dịch vụ của PLC, luôn sẵn sàng tại mọi ổ điện và không cần thi công cáp, bao gồm:  
• Truy nhập Internet băng rộng (tới 45Mbps hoặc hơn), các kết nối này luôn online.   
• Dịch vụ thoại và fax.   
• Kết nối LAN trong nhà (inhouse LAN) cho các máy PC và máy in.   
• Các dịch vụ băng hẹp khác như (house automation, health care...)  
Trong tương lai, các thiết bị PLC có thể cung cấp băng thông tới vài chục Mb/s (hiện nay DS2 đã cho thương mại hoá sản phẩm PLC băng thông đạt 45 Mbps) để cung cấp các ứng dụng VoD, hội nghị truyền hình.

Phân loại hệ thống PLC

Tại Nhật, băng tần không cần đăng kí cho PLC là từ 10 – 450 Khz trong khi tại Châu Âu là từ 10 – 148.5 Khz (CENELEC: European Committee for ElectrocTechnical Standarzation).  
Trong tài liệu này các hệ thống PLC vận hành ở dải tần này sẽ được xem xét như là các hệ thống PLC băng hẹp.  
  
Gần đây, rất nhiều quốc gia trong đó có Nhật đã bắt đầu cân nhắc đến việc mở rộng dải tần hoạt động cho PLC, dải tần đề xuất lên tới 30 Mhz. Tại Châu Âu, ETSI đã xác định kế hoạch phân bố băng tần từ 1,6 Mhz đến 10 Mhz được ấn định dành riêng (hoặc ưu tiên) cho truy nhập nội hạt, dải tần từ 10 Mhz đến 30 Mhz được ưu tiên dành cho ứng dụng mạng gia đình (in-house).  
Gần đây đã có một số công ty tung ra thị trường các sản phẩm thương mại cho phép truyền thông với tốc độ 45 Mbps. Các hệ thống PLC hoạt động ở dải tần đến 30 Mhz được xem xét như là hệ thống PLC băng rộng.

Cấu trúc mạng PLC

PLC sử dụng một mạng mà được hiểu như một mạng điện lực đã được điều tần số cao (High Frequency Conditioned Power Network: HFCPN) để truyền số liệu và điện năng. Một HFPCN sử dụng một loạt các bộ Homegateway để lọc các tín hiệu riêng rẽ này.   
  
Bộ Homegateway gửi điện năng vào trong nhà và gửi tín hiệu số liệu tới một modul truyền thông gọi là PLC modem. PLC modem cung cấp nhiều kênh cho số liệu, thoại, video...  
  
Các server trạm gốc hay còn được gọi là Headend đặt ở các trạm điện vùng kết nối tới đường trục backbone thông qua cáp quang.  
  
Cấu trúc mạng  
  
Về cấu trúc, mạng PLC được chia thành hai hệ thống: hệ thống ngoài nhà (Outdoor System)và hệ thống trong nhà (Indoor System).  
  
• Outdoor System bao gồm phần chung của mạng phân phối điện hạ áp tính từ trạm biến áp đến điểm truy cập vào từng toà nhà. Outdoor System kết nối với đường trục backbone tại các trạm biến áp.   
  
• Indoor System chuyển và nhận tín hiệu thông tin từ điểm truy cập vào toà nhà tới từng ổ cắm điện trong khu vực nội bộ của toà nhà đó. Hệ thống Indoor bao trùm toàn bộ phần mạng điện riêng của toà nhà.   
Một Outdoor System và tất cả các kết nối của nó tới các hệ thống Indoor System được gọi là một tế bào điện Power Cell.  
Sự phân chia thành hai hệ thống tạo ra những thuận lợi về mặt kỹ thuật và phân quyền quản lý.  
   
• Về mặt kỹ thuật: cho phép cung cấp thông lượng cao hơn, sự chuyển tải thông tin trong nhà thuần khiết giống như kết nối giữa máy tính với máy in, không gây gánh nặng cho hệ thống Outdoor System. Bên cạnh đó hai hệ thống có thể được sắp xếp tối ưu cho các loại hình dịch vụ yêu cầu với tính chất khác nhau.   
  
• Về mặt quản lý: sự phân chia này mang lại sự tương thích với cách phân phối điện. Từ trạm biến áp tới điểm truy cập vào toà nhà thuộc quyền sở hữu và vận hành của bên điện còn mạng nội bộ trong nhà là trách nhiệm của người chủ nhà. Sự phân chia theo đường biên như vậy đem lại độ tin cậy và ngăn ngừa được sự cố dễ dàng.  
  
Theo cấu trúc mạng PLC, các mạng LAN nhỏ được tạo ra. Mỗi mạng LAN này kết nối tới mạng trục bằng các luồng E1/T1 hoặc bằng giao diện ghép nối quang khi đó mỗi người sử dụng có được tốc độ truyền tin rất cao và các thiết bị khác nhau có thể cùng sử dụng đồng thời tại một thời điểm mà không thíêt bị nào bị ngắt. 

Các thành phần trong mạng PLC

Hệ thống PLC gồm một số lượng nhỏ các thiết bị “Cắm và chạy” (plug and play) để xây dựng nên các giải pháp hệ thống hiệu quả. Các thiết bị PLC được sản xuất tuân theo các giao diện chuẩn công nghiệp nhằm dễ dàng kết nối với hệ thống truyền thông rộng lớn bên ngoài. Các thiết bị cơ bản của hệ thống PLC hiện nay gồm có:  
  
1. Bộ đầu - cuối (HeadEnd - HE)  
HE điều khiển hệ thống Outdoor System và kết nối của một tế bào điện Power cell tới mạng trục backbone. HE là một modem số tốc độ cao nhận tín hiệu từ đường trục backbone và thực hiện chức năng truyền nhận tin thông qua mạng điện lực.  
  
2. Home Gateway - HG   
Là cầu nối giữa hệ thống Outdoor và một hệ thống Indoor. Một Home Gateway cung cấp các ứng dụng LAN nội bộ trong nhà và đồng thời cải thiện điều kiện của kênh truyền tránh những nguyên nhân gây suy giảm tín hiệu.  
  
3. Thiết bị trong nhà của người dùng (CPE - Customer Premise Equipment):   
Là modem có một card PLC gồm nhiều giao diện phù hợp để kết nối tới những ứng dụng khác của người dùng như máy tính, điện thoại cố định, điện thoại IP, fax v..v.  
  
Các modem PLC phù hợp với truyền dữ liệu gói có định hướng giống như của mạng IP, lưu lượng thông tin đáp ứng yêu cầu của các dịch vụ thời gian thực như video hay VoIP, tốc độ truyền hiện nay đạt được 45 Mbps (trải phổ 10 Mhz), sử dụng kỹ thuật truyền dẫn đồng thời trên hai chiều và truyền thông theo phương thức điểm - đa điểm. Các thiết bị này cũng bao gồm một bộ công cụ phần mềm cho phép quản lý điện năng, giám sát chất lượng dịch vụ QoS, tỉ số tín trên tạp SNR...và có kích thước nhỏ gọn.  
  
Khả năng của hệ thống PLC  
  
HE quản lý truy nhập băng thông cao cho khoảng 254 HG hoặc CPE. Mỗi HG quản lý truy nhập cho khoảng 254 CPE. Tuỳ thuộc vào mạng lưới điện hạ thế đang tồn tại mà một HG được sử dụng như một bộ lặp repeater cho phép mở rộng mạng và cải thiện chất lượng truyền tin. Tất cả các thiết bị có thể thiết lập cấu hình và đo kiểm dễ dàng với dải tần số tương ứng của thiết bị đó.  
Cấp phát động dung lượng cho người dùng  
  
Một hệ thống PLC là một môi trường chia sẻ tài nguyên, mang dữ liệu tới tất cả các người dùng. Sự truy nhập vào một kênh được quản lý bởi thiết bị PLC chủ. Thiết bị này cấp phát dung lượng động tới người dùng dựa vào đòi hỏi tức thời của họ, do đó mà thông lượng có thể đạt mức tối đa. Điều này được thực hiện bằng phương pháp truyền gói có định hướng.  
  
Phân mức ưu tiên dữ liệu  
  
Các thiết bị PLC phân mức độ ưu tiên cho dữ liệu thời gian thực, đảm bảo các dịch vụ như thoại và video là chất lượng khi truyền trên kênh PLC. Hệ thống PLC tự động phát hiện dữ liệu nào là mang tính thời gian thực và không yêu cầu thời gian thực dựa vào các giao thức. Các tín hiệu mang tính thời gian thực như thoại và video yêu cầu truyền dẫn với độ trễ nhỏ nhất còn các tín hiệu không yêu cầu thời gian thực như dữ liệu và chuyển file thì không quan tâm nhiều đến độ trễ.  
  
Các giao diện tiêu chuẩn  
  
Thiết bị PLC có các giao diện tuân theo các chuẩn giao tiếp viễn thông cho phép thiết bị kết nối dễ dàng tới người dùng đầu cuối và tới các thiết bị khác trên đường trục chính.   
Các thiết bị PLC rất dễ dàng lắp đặt và sử dụng. Đối với người sử dụng cần truy cập Internet họ chỉ cần nối máy tính vào thiết bị CPE thông qua một cổng (cổng USB) hoặc qua cổng Ethernet của card mạng trên PC. Tương tự như vậy với các thiết bị khác sẽ kết nối thông qua các cổng tương thích khác.  
  
Hệ thống hỗ trợ quản lý  
  
Nhằm có được một mạng truyền tin chất lượng cao, hệ thống hỗ trợ quản lý được đặt lên hàng đầu. Hệ thống quản lý bao gồm:  
  
• Quản lý mạng và các phần tử mạng   
• Quản lý dịch vụ   
• Quản lý cước   
• An ninh mạng  
  
Hệ thống PLC có tất cả các đặc tính cần thiết thuận tiện để tự động giám sát và quản trị mạng. Các thiết bị PLC được quản lý dựa trên hai giao thức DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), SNMP (Simple Network Managerment Protocol). Sự quản lý như vậy cho phép hợp nhất vào hệ thống quản lý mạng đơn giản, sự giám sát lưu thông dữ liệu và hệ thống một cách hiệu quả, xác định được lỗi nhanh chóng bởi các công cụ mạnh .   
  
Quản lý mạng  
  
Giao thức SNMP là một chuẩn công nghệ để quản lý các thiết bị mạng như là bộ định tuyến, gateway, máy in, các thiết bị PLC. Hệ thống PLC là một hệ thống hoàn thiện, có cấu hình đầy đủ và thích ứng với các môi trường khác nhau. Có thể cấu hình dễ dàng từ xa thông qua giao thức điều khiển mạng đơn giản (SNMP). Các con chip PLC cung cấp tất cả các chuẩn giao thức cơ bản cho các lớp cao hơn (trong mô hình 7 lớp OSI).   
  
• Các thiết bị PLC có thể tự động cập nhật các tham số hoạt động ví dụ như địa chỉ IP, định danh V-LAN, số điện thoại từ host DHCP.   
• Hệ thống PLC cũng cung cấp các đặc tính giống như các đặc tính của SNMP chuẩn.   
• Đánh giá phần băng thông của từng người sử dụng.   
• Có sự hỗ trợ dựa trên dịch vụ (VBR, CBR, định vị dải thông..)   
• Người quản trị có thể điều khiển sự truy nhập của người dùng tới các tài nguyên mạng.   
• Bảo vệ danh sách đăng nhập người dùng.  
  
Quản lý dịch vụ  
  
Mục tiêu của hệ thống PLC là cung cấp cho thị trường hệ thống truyền thông tốc độ cao, đảm nhiệm việc điều khiển chất lượng dịch vụ (QoS) cho từng dịch vụ và từng người dùng cùng với khả năng quản lý mạng một cách hoàn thiện.  
  
• Thông lượng   
• Độ trễ   
• Tốc độ gói tin và tỉ lệ lỗi bit   
• Đáp ứng tần số   
• Tỉ số tín trên tạp SNR của kênh truyền.  
  
An ninh mạng  
  
PLC là một dạng môi trường chia sẻ tài nguyên. Nhiều người dùng có thể cùng truy cập ở cùng một thời điểm do vậy điều cần thiết là phải bảo đảm bí mật thông tin cho luồng dữ liệu của từng cá nhân. Hệ thống PLC sử dụng công nghệ V-LAN tuân theo chuẩn IEEE 802.1Q cho phép dữ liệu của một người sử dụng có thể tách riêng từ luông dữ liệu. Kết quả là dữ liệu của người đó được bảo vệ an toàn. Để thực hiện mục tiêu này, hệ quản trị mạng khai báo mỗi một người dùng là duy nhất và là riêng biệt trên VLAN.  
  
Hệ thống PLC có thể truy nhập hợp pháp từ bất kỳ ổ cắm điện nào do đó việc đảm bảo an toàn cho dữ liệu tránh những sự nghe lén bất hợp pháp là rất quan trọng. Để có thể đảm bảo độ an toàn cao cho dữ liệu truyền trên mạng, hệ thống PLC sử dụng thuật toán mã hoá RC4 kết hợp với từ khoá Diffie-Hellman tạo ra độ bảo mật cao tránh được nghe trộm.

Khả năng của hệ thống PLC

Các giao diện tiêu chuẩn của PLC

Kết luận

Công nghệ PLC hiện nay đã được ngày một hoàn thiện cho phép hệ thống truyền tin PLC là ưu việt cho truyền dẫn dữ liệu trên mạng lưới điện lực sẵn có với thông lượng tối đa và mức năng lượng tối thiểu. Cách điều chế và phân bổ tần số tránh được xuyên nhiễu gây ra bởi sóng radio và các dịch vụ phát quảng bá khác. Công nghệ tiên tiến bảo đảm sự truyền dẫn dữ liệu là an toàn bí mật.  
  
Hệ thống PLC là dễ dàng sử dụng:  
• Chiếm tới 90% kết nối của hộ gia đình - mỗi ổ cắm chính là một giao tiếp kết nối.   
• Không kéo thêm cáp mới - công nghệ vượt qua đối thủ cạnh tranh để dẫn đầu.   
• Là một sự chọn lựa thực sự bắt lấy cơ hội kinh doanh trong thị trường-làm lợi cho khách hàng.   
• Băng thông ngày một tăng lên đáp ứng đòi hỏi về truy cập dải rộng.   
• Đáp ứng nhu cầu tăng của mạng trong nhà.  
  
Lợi dụng mạng PLC mở ra các cơ hội kinh doanh mới - không chỉ trong lĩnh vực truy nhập mà còn các dịch vụ đi kèm với PLC. Hệ thống PLC đang ở giai đoạn phát triển ban đầu. Công nghệ đang tiếp tục phát triển, có thêm nhiều đặc tính hiệu quả trong những dòng sản phẩm tiếp theo. Một hệ thống PLC có thể mở rộng vô hạn từ nhỏ thành lớn và thêm các dịch vụ giá trị gia tăng.  
  
Những thuận lợi tiềm năng của công nghệ PLC  
  
Mô hình viễn thông này đã có rất nhiều thuận lợi so với các loại hình khác, bao gồm mạng truy nhập được thiết lập ở tốc độ cao và các kết nối chuyên dụng. Những thuận lợi này tạo cho công nghệ PLC một phương án hấp dẫn cho các hệ thống viễn thông.  
Trong mô hình PLC, các mạng LAN nhỏ được tạo ra, chúng kết thúc tại mỗi trạm điện khu vực. Những mạng LAN này sẽ cùng chia sẻ các luồng E1/T1 kết nối Internet, điện thoại, truyền hình cáp tương tự như luồng E1/T1 thuê riêng. Mỗi người sử dụng riêng sẽ được tốc độ cực lớn, tăng nhiều so với việc kết nối qua modem điện thoại 28,8Kbps hoặc 56Kbps như đã thấy trong phần so sánh PLC với các công nghệ truy nhập băng rộng khác.  
  
Một thuận lợi kết hợp khác nữa đối với mô hình PLC là nó hoạt động tốt trên hạ tầng mạng điện lực đang tồn tại. Chỉ có các thiết bị Headend tại trạm biến áp, những bộ Homegateway và các PLC modem là cần phải lắp đặt để thiết lập một mạng PLC.  
Các đường dây thông tin đa mục đích và chuyên dụng đưa ra mô hình PLC một lựa chọn hấp dẫn cho kỷ nguyên thông tin. Băng tần rộng và ghép kênh phân chia theo tần số cho phép rất nhiều đường dây cùng đến một nhà. Một cách lý tưởng thì toàn bộ gia đình có thể sử dụng tất cả các thiết bị thông tin đồng thời, kể cả điện thoại, truyền hình cáp, PC mà không có thiết bị nào bị ngắt.  
Công nghệ Power line communication là một sự lựa chọn hấp dẫn để kết nối internet, điện thoại, truyền hình cáp thông qua một công nghệ truy nhập băng rộng với chi phí cho mạng truy nhập tương đối thấp. Cần chú ý rằng, theo tổng kết cơ sở hạ tầng của mạng truy nhâph nội hạt đối với một hệ thống khai thác viễn thông chiếm khoảng 50% tổng đầu tư của một nhà khai thác viễn thông cho tonà bộ cơ sở hạ tầng mạng lưới viễn thông của họ. Thêm nữa, tốc độ truy cập cao của nó sẽ đưa ra cho khách hàng các dịch vụ truy nhập internet, video theo yêu cầu, điện thoại nội hạt, đường dài và các dịch vụ gia tăng khác.  
  
Đối với công nghệ PLC ta thấy có những hấp dẫn sau :  
  
• Công nghệ PLC hiện nay đã được ngày một hoàn thiện cho phép hệ thống truyền tin PLC là ưu việt đối với truyền dẫn dữ liệu trên mạng lưới điện lực sẵn có với thông lượng tối đa và công suất thấp.   
  
• Phương pháp điều chế và phân bổ tần số tránh được xuyên nhiễu gây ra bởi sóng vô tuyến và các dịch vụ phát quảng bá khác. Công nghệ tiên tiến đảm bảo sự truyền dẫn dữ liệu là an toàn.   
• Với nhà cung cấp mới, việc xây dựng cơ sở hạ tầng truy nhập nội hạt chiếm một tỷ trọng đầu tư rất lớn (tới khoảng 50% tổng đầu tư) trong khi PLC lại tần dụng toàn bộ cơ sở hạ tầng sẵn có của mạng lưới điện lực.   
  
• Hiện nay có nhiều lựa chọn, ví dụ: cáp đồng trục, DSL, và truyền dữ liệu vô tuyến:  
- Nhà cung cấp điện thoại thì lựa chon công nghệ DSL để tăng băng thông của lớp “truy nhập nội hạt” của họ.  
- Nhà cung cấp dịnh vụ trên cơ sở mạng cáp thì lựa chọn công nghệ dùng cáp đồng trục.  
- Còn các nhà cung cấp khác muốn dùng công nghệ vô tuyến.   
  
• Ngành điện lựa chọn công nghệ PLC để tận dụng mạng lưới điện sẵn có.   
  
• Ngoài nhu cầu cung cấp dịch vụ đến từng khách hàng, nó cũng có thể dùng để thiết lập mạng LAN gia đình (in-house LAN).   
  
• Công nghệ PLC đang ngày càng nhận được sự quan tâm nhiều trên thị trường viễn thông bởi lẽ nó cho phép đáp ứng được một nhu cầu đang ngày càng phát triển mạnh của người dùng đó là nhu cầu thông tin dữ liệu băng rộng tốc độ cao với chi phí ít tốn kém hơn.  
  
Mục tiêu của mạng PLC băng thông rộng  
  
Mạng truy nhập băng rộng sử dụng công nghệ PLC hiện tại và trong tương lai cần đạt được các mục tiêu sau đây để trở thành công nghệ ứng dụng và là sự lựa chọn hàng đầu cho các nhà khai thác viễn thông trong việc lựa chọn các giải pháp cho mạng truy nhập băng rộng:   
• Khả năng đưa đến 100% hộ gia đình và các doanh nghiệp nhỏ.   
• Băng thông đạt tới 45 Mbps trên đường hạ thế.   
• Quản lý mềm dẻo chất lượng dịch vụ.   
• Cung cấp dịch vụ ở bất cứ nới đâu mà đường cáp điện đi tới (ở Việt nam đường cáp điện phủ sóng tới 95 % dân số) mà không cần kéo cáp mới.   
• Phát triển nhanh chóng.   
• Chi phí đầu tư thấp.   
• Tác dụng dìm giá trong mạng điện.   
• Giảm chi phí.