

INTERCONEXIÓN DE ENTIDADES AGRÍCOLAS A REDES DE DATOS MEDIANTE TECNOLOGÍAS P.L.C.

Carmen Moliner Peña, Dra.

Universidad de La Habana (CUJAE), Habana, CUBA, carmen@tesla.ispjae.edu.cu

Alberto J. García García, MsC.

Empresa de Telecomunicaciones de Cuba (ETECSA), Habana, CUBA, alberto@tel.etcসা.cu

Abiel Roche Lima, MsC.

Instituto de Ciencia Animal (ICA), Habana, CUBA, roche@ica.co.cu

Resumen

En el sector agropecuario a nivel mundial y particularmente en Cuba, existe una problemática latente, referido a la falta de comunicación entre los diferentes niveles en este sector, por su ubicación en zonas alejadas de núcleos urbanos.

En los últimos años, el acelerado desarrollo de la microelectrónica, del procesamiento digital de señales y de modernos métodos de modulación, ha propiciado la fabricación de circuitos que trabajan a alta frecuencia, permitiendo la transmisión de voz y datos a altas velocidades sobre las redes eléctricas de media y baja tensión. Esta tecnología se conoce como Power Line Communication (PLC).

Las necesidades de comunicación del sector agropecuario en Cuba y la posibilidad de ser resueltas mediante tecnología PLC constituyen el objetivo del presente trabajo. Se estudia la viabilidad de su aplicación, se abordan los fundamentos de la tecnología PLC, servicios potenciales, arquitecturas posibles, métodos de modulación empleados y aspectos técnicos a resolver para su implementación.

Palabras clave: PLC, OFDM, Head End, Repetidores, sector agropecuario.

I. Introducción

La intensificación del sector agropecuario requiere de un uso más eficiente de los recursos, infraestructura, insumos, sostenibilidad ecológica y la economía en general. Para aumentar la producción se necesita una asistencia técnica competente, a partir de medios tecnológicos adecuados para la transmisión de información y su asimilación por parte de los productores. [10], [12].

En este contexto, es importante el desarrollo de sistemas telemáticos que garanticen el soporte técnico para adiestrar, controlar y planificar recursos, así como lograr que la toma de decisiones ayude a la óptima utilización de los mismos a los diferentes niveles de dirección.

La aplicación de las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC) no ha avanzado en la rama agropecuaria lo suficiente, en relación con otras ramas de la economía, a nivel internacional. Una de las principales problemáticas que existen es garantizar la infraestructura para la conexión a redes nacionales e internacionales de zonas rurales donde se encuentran ubicados los centros de producción, docencia e investigación, vinculados con el sector agropecuario, por demás, alejados de los núcleos urbanos. [11]

Las redes eléctricas se han empleado como soporte de comunicaciones desde los primeros años de la década del 30 del siglo XX, utilizándose en enlaces punto a punto. Las bajas velocidades, escasa funcionalidad y elevado costo, limitaron su uso. El desarrollo que en los últimos años ha experimentado la microelectrónica en el procesamiento digital de señales junto a la evolución de métodos de modulación, ha propiciado la fabricación de circuitos que trabajen a alta frecuencia y reduzcan el efecto producido por las interferencias que se originan en las líneas eléctricas, permitiendo la transmisión de voz y datos a altas velocidades sobre estas redes.

Esta tecnología ha sido llamada de diferentes formas, nosotros utilizaremos el término más extendido, el de Comunicación por líneas de Potencia y más directamente nos referiremos a ella por sus siglas en Inglés PLC (Power Line Communication). PLC está teniendo éxito por su economía, velocidades que se alcanzan y variedad de servicios que se pueden ofrecer, en comparación con otras tecnologías competidoras en el acceso a redes para la obtención de servicios de banda ancha y voz.

En la última década, con el objetivo de modernizar y expandir las telecomunicaciones del país, ETECSA ha ejecutado inversiones en la conmutación y la transmisión, ésta última fortalecida con una red de transporte de datos basada en conmutadores ATM sobre una red SDH y soportada por un backbone nacional de fibra óptica. En el sector de acceso, el ancho de banda es insuficiente para las aplicaciones que hoy día se demandan. Conjuntamente con las tecnologías de fibra óptica, cable o inalámbrica, PLC puede constituir una alternativa eficaz y económica para llevar los contenidos al cliente, especialmente para países del tercer mundo, ya que la red eléctrica, caracterizada por su ubicuidad, llega a más rincones que el servicio telefónico.

A partir de estos fundamentos se ha desarrollado este trabajo con el objetivo de mostrar la viabilidad de aplicar la tecnología PLC para la transmisión de voz y datos entre empresas, organismos, centros de extensionismo e investigación vinculados a la rama agropecuaria.

II. Evolución de la tecnología PLC

Constituida básicamente por módems especiales, desarrollados inicialmente por Nisko, empresa eléctrica israelí, para aplicaciones de lectura de metros contadores y control de líneas eléctricas, ha tenido notable evolución en los últimos siete años.

La primera generación de módems utilizaba modulación GMSK o espectro esparcido con secuencia directa (DSSS) y su velocidad alcanzaba entre 1 y 4 Mbps. Esta fue mejorada en la segunda generación, lográndose hasta 45 Mbps con multiplexación por división en frecuencia ortogonal (OFDM), más resistente a las interferencias del canal, debido a que las características de las líneas eléctricas como medio de transmisión cambian en el tiempo, según se conecten o desconecten equipos, existen pérdidas de energía selectivas a frecuencia, la atenuación se incrementa con la longitud de la

línea y la frecuencia, además de los efectos de propagación multitrayectoria por desacople de impedancias y severa interferencia de banda estrecha. Ya en la tercera generación se han alcanzado 200 Mbps optimizando OFDM. Se obtiene una eficiencia de 8 bits/Hz de ancho de banda y un B.E.R entre 10^{-9} y 10^{-6} (típico), con un retardo menor de 3 ms. [1], [4]. Figura 1

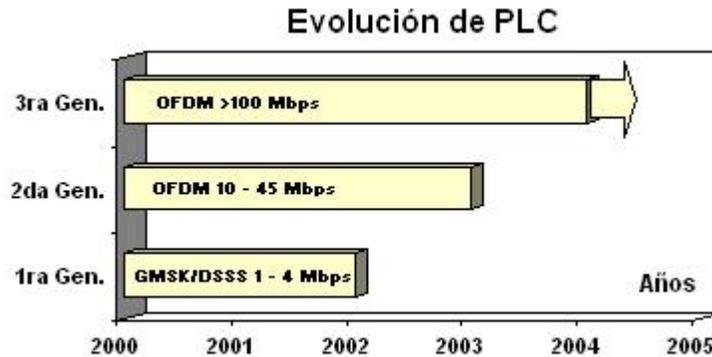


Figura 1 Evolución de PLC. Fuente: [9]

III. Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)

OFDM es la técnica de modulación para la capa física mayormente empleada en PLC, aunque también se utiliza GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), o DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). OFDM es un tipo modulación multiportadora, donde el ancho de banda se divide en múltiples subcanales, igual que en FDM (multiplexación por división en frecuencia).Figura 2

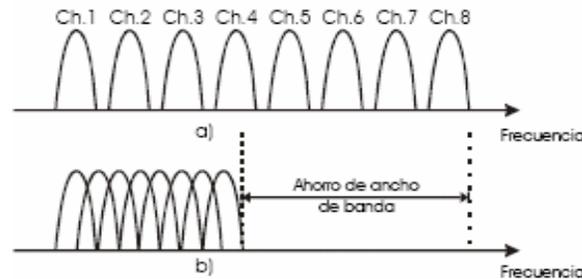


Figura 2 a. FDM b. OFDM. Fuente: [4].

Los datos se transmiten en paralelo utilizando portadoras ortogonales y de forma simultánea por todos los subcanales. Aunque entre los subcanales transmitidos hay solapamiento espectral no ocurre interferencia por la ortogonalidad de las portadoras. La pérdida de ortogonalidad que produce la distorsión en el canal producto de la propagación multitrayectoria se elimina en la transmisión con la utilización de un símbolo OFDM, que es un prefijo cíclico, seguido de símbolos de datos, donde el tiempo de guarda es mayor que el valor máximo del esparcimiento del retardo en la línea de transmisión. Este método minimiza el desvanecimiento selectivo a frecuencia en sistemas con altas tasas de bits y la interferencia de canal adyacente, además de reducir el ancho de banda.[4], [6].

PLC, en una de sus variantes más difundidas, opera sobre redes de media y baja tensión y utiliza un espectro de frecuencias entre 1.6 y 30 Mhz, pero no de forma continua, debido a que la banda está distribuida para servicios tradicionales de radioaficionados, radiodifusión, radiomóvil, etc y debe aprovechar los espacios espectrales disponibles para transmitir con portadoras diferentes.

IV. Componentes de una Plataforma PLC

Una red PLC consta de tres tipos de componentes básicos, y de algunos accesorios:

1. Equipos terminales: Son módems PLC, llamados también CPE (Customer Premises Equipment). Utilizados en las instalaciones del cliente para recibir servicios de voz, datos y video. Los terminales tienen diferentes interfaces en dependencia de la aplicación específica. El CPE se comunica de forma permanente con el Head End y se encriptan los datos entre estos dos puntos para garantizar la seguridad. Figura 3



Figura 3 CPE o módem de usuario.

Fuente: Fotos de equipos en prueba de campo en Cuba. 2004

2. Equipos de acceso: Compuestos Repetidores y por Head End. Estos últimos también llamados equipos cabeceras, son módems PLC con routers incorporados. Conectan al backbone IP por un extremo mediante interfaces IP, E1, u otra normalizada, y por el otro, entregan la señal a la red eléctrica de media o baja tensión mediante acopladores capacitivos o inductivos. Figura 4.



Figura 4 Acoplador capacitivo. Fuente: Fotos de equipos en prueba de campo en Cuba. 2004

Las pérdidas por acoplamiento son entre 2 y 3 db. Cada Head End puede atender hasta 256 usuarios pero en evolución a 512, y se fabrican para instalaciones exteriores o interiores. Los Repetidores, llamados también Home Gateway, se usan para incrementar las distancias entre Head End y CPE. [2].
Figura 5



Figura 5 Head End (Configurable opcionalmente como repetidor).

Fuente: Fotos de equipos en prueba de campo en Cuba. 2004

3. Equipos de Gestión y Control: Lo integran Gateways hacia la red de conmutación de circuitos, Gatekeeper para la autenticación de usuarios, plataforma de gestión para el control del estado de los equipos terminales con su software correspondiente, etc.

V. Arquitectura del Sistema PLC:

Existen varias formas de inyectar la señal portadora de contenidos a la red eléctrica para su transporte y distribución hasta el cliente, que dependen entre otros factores del alcance de la infraestructura de fibra que se disponga, aunque es posible también mediante tecnologías de línea de abonado digital, llevar la señal hasta el punto de inyección, que puede realizarse de tres formas distintas:

- a. Red de fibra óptica hasta la línea eléctrica de bajo voltaje: La fibra se lleva hasta un transformador y mediante un router (Head End) con acoplamiento inductivo o capacitivo se acopla a la línea de bajo voltaje. En el lado del cliente se requiere de un router PLC que hace función de repetidor, para la distribución interior y módems PLC para conectar los equipos de usuario (CPE). Se logran velocidades de hasta 3 Mbps. Esta variante cuenta con la ventaja del gran ancho de banda de la fibra, pero en Cuba no es económico porque las instalaciones de fibra son costosas y no se aprovecha óptimamente éste ancho de banda, ya que el de las líneas eléctricas es menor que el de la fibra.
- b. Red eléctrica de medio y bajo voltaje: Los contenidos del backbone IP se inyectan en la subestación de distribución mediante un modem -router PLC (Head End). Se alcanzan velocidades de hasta 2.5 Mbps. Se usan acopladores inductivos o capacitivos en el punto de cambio de media a baja tensión, llamados bypass, para evitar el transformador. Estos son costosos, alrededor de \$100, y la inversión será económica si el número de abonados por transformador es grande. En Europa oscila entre 150 y 200, mientras que en América es alrededor de 25, por eso, la inyección desde el medio voltaje es la opción más recomendable por su economía.
- c. Red eléctrica de medio voltaje e inalámbrico: Se emplea un Head End para inyectar señal en el medio voltaje y equipo inalámbrico para radiar a los usuarios, y es lo más costoso de la inversión. Se alcanzan velocidades de hasta 6 Mbps. El cliente requiere equipo inalámbrico para recibir la señal y repetidor PLC para usar la red eléctrica interior. Las interferencias en las redes de medio voltaje son menores que en las de bajo voltaje porque tienen menos derivaciones.

En el interior del Edificio se utilizan los circuitos de alimentación de la edificación. La información se inyecta en una fase por medio de un Head End en lugar del Repetidor. En ambos casos la información inyectada en una fase, generalmente se induce en las restantes. [8], [9]. Se han realizado pruebas de campo en Cuba en ambientes interiores con comportamiento satisfactorio, así como estudios de la región de Santa Cruz del Norte con su simulación correspondiente como escenario para una posible prueba en exteriores.[4].

VI. Situación de las comunicaciones en el sector agropecuario en Cuba.

En las unidades agropecuarias fluye gran cantidad de información administrativa y científica. Existe carencia de comunicación entre las entidades generadoras de información y las unidades de producción. El contacto que se establece entre los directivos de las empresas, productores que se encuentran en el campo y demás componentes del sistema, se realizan a través de vehículos mecánicos y alguna infraestructura telefónica, por lo general, en mal estado técnico. Es importante considerar también el desarrollo de comunidades rurales alrededor de muchas empresas agropecuarias, donde, por demás, existen escuelas, policlínicos, etc.

El Grupo de Extensionismo, del Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba, está trabajando en más de 37 Centros Ganaderos del país con el objetivo de llevar adelantos científico - técnicos a la producción agropecuaria. El Grupo de Informatización del ICA y el Departamento de Telemática del ISPJAE, investigan en el área de redes para aplicar nuevas tecnologías en el sector agropecuario. Como resultados preliminares, se ha obtenido que la utilización de la tecnología PLC para transmitir voz y datos sobre redes eléctricas pueda constituir una opción económica en relación a otras tecnologías analizadas, por sus altas velocidades, variedad de servicios y utilización de la infraestructura de red eléctrica ya instalada.

VII. Servicios a ofrecer con la tecnología PLC.

En principio se puede ofrecer cualquier servicio basado en el protocolo IP, tales como: Acceso a servicios de voz y datos en instalaciones remotas sin adecuada infraestructura de comunicaciones, LAN en interiores, Acceso a Internet y a Intranet, redes privadas virtuales (VPN), voz sobre IP (VoIP), servicio de mensajes cortos (SMS), video bajo demanda (VOD), teleconferencias, videoconferencias, televigilancia, así como servicios de gestión de la empresa eléctrica tales como lectura y control de metros contadores eléctricos remotos. [3], [7].

En Cuba, aparte del suministro de electricidad, no se ofrece ningún servicio público, por parte de la Empresa Eléctrica, como gestión del consumo eléctrico remoto, ni televigilancia. Esto puede ser favorable en nuestras condiciones porque estas señales compartirían el medio, el ancho de banda y competirían entre sí por el acceso, aunque sería importante poder monitorear a las mayores Empresas consumidoras de energía eléctrica en el país. Para ello habría que estimar la cantidad de Centros en los que habría que sustituir los metros contadores actuales por metros con sensores y evaluar los costos de la inversión.

Pudiera ofrecerse satisfactoriamente en una primera etapa: acceso a Intranets e Internet, red privada virtual (VPN), voz sobre IP, teleconferencias y videoconferencias. Las aplicaciones que permiten servicios de voz, acceso a información remota e intercambio de información entre entidades que no cuentan con adecuada infraestructura de comunicaciones, como es el caso de las granjas agropecuarias, pudieran producir un cambio favorable en los resultados económicos de éstas entidades.

VIII. Aspectos a resolver para el uso de PLC en Cuba.

1. Las conexiones de abonados al transformador de baja tensión: En la mayoría de los casos, estos empalmes están hecho a mano, torciendo el cable de baja tensión sobre el de distribución. Con el tiempo, se sulfata el empate y produce un efecto rectificador, semejante al de un diodo a la frecuencia de trabajo del PLC (1.6 - 30 Mhz), atenuando la señal. Esto implica un trabajo de mantenimiento integral sobre la red eléctrica en el sector de distribución antes de la implantación del servicio.
2. Los puntos de inyección de contenidos a la red eléctrica: Para ello se necesita crear la infraestructura necesaria para llevar los contenidos y servicios a ofrecer hasta los puntos de inyección de señal en la media tensión (que es la opción más recomendable en nuestro país por la baja densidad de abonados por transformador, 25 como promedio). Para ello no es imprescindible utilizar fibra óptica. Se pueden utilizar tecnologías de línea de abonado digital (por ejemplo: G.SHDSL), entre los nodos de transmisión de datos y el punto de distribución, y mediante pares de cobre disponer de varios megabits hacia el proveedor de servicios.
3. Acuerdos para labores de mantenimiento, seccionalización y reparación de interrupciones: Entre la Empresa Eléctrica y ETECSA como proveedora de servicios, deben existir acuerdos con un fundamento jurídico en correspondencia con el servicio que brinde, donde ETECSA pague a la Empresa Eléctrica un seguro por la intervención en caso de interrupciones y mantenimiento, ya que no está autorizada a operar sobre estas líneas.
4. Acuerdos sobre los niveles permisibles de emisiones electromagnéticas que provoquen interferencias en PLC interior: Es necesario limitar las fuentes interferentes a vecinos, y así aprovechar una de las mayores ventajas de la tecnología PLC en aplicaciones interiores, ya que cada enchufe constituye un punto potencial de conexión de red, evitando los costos del cableado estructurado.
5. Formación de grupos de trabajos mixtos (Empresa Eléctrica – ETECSA) para evaluación de soluciones PLC: Para dar servicio en lugares con ausencia de infraestructura telefónica se requiere del conocimiento de la topología de la red eléctrica de la región así como del tipo de equipamiento PLC que se utilizará, pruebas de simulación con software específicos (por ejemplo: herramienta iplato o Matlab6.5), evaluación de prestaciones en función del tipo de servicio y de las capacidades que se requieren en la red en función del número de clientes.
6. Asesoría técnica: Para minimizar los costos de experimentación y planificar adecuadamente los escenarios de prueba de campo y posterior implantación de la tecnología PLC en los casos que se requiera, es importante ser asesorados por compañías con experiencia como DS2 (España), Ascom (Suiza), o Main Net (Israel), que son líderes en la temática de PLC.
7. Las protecciones integrales de tierra: Las tomas de tierra de protección o tercera espiga, normalmente no se usan en Cuba. Hay que investigar y probar que influencia sobre la tecnología representa su uso.

IX. Conclusiones y Recomendaciones.

Las comunicaciones a través de las líneas eléctricas constituyen una alternativa económica para regiones donde existen limitaciones de infraestructura telefónica, y puede tener un favorable impacto en el sector agropecuario por la carencia actual de servicios de comunicaciones. En el interior de las instalaciones agrícolas, evitaría costos de cableado estructurado, convirtiendo los enchufes en tomas de red de área local.

La tecnología madura rápidamente y ya se obtienen velocidades de hasta 200 Mbps, aunque los procesos de estandarización son incipientes y quedan por resolver aspectos de seguridad y protección contra interferencias. Para la implementación en zonas agropecuarias alejadas de núcleos urbanos podrían trabajar de conjunto la Empresa Eléctrica y ETECSA en soluciones muy bien calculadas, y estudiar las particularidades de cada región.

X. Referencias

- [1]. “La tecnología PLC y su influencia en la valoración de los operadores tradicionales de telecomunicaciones” (2003), publicado en las Actas de la Segunda Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática, CISCI.
- [2]. “Phase Coupling for Power Line Communications”, Application Note #0050, Intellon Corporation PowerPacket™ Primer, Rev 2.0, <http://www.intellon.com>
- [3]. Atsumasa Sakai, (2003). Thesis, “Internet Service over Power Lines in Japan: Costs and Policy Implications”, Master of Science in Technology and Policy at the Massachusetts Institute of Technology.
- [4]. D. Raphaeli and E. Bassin, (1999). “A Comparison Between OFDM, Single Carrier, and Spread Spectrum for High Data Rate PLC,” Proc. Int’l. Symp. Power Line Commun. and Its Apps., Lancaster, U.K., Mar. 30–Apr. 1
- [5]. Hernández Reza, Ashley”.(2004). Transmisión a alta velocidad por la red eléctrica” Revista Telemática pp.2-8 Año III No.7 .
- [6]. J. Bingham, “Multicarrier Modulation for Data Transmission: An Idea Whose Time Has Come,” IEEE Commun. Mag., vol. 28, no. 5, May 1990.
- [7]. Powerline - Telemarketing y Servicios e-CRM <http://www.powerline.es> [2000]
- [8]. S. Galli et al., “Home Networks And Internet Appliances Shape Service Provider Access Architectures,” IEEE Int’l. Symp. Services and Local Access, Stockholm, Sweden, June 18– 23, 2000.
- [9]. Zuberi, Khurram Hussain. Thesis Powerline Carrier (PLC) Communication Systems, Master of Science in Internetworking at Royal Institute of Technology, KTH.
- [10]. Ferreira, A.A. y Robson, G. “O Paradigma computacional da Próxima Década”, I Escola de Informática da SBC, Edição Norte. 2004.
- [11]. López. N, “Competitividad y administración agropecuaria”, Agronomía Colombiana, Vol. 15, No. 2 y 3, Mayo – Dic, 2003.
- [12]. Suárez. J, (1999). “La gestión tecnológica y de innovación, un factor decisivo para la competitividad. Su papel en la ganadería cubana”, Pastos y Forrajes. Vol. 22, No. 1.