

COMUNICAȚII DIGITALE PE REȚEAUA DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ - PROVOCAREA CONTINUĂ

DIGITAL POWER LINE COMMUNICATIONS THE CHALLENGES AHEAD

Eugen COCA

Facultatea de Inginerie Electrică, Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, România
13, Universității, 720229, tel: +40-230-522978/273, fax: +40-230-520277, ecoca@eed.usv.ro

Rezumat: Deschiderea pieței de energie a forțat firmele furnizoare de utilități să exploreze și ale piețe în căutarea unor noi oportunități de afaceri, fapt ce a marcat în ultimii zece ani evoluția cercetărilor privind comunicațiile pe liniile de alimentare cu energie electrică (PLC). Cercetările au fost orientate în primă fază pe oferirea de servicii legate direct de distribuția de energie electrică, cu ar fi controlul puterii absorbite, citirea de la distanță a contoarelor, controlului tarifului și automatizarea locuințelor. Aceste servicii cu valoare adăugată și cu necesități de viteză modeste au deschis noi piețe pentru companiile de electricitate. În primul rând, viteza de comunicație este mică; în al doilea rând, nu este necesară comunicația în timp real. În contrast, comunicațiile dintre rețelele de calculatoare necesită viteze de transmisie mai mari și, în anumite cazuri, răspuns în timp real (pentru aplicațiile video sau TV). De-a lungul ultimilor ani și rata de utilizare a Internet-ului a crescut foarte mult. Aceste cerințe complică mult proiectarea unui sistem de comunicații, dar cercetările din ultimii ani sau axat foarte mult pe acest domeniu. Dacă va fi posibilă furnizarea acestui serviciu pe liniile de alimentare cu energie electrică, companiile de electricitate ar putea deveni un furnizor de servicii de comunicații pe o piață aflată în plină expansiune. În acest moment există în stadiul de testare sisteme care oferă mai mult de 10 Mbps, dar sistemele exploatate comercial nu oferă mai mult de 100-768 kbps și asigură în cea mai mare parte servicii de citire a contoarelor. Acest articol prezintă pe scurt o descriere a sistemelor și echipamentelor de comunicație folosite astăzi în majoritatea companiilor de electricitate și oferă o analiză a extraordinarului potențial de piață pe care îl oferă transmisiile de date de mare viteză pe liniile de alimentare cu energie electrică.

Keywords: electricitate, rețea, comunicații, PLC, energie, performanță, modulație, Internet, VoIP.

1. Introducere

Companiile de distribuție a energiei electrice sunt un nou competitor pe piața de telecomunicații. De-a lungul ultimilor ani, rolul lor principal a fost de consumator de astfel de servicii de transmisii de voce și de date [1]. Datorită ariei mari de acoperire de rețelele de înaltă, medie și de joasă tensiune, aproximativ întreg teritoriul statelor dezvoltate face parte din această rețea electrică. Rețele electrice impun prezența unor automatizări și relee de protecție.

Rețelele de joasă tensiune nu au fost niciodată utilizate pentru transmiterea informațiilor (cu excepția câtorva teste desfășurate în anii '90). Rețelele de medie tensiune utilizează așa-numitele sisteme de automatizare a distribuției (SAD) care implică comunicația cu dispecerul energetic. Căile de comunicație utilizate în prezent sunt asigurate de rețele

Abstract: The deregulated market has forced the power utilities to explore new markets to find new business opportunities, which have increased the research in power-line communications the last decade. The research has initially been focused on providing services related to power distribution such as load control, meter reading, tariff control, remote control and smart homes. These value-added services would open up new markets for the power utilities and hence increase the profit. The moderate demands of these applications make it easier to obtain reliable communication. Firstly, the information bit rate is low; secondly, they do not require real-time performance. On the contrary to power related applications, network communications require very high bit rates and in some cases real-time responses are needed (such as video and TV). During the last years the use of Internet has increased. This complicates the design of a communication system but has been the focus of many researchers during the last years. If it would be possible to supply this kind of network communication over the power-line, the utilities could also become communication providers, a rapidly growing market. Systems under trial exist today and claim a bit rate of more than 10 Mbps, but most commercially available systems use a low bit rates, about 100-768 kbps, and provides low-speed demanding services such as meter reading. This article presents a short description of systems and equipments in use today in power distribution companies and the extraordinary market potential offered by the high speed data transmission over power lines technologies.

Keywords: power, line, communications, PLC, electricity, energy, performance, modulation, Internet, VoIP

1. Introduction

Power utilities companies are a new key-player on the telecommunications market. For the latest years, their main role was as a large consumer of data and voice transmission services [1]. Due to large areas covered by high, medium and low voltage power lines, approximately the entire territory of any developed country is part of the big electrical network. Electric power networks mandatory involve a number of automation relays and protections.

Low voltage distribution network was never used for data transmissions (with the exception of some trials made in the nineties). Medium voltage networks use a so-called Automation Distribution Network (ADN) which involves data communications between the dispatcher and the remote protection relays. The communication path used now is only

radio (în bandă radio sau chiar microunde). Liniile de înaltă tensiune sunt utilizate pentru transmisii de date de mică viteză (9.6 kbps) și de voce de mai bine de 40 de ani. Prețul echipamentelor este ridicat, dar căile de comunicație sunt suficient de sigure pentru a justifica astfel aceste costuri.

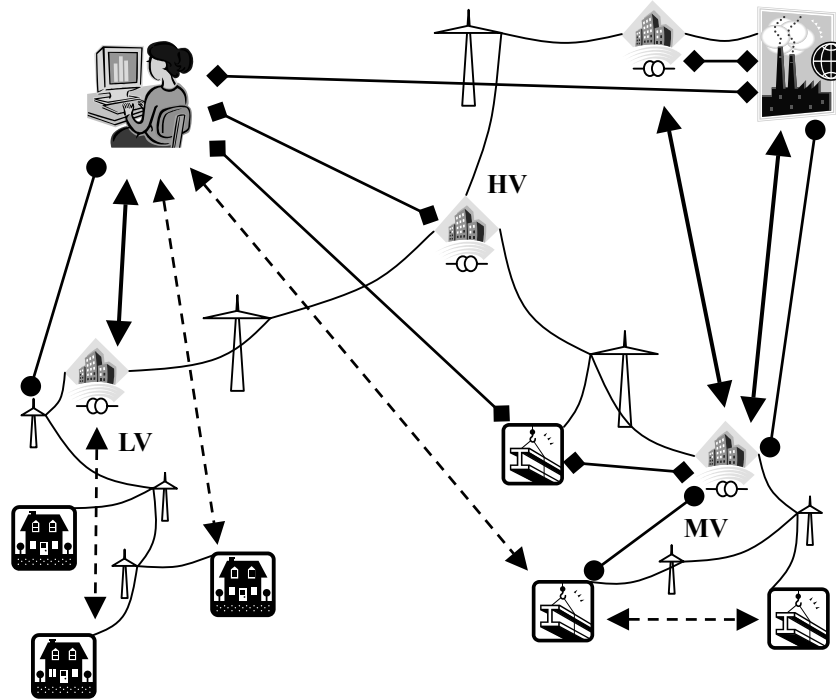
over radio link (in the high frequency band or microwave). High voltage power lines where used for low speed (9.6 kbps) data and voice transmissions for over forty years now. The cost of the equipments where considerably high but the communication paths where safe enough for the money paid.

2. Transmisii de date în companiile de electricitate

O diagramă a sistemului actual de comunicații utilizat de companiile de distribuție a energiei electrice este prezentată în Figura 1. Majoritatea legăturilor sunt pe linii închiriate și sisteme PLC de mică viteză.

2. Data transmission in power companies

A diagram showing today communication paths used by a large power distribution company is shown in Figure 1. Most of the links are over leased line and low speed PLCs.





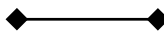





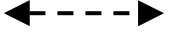
	Power plant	(H, M, L) V	High, Medium, Low Voltage Power Distribution Network
	Dispatcher		Leased Line
	Substation		Radio link
	Industrial consumer		Low Speed PLC
	Residential consumer		Without Communication

Fig. 1. Structura actuală clasică a sistemului de comunicații a companiilor de electricitate
 Fig. 1. The actual standard layout of the telecommunication network of power distribution companies

Necesitățile de comunicație dintre dispecer și rețeaua de automatizare de medie tensiune este asigurată în parte de o rețea radio, cu viteze de 1200 bps și în cel mai bun caz de 9600 bps. Liniile închiriate nu sunt o alternativă din cauza costurilor mari. Comunicațiile de mare viteză pe distanțe lungi sunt acoperite în exclusivitate de legături

Communications needs between the dispatcher and the medium voltage automation are only in part satisfied by an old radio communications network, with only 1200 bps or in the best case 9600 bps. Leased lines in this field are not an alternative due to highly cost of the solution.

Long distance high speed communications are exclusively

radio închiriate. În acest moment nu există transfer de informație între dispecer și consumator (cu câteva excepții - pentru anumiți mari consumatori există linii închiriate).

Comunicațiile de voce sunt asigurate de companiile publice sau private de telefonie prin intermediul liniilor închiriate sau a terminalelor mobile. Politicile tarifare ale acestor companii au determinat o scădere a costurilor pentru comunicațiile de mare distanță la companiile de telefonie mobilă comparativ cu cele de telefonie fixă.

Aplicații ca citirea automată a contoarelor sunt asigurate prin intermediul modem-urilor GSM integrate într-o rețea națională. Din nou, costurile asociate acestui tip de transmisie sunt prohibitive.

Cablurile de fibră optică care se instalează în acest moment pe rețeaua de înaltă tensiune va asigura necesitățile de comunicație dintre dispecer și transmisiile de voce și date dintre stațiile de transformare. În această arhitectură clientul nu face parte din proiect.

3. Noile tehnologii de comunicație - o nouă legătură cu clienții

Fibra optică instalată în conductorul de protecție te liniile de înaltă tensiune oferă oportunitatea realizării de comunicații de foarte mare viteză. Topologia prezentată în Figura 2 prezintă o posibilă soluție pentru un sistem integrat care combină rețeaua de fibră optică și comunicațiile pe rețeaua de energie electrică. În acest sistem căile de comunicație între dispecer și stațiile de transformare și centralele de producție sunt asigurate pe căi de foarte mare viteză optice. Este necesară instalarea de legături radio de rezervă. Legătura între stațiile de transformare și clienți, prin intermediul transformatorului, este asigurată de un sistem de comunicații PLC de mare viteză. Atât clienții rezidențiali cât și cei industriali au acces la această rețea.

În ciuda numeroaselor progrese înregistrate în domeniul comunicațiilor PLC încă mai persistă câteva dificultăți și anume: atenuarea variază în timp și cu frecvența; configurația rețelei se schimbă frecvent din cauza sarcinilor care se comută aleator; tipurile de modulație standard nu pot fi utilizate din cauza propagărilor multiple; lipsa ecranării determină comportarea conductoarelor ca și antene; din cauza problemelor de compatibilitate electromagnetică nivelul semnalului nu poate fi crescut [3,4,5].

În același timp, avantajele oferite de sistemele PLC comparativ cu alte sisteme de transmisie sunt numeroase: este mediul cel mai răspândit, cu mai multe prize în fiecare cameră din locuință; este disponibil în întreaga lume; este ușor de adoptat de clienți, cu costuri minime; este foarte ușor de instalat; oferă viteze de comunicație comparabile cu rețelele Ethernet.

Implementând un asemenea sistem, companiile de electricitate pot sigura clienților mai multe servicii, printre care amintim: acces la Internet, telefonie, citirea automată a contoarelor, video la cerere, monitorizarea sistemului de alarmă, aparatură inteligentă. Servicii suplimentare sunt asigurate și companiilor de utilități: managementul sarcinii, comutarea și echilibrarea încărcărilor în rețea, localizarea defectelor, monitorizarea calității energiei livrate, tarifare în timp real.

Multe companii au fost interesate de această nouă tehnologie, câteva realizând implementări de test în anul 2001 - Tabelul 1 [2].

assured by leased radio links. In this moment, there are no links and no information transfer between the dispatcher and the customers (with some exceptions - for very large industrial customers there are leased lines installed).

Voice communications needs are assured by public or private phone companies via fixed or mobile terminals. Due to tariff policies, the long distance costs associated to voice call are much lower on mobile networks than on fixed ones.

Applications like Automatic Meter Reading are assured by a GSM modems integrated in a national system. Again, the associated costs of this type of transmission are prohibitive.

Fiber optic cables are to be installed on the high voltage transmission power network, will assure the communications needs for power system regulatory center, voice and data transmission for power stations. In this architecture the customer is not part of the project.

3. New communication technologies - a new link to customers

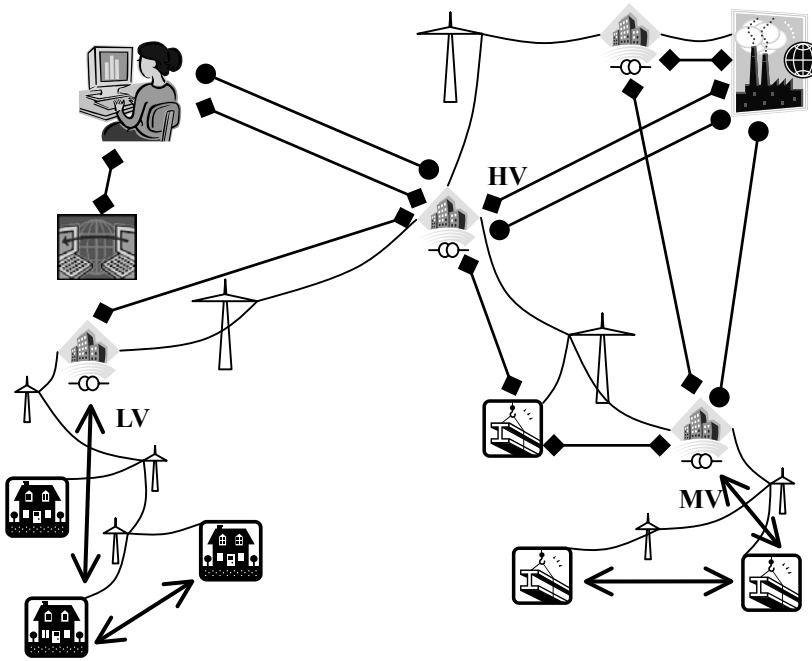
The newly installed optical fiber in the protection wire over transmission lines, offer a great opportunity to have very high speed for the electricity companies. The topology presented in Figure 2 shows a possible integrated solution to combine optical fiber network and power line carrier communications. In this system communication paths between the dispatcher and the power plants and power stations are assured via very high speed fiber optic links. There are also installed backup high speed radio network. The link between the power station and the customers via the power transformer are assured by digital power line communication systems. Both residential and industrial customer may have access to this big network.

Despite the progresses in implementing power line communications there are some difficulties associated to this type of transmission: attenuation varies with time, place and frequency; network configuration often changes because of switching loads; ordinary modulation cannot be used due to multiple propagation paths; lack of shielding as wires acts as antennas; due to EMC, the transmission level cannot be increased [3,4,5].

Also, power line communications have some advantages over other transmission medium: it is the most pervasive medium with multiple outlets in every room in the house; it is available worldwide; easy to adopt by customers, with the minimum cost; very easy to install; offer high-speed connectivity at Ethernet-class data rates.

Implementing such a system, the electricity companies may assure to the end customers many services, like: broadband Internet, internet telephony, automatic meter reading, video on demand, alarm monitoring, smart appliances. Supplementary services are assured for the utility company too. We can mention some of them: intelligent demand side management, load switching and balancing, fault location, peak saving, power quality monitoring, real/time pricing.

Many utility companies were interested by this new technology, some of them have implemented test networks in 2001 - Table 1 [2].





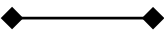

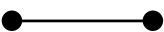




	Power plant	(H, M, L)V	High, Medium, Low Voltage Power Distribution Network
	Dispatcher		Fiber optic link
	Substation		High speed radio link
	Industrial consumer		High speed PLC link
	Residential consumer		High speed Internet link

Fig. 2. Topologia viitoare a rețelei de comunicații a companiilor de electricitate
 Fig. 2. The future topology of the communication network of power distribution companies

Tabelul 1. Primele companii care au furnizat servicii de date de mare viteză pe liniile de alimentare cu energie electrică începând cu anul 2001
 Table 1. The first companies who deliver data broadband services over power lines starting from 2001

Existing networks / Company	Country	Region	Technology	Speed (Mbps)	Users	Services
ENDESA	Spain	Zaragoza	Ascom, DS2	2 ... 12	3000	Internet, VoIP
		Barcelona	Ascom	2 ... 3	25	Internet, VoIP
		Sevilla	DS2	6 ... 12	25	Internet, VoIP
MANet	Germany	Mannheim	Ascom	2 ... 3	2800	Internet, VoIP
TIWAG	Austria	Innsbruck	n/a	1 ... 2	10 ... 25	Internet
		Vienna	n/a	1 ... 2	n/a	Internet, VoIP
		Axams	n/a	2 ... 3	50 ... 100	Internet

Importante progrese au înregistrat în ultimii ani și la companiile producătoare de circuite integrate destinate comunicațiilor digitale pe rețeaua de alimentare cu energie electrică. Cele mai importante caracteristici tehnice ale acestor rețele de transmitere a datelor în sistem PLC sunt prezentate în Tabelul 2.

Important developments were made by semiconductor companies from all continents. The most significant technical data of these networks that utilizes the PLC system to transmit data over power lines are presented in Table 2.

Tabelul 2. Cei mai importanți producători de circuite integrate destinate comunicației PLC
Table 2. Top companies producing integrated circuits for PLC use

PLC Semiconductor producers	Speed (Mbps)	Physical Layer	MAC Layer	Frequency Band (MHz)	Internet address
Adaptive Networks	0.1	DS/SS	n/a	0.14 ... 0.45	www.adaptivenetworks.com
Ascom	3.0	OFDM/GMSK	n/a	15.0 ... 25.0	www.ascom.ch
Cogency	14	OFDM/DQPSK	CSMA/CA	4.5 ... 21.0	www.cogency.com
DS2	45	OFDM/DQPSK	n/a	1.0 ... 38.0	www.ds2.es
Inari	12	OFDM	n/a	2.5 ... 18.0	www.inari.com
Intellon	14	OFDM/DQPSK	CSMA/CA	4.3 ... 20.9	www.intellon.com
ITRAN	24	DS/SS	CSMA/CA	4.0 ... 20.0	www.itrancomm.com
Mitsubishi	2.0	n/a	n/a	1.7 ... 30.0	www.mitsubishielectric.co.jp
nSine	10	OOK/GFSK	nCODE	8.0 ... 32.0	www.nsine.com
Priminet	24	DS/SS	CSMA/CA	4.0 ... 20.0	www.priminet.co.jp
Siemens	1.2	OFDM	n/a	1.0 ... 5.0	www.siemens.com
Xeline	32	n/a	n/a	n/a	www.xeline.com

4. Topologia unei rețele PLC

După cum se observă în Figura 3, componenta cheie al acestei tehnologii este elementul de cuplaj dintre primarul și secundarul transformatorului și care este parte din calea de semnal. În America de nord un transformator deservește un număr de 5 până la 10 clienți, iar în Europa în jur de 150. În România acest număr este considerabil mai mare. Semnalele asociate transmisiei PLC nu pot trece prin transformator.

4. Low level PLC network topology

As shown in Figure 3, the key element of this technology is the coupler between the primary and the secondary of the transformer which is the path for data signal. In North America, a transformer serves from 5 to 10 households while in Europe a transformer serves more than 150 households. In Romania this number is considerably larger. Digital Power line signals cannot pass through a transformer.

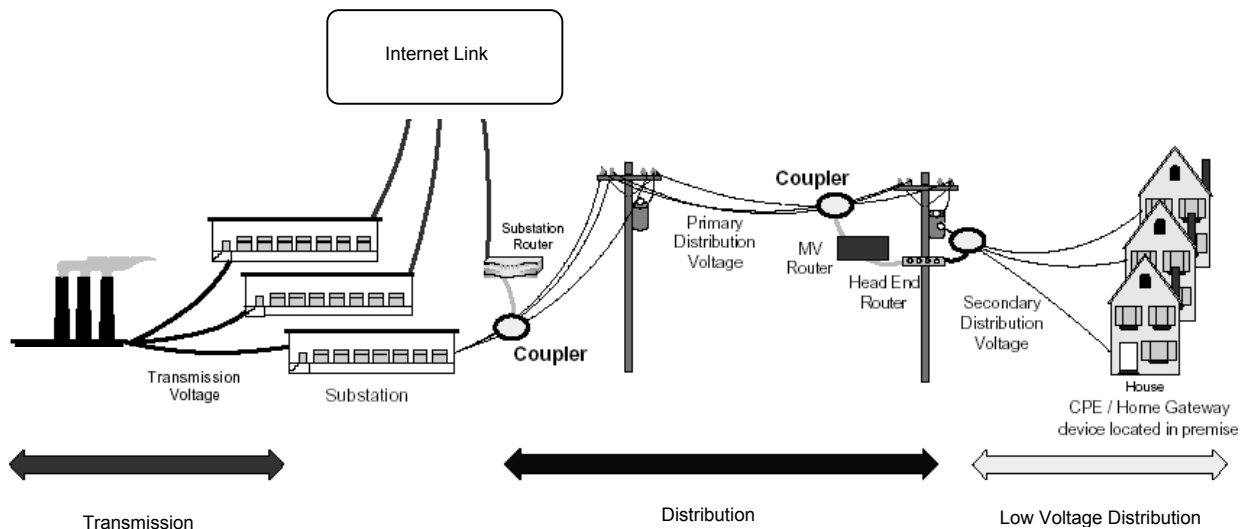


Fig. 3. Structura de bază a unei rețele de comunicații digitale PLC
Fig. 3. The low level topology of the digital PLC network

De aceea, fiecare stație și fiecare post de transformare are nevoie de un asemenea echipament, acesta fiind și cea mai scumpă componentă a sistemului. Cu cât sunt mai puține locuințe racordate la un transformator, cu atât costurile sunt mai mari. Cu toate acestea, concluziile au fost trase, analizele arătând că rata de abonați ar putea ajunge la aproape 100% în SUA, făcând sistemul profitabil [1].

5. Concluzii

Teste cu sisteme de comunicații PLC au fost făcute în peste 25 de țări și sistemul a fost instalat în aproximativ 30000 de locuințe. Rezultatele obținute au fost extreme de încurajatoare, prognozele arătând o creștere a cererii în acest domeniu. Piața de dispozitive de comunicații care integrează rețelele din locuințe este estimată la mai mult de 3 miliarde de dolari pentru 2005 [8,10].

Transmisia digitală pe liniile de electricitate se constituie într-o alternativă atractivă de conectare la Internet față de clasicul modem și linia telefonică. O investiție în tehnologia PLC va face din companiile de electricitate a furnizor de servicii de transmisii de date de bandă largă, asigurând transmisii de date, voce și semnal video. Companiile de electricitate sunt capabile să asigure o cale directă pentru comunicații de bandă largă direct care locuințele sau birourile clienților.

Liniile electrice ajung în fiecare și fiecare clădire. Există o experiență îndelungată în exploatarea și întreținerea cablurilor și sistemelor de distribuție. Serviciile pe distanțe lungi pot fi asigurate pe liniile de energie existente prin integrarea sistemului de comunicații pe fibră optică. Este sigur că prin integrarea dintre sistemul de comunicații pe rețeaua electrică și sistemul de comunicații pe fibră optică companiile de electricitate pot să concureze în câțiva ani companiile furnizoare de servicii telefonice și să câștige.

Este momentul ca și companiile de electricitate să accepte provocarea și să facă investiții în acest domeniu deoarece vitezele mari de acces pot asigura Internet, video la cerere, telefonie locală și telefonie la distanță pentru toți abonații, profiturile obținute putând fi considerabile.

Bibliografie (References)

1. AKKERMANS, J.M., HEALEY, D., OTTSSON, H.: *Report on the Transmission of Data over the Electricity Power Lines (Raport privind transmiterea datelor pe liniile de alimentare cu energie electrică)*, Report to the European Commission (DG III, Information Society Technologies - IST Programme), Task contract No.116503 Report, Malmö, Sweden, June 1998
2. DIETHARD, H.: *Update on Power Line Telecommunication (PLT) Activities in Europe (Starea activităților de transmitere a datelor prin rețeaua de energie electrică în Europa)*, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Minneapolis, Minnesota, Aug 19-23, 2002
3. DOSERT, K.: *EMC Aspects of High Speed Powerline Communications (Aspecte privind compatibilitatea electro-magnetică în cazul transmisiilor de mare viteză pe rețeaua de energie electrică)*, Proceedings of the 15th International Wroclaw Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility, June 27-30, Wroclaw, Poland, 2002
4. DOSERT, K.: *RF-Models of the Electrical Power Distribution Grid (Modelul de radio frecvență a rețelei de distribuție a energiei electrice)*, Proce. of the 1998 International Symposium on Power Line Communications and its Applications, Tokyo, March 1998, pp.105-114
5. ISSA, F. et. al.: *Outdoor Radiated Emission Associated with PLC Systems (Emisiile exterioare asociate sistemelor PLC)*, IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Aug. 13-17, Montreal, Canada, 2001
6. WELSH, D. W.: *Investigation of likely increase in established radio noise floor due to widespread deployment of PLT, ADSL and VDSL broadband access technologies (Investigații privind stabilirea nivelului de zgomot de fond datorită dezvoltării pe scară largă a tehnologiilor de bandă largă PLT, ADSL și VDSL)*, EMC Symposium, Zurich, 2001
7. CERN, Y.: *Inductive coupling of a data signal to a power transmission cable (Cuplajul inductiv al semnalului de date la un cablu de energie electrică)*, US Patent no. US6452482, 2002
8. LOCHER, J.: *Survey of Power Line Telecommunication (PLT) - Applications and the scheduled research (Analiza transmisiilor de date pe rețeaua de energie electrică - Aplicații și cercetări programate)*, Laboratory activity report, Budapest University of Technology and Economics, 2002
9. www.PLCForum.com
10. www.ipcf.org
11. www.homeplug.com
12. www.hdl.de
13. www.ambientcorp.com
14. www.enersearch.com

Therefore, all electrical substation equipment needed for Digital Power line has to be located after the transformer, this element being the most expensive in the system. If there are fewer households per transformer predicted equipment costs would be prohibitive. However, this conclusion has been debated. Analysts suggest that 100% subscription rates are possible in US and at such rates Digital Power line is profitable.

5. Conclusions

Tests with Power line Communication have been carried out in around 25 countries, where the system has been installed in approximately 30000 residences. The mapping of results has been extremely positive, and forecasts a great demand for the system. The market for communication devices integrating home networking technologies is estimated at more than \$ 3 billion in 2005 [8,10].

Digital Power line technology is definitely an exciting alternative to connecting to the Internet via phone and modem. An investment in power line technology will make the power utility companies a high bandwidth carrier, providing data, voice, and video transmission. The electrical utility companies will be able to provide a direct route for high-speed broadband communications directly to the home or office of their customers. Their lines are already entering every house and office building. These same companies have plenty of expertise in running and maintaining distribution cables and systems. Long distance service can be provided over the existing power transmission lines, by integrating and the optical fiber cables that many communications companies already have in place, with the power grid. It is sure that by integration of power line and fiber optic line technologies the electrical companies could challenge the local telephone companies in a few years and win.

It is the moment for power distribution companies to accept the challenge and make an investment in these technologies as its high speed will provide Internet access, video on demand, local phone, and long distance phone services to all customers, resulting in profit rising.