

# Távközlés a villamos hálózaton (Power Line Telecommunication)

LÖCHER JÁNOS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamosenergetika Tanszék

locher@vmt.bme.hu

**Kulcsszavak:** Internet, szélessávú csatlakozás, on-line hozzáférés, OFDM

A villamoshálózati távközlés (Power Line Telecommunication) egy új technológia, amely a meglévő kifeszültségű villamos hálózatot használja berendezések közötti átvitelre. A villamoshálózat ilyen célú felhasználása nem új ötlet. Már régóta használják különböző kapcsolókészülékek vezérlésére, vagy telefonkapcsolat létrehozására. Ezek minősége és a rájuk megvalósítható szolgáltatások, viszont már korántsem elegendők napjaink megnövekedett igényeinek kielégítésére. Az Internet terjedése meghozta az igényt egy mindenki számára elérhető szélessávú adatkapcsolatra. Az új digitális modulációs eljárások pedig megteremtették annak a lehetőségét, hogy a villamos hálózatot használhassuk fel ilyen célból.

Az Internet terjedésével megnőtt az igény a szélessávú adatkapcsolat mind szélesebb körű kiépítésére. Ez az igény hozta magával azokat a megoldásokat, amelyek egy már meglévő hálózatot használnak fel a szélessávú Internet-hozzáférés biztosítására. Ilyenek az analóg telefonvonalon működő ISDN, vagy ADSL rendszerek, de ezek közé sorolhatóak a kábeltelevízió rendszert felhasználó kábelmodemes megoldások is. Ezek persze csak olyan helyeken működőképesek, ahol a felhasznált hálózat elérhető.

Létezik egy ezeknél lényegesen nagyobb hálózat, ami szinte minden olyan helyen hozzáférhető, ahol az adatátvitel egyáltalán szóba jöhet. Ez a hálózat pedig a kifeszültségű villamosenergia elosztó rendszer.

Ebben a cikkben a villamoshálózati távközlés (Power Line Telecommunication – PLT) felhasználásának lehetőségét szeretném bemutatni szélessávú adatkapcsolatok létrehozására.

## PLT rendszerek csoportosítása

A PLT-t a felhasználás szempontjából két nagy csoportra lehet bontani. Az első a tipikusan házon belüli (Indoor), a második a házon kívüli (Outdoor) hasznosítás.

Az *Indoor alkalmazás* a PLT technológia jobban terjedt változata. Ebben az esetben a már meglévő kifeszültségű elektromos hálózatot használják az eszközök összekötésére. Az áthidaló távolságok általában rövidek, nem érik el a 100 métert. Tipikus felhasználás, amikor az összekötni kívánt berendezések, például a számítógép és perifériái egy lakásban találhatóak. Ebből adódóan, célszerű 10 Mb/s nagyságrendű adatátvitelt megvalósítani.

Az *Outdoor alkalmazás* esetében a PLT-t épületek összekötésére használják egymással, vagy más hálózatokkal. Az áthidaló távolságok nagyobbak, mint az Indoor felhasználás esetén, de még ekkor sem érik el általában az 500 métert. A megnövekedett távolságok

miatt a sebessége legtöbbször kisebb, mint az előző esetben. Outdoor felhasználás esetén a csatornkapacitást általában nem szimmetrikusan osztják el a le és felmenő irányban.

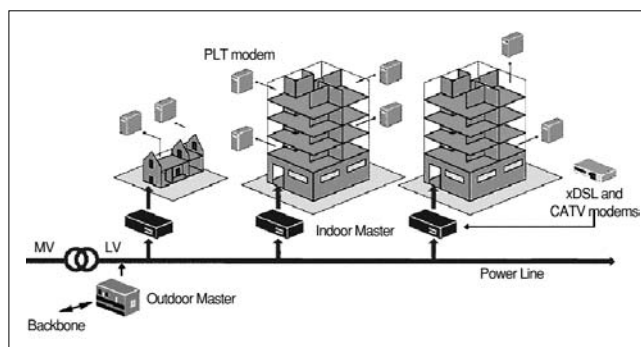
## PLT hálózat felépítése

A PLT technológia nagy előnye, hogy különböző topológiájú hálózatokon is használható. A legelterjedtebb megoldások azonban a fa struktúrát alkalmazzák. Egy így felépített PLT hálózatot mutat be az 1. ábra.

Egy hálózat általában egy transzformátorkörzetet fed le, ám semmi akadály, hogy egy transzformátorkörzeten belül több hálózat is üzemeljen. Az ábrán látható, hogy az összeköttetés pont-multipont jellegű. Ebből adódóan kell lennie egy fejjárműnek, ami a hálózat működését vezérli. Ezt angolul Outdoor Master-nek (OM), vagy más terminológiában HeadEnd-nek (HE) hívják. Ezen az egységen keresztül kapcsolódik a PLT cella a többi hálózati részhez. Elhelyezkedését tekintve nincs kitüntetett helye. A hálózaton belül bárhol felszerelhető, ahol a működésének megfelelő feltételek biztosítva vannak.

Minden épület egy házi elosztón keresztül csatlakozik a hálózatra, ezt angolul Indoor Master-nek (IM), vagy

1. ábra PLT hálózat felépítése



másképp HomeGateway-nek nevezik. Ennek a berendezésnek a feladata, hogy összekösse az egy épületen belüli eszközöket a hálózat többi részével. A házon belüli forgalmat elválasztja a házak közötti forgalomtól, így az egyik házon belüli forgalom nem zavarja a többi ház szolgáltatásainak működését.

A felhasználók egy PLT modemem keresztül csatlakoznak a hálózathoz. Ez az egység a hálózati hozzáférés minden feladatát elvégzi, kezelést nem igényel. Minden funkciója automatikus és távolról irányítható. A felhasználó ezeket a berendezéseket a már megszokott módon kötheti hozzá a számítógépéhez, vagy telefonjához.

### Felhasználási területek

A PLT legjellegzetesebb célja az Internet-hozzáférés biztosítása. Ezzel a legtöbb jelenlegi last-mile technológiánál nagyobb sebesség érhető el. Nincs szükség a betárcsázós hozzáféréseknél alkalmazott kapcsolat felépítési eljárásra, a 24 órás, folyamatos elérés könnyedén megvalósítható.

Második legelterjedtebb felhasználása a telefonbeszélgetések megvalósítása VoIP (Voice over IP) technológia segítségével. Összekötve a PSTN hálózattal lehetőség nyílik PLT-n belüli és azon kívüli hívásokra, beleértve a nemzetközi hívásokat is. A digitális átvitel következtében az átviteli utak jellemzői nem befolyásolják a hangminőséget. Titkosítási algoritmusok alkalmazásával a beszélgetések lehallgatása megnehezíthető.

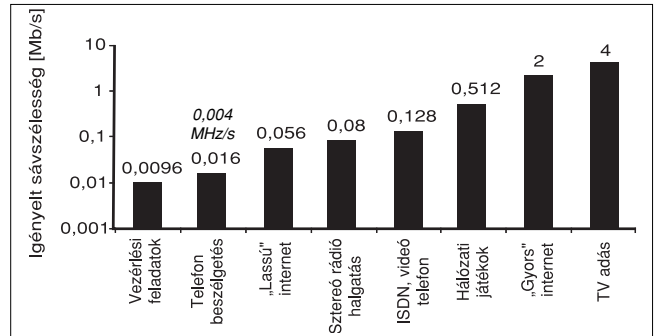
Az épületen belüli különböző informatikai, automatizálási rendszereket PLT segítségével össze lehet kötni egymással, vagy a felügyeleti rendszerrel. Lehetőség nyílik arra is, hogy eleve PLT-t használó automatizálási rendszereket telepítsünk, megtakarítva ezzel a plusz kábelezések költségét.

Az áramszolgáltatók PLT segítségével könnyedén leolvashatják a fogyasztóknál elhelyezett mérőket. A mérőkben lehetőség nyílik a napszaknak, illetve a fogyasztásnak megfelelő tarifák váltására, ezáltal a mérő a fogyasztott kWh mellett az érte fizetendő díjat is kijelzheti.

Vagyonvédelmi rendszereknél kamerák, érzékelők jeleinek továbbítása, a napi 24 órás távfelügyelet szintén megvalósítható a segítségével.

### Alkalmazások által igényelt sávszélességek

A különböző alkalmazások által igényelt sávszélességeket mutatja be az 1. grafikon, melyen látható, hogy a legkisebb sávszélességet a vezérlési funkciókat ellátó, épületinformatikai rendszerek igénylik. Következő lépcsőfokok a telefonbeszélgetések és a lassú Internet. Ez a ma széles körben elterjedt betárcsázós Internet hozzáférés sávszélessége. Álló- vagy mozgóképek át-



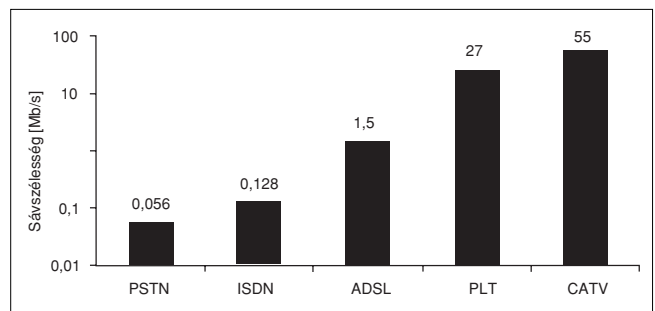
1. grafikon Alkalmazások sávszélesség igénye

viteléhez azonban már jelentősebb sávszélességek kellenek. Egy PAL rendszerű színes TV-program és a hozzá kapcsolódó sztereo hang átviteléhez a követelményektől és a kódolástól függően 1-6 Mb/s szükséges. Ennek a megvalósítására mindenféleképpen valamilyen szélesávú kapcsolatot kell igénybe venni.

### Más (last-mile) technológiák által nyújtott átviteli sávszélességek

A 2. grafikonon látható egy összeállítás más (vezetékes) last-mile technológiák által elérhető átviteli sávszélességekről. A grafikonról leolvasható, hogy a PLT által megvalósítható értéknél csak a CATV használata adhat jobb eredményt. Ennek elérésére a CATV technológia viszont speciális UHF tartományú átvitelre kifejlesztett kábeleket használ.

Itt érdemes megemlíteni, hogy mind a PLT, mind a CATV pont-multipont (busz) jellegű összeköttetést jelent, ezért a rendszer által megvalósított sávszélességen osztozik az összes rákapcsolt felhasználó.



2. grafikon Különböző technológiák által elérhető sávszélességek

### PLT átvitel megvalósításának nehézségei

A kiefeszültségű villamosenergia elosztó hálózatot nem tervezték nagyfrekvenciás működésre. Ezért ezek a kábelek nem árnyékoltak és a vezetők közötti szimmetria viszonyok sem hasonlíthatók a sodrott érpárhoz. Az árnyékolás hiánya miatt ezek a vezetékék antennaként viselkednek, ezáltal zavaró jeleket sugároznak a környezetükbe.

A kisfeszültségű villamosenergia elosztó hálózat csillapítása, hullámimpedanciája erősen változik a frekvencia, a hely és az idő függvényében. Ez nagymértékben megnehezíti az ilyen hálózatokat felhasználó távközlési rendszerek tervezését. A hagyományos modulációs eljárások az ellenőrizetlen terjedési utak és a reflexiók miatt nem használhatók.

A hálózat jellemzői a kapcsolat ideje alatt sokat változnak a fogyasztók gyakori ki és bekapcsolása következtében.

A meddő teljesítmény kompenzátorokban és a hálózati zavaroszűrőkben alkalmazott kondenzátorok miatt a PLT jel szintje radikálisan lecsökkenhet. Ugyanezen sávot használó egyéb szolgáltatások zavarásának elkerülése érdekében viszont, a PLT átvitel szintjét nem lehet korlátlanul emelni.

## Szabványosítási problémák

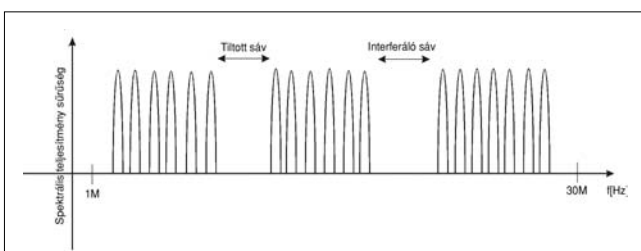
Európában jelenleg az EN50065/1-s szabvány vonatkozik a kisfeszültségű hálózatok másodlagos, távközlési alkalmazására. Erre a célra lehetővé teszi a 3 kHz-től 148,5 kHz-ig terjedő sáv használatát. Ez a tartomány önmagában sem elegendő a szélessávú adatátvitel megvalósítására. A problémát nehezíti még, hogy a szabvány csak a 125-140 kHz-ig terjedő részsávot engedélyezi a hozzáférési protokollt alkalmazó átvitel számára. Előírja az alkalmazható modulációs eljárásokat és protokollokat. Az így kialakított berendezések ennek következtében kompatibilisek lehetnek egymással, ám a túl „szigorú” előírások megnehezítik az újabb technológiák bevezetését.

Az európai szabványosítással foglalkozó szervezetek előtt jelenleg elfogadásra vár egy új tervezet. Ez lehetővé teszi 9 kHz-től 30 MHz-ig terjedő sáv felhasználását PLT célokra. Ennek elfogadásával mód nyílik a szélessávú adatátvitel megvalósítására kisfeszültségű hálózatokon.

Problémákat vet fel az, hogy ez a sáv már részben foglalt. Itt működnek a rövidhullámú műsorszóró rádióadók, a tengeri hajózási navigáció, a rádiócsillagászat és nem utolsósorban katonai felhasználása is van. Emiatt igen fontos, hogy mérsékelni kell a PLT zavarójel kibocsátását.

A tervezett szabvány korlátozza a vezetékektől adott távolságban mérhető mágneses térerőt, oly mértékben, ami – az eddigi tapasztalatok alapján – nem okoz zavarást a többi szolgáltatás működésében. A szabvány

2. ábra OFDM moduláció spektruma



nem foglalkozik viszont sem a vezetett zavarok kérdésével, sem a PLT rendszer felépítésével, berendezéseinek paramétereivel. Ez meglehetősen nagy szabadságot és ezzel együtt rugalmasságot ad a gyártók kezébe. Ezáltal minden olyan megoldás, amely megfelel a kibocsátott határértékeknek, szabványosnak tekinthető, habár ezek a rendszerek legtöbbször egymással nem kompatibilisek.

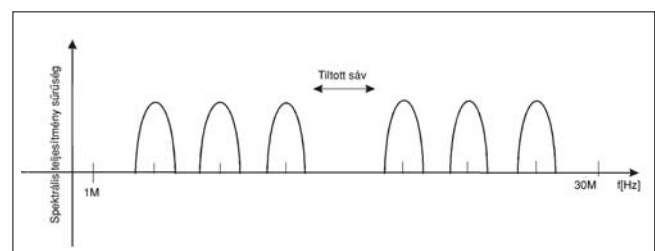
## Modulációs eljárások

A hagyományos modulációs eljárások zaj és zavarérzékenysége miatt újfajta eljárásokat kellett kifejleszteni. Mivel az előírások nem kötik meg a technikai paramétereket, ezért sok megoldás született. Ezek közül az OFDM és a GMSK eljárás terjedt el a legszélesebb körben. Mindkét eljárásnak közös jellemzője, hogy megpróbálja szétszórni az átvinni kívánt információ energiáját a teljes rendelkezésre álló sávban. Az így kialakított spektrum a zajéhoz hasonlít. Ez a megoldás sokkal kedvezőbb a többi szolgáltatás zavarátása szempontjából. Növeli az átvitel impulzusszerű zavarokkal szembeni védettségét. Ilyen típusú zavarok esetén az átvitt információ kis része vész csak el, amit viszont a hibajavító kódolás alkalmazásával könnyű helyreállítani.

Az OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) nem szoros értelemben vett moduláció, hanem egyfajta multiplexálási eljárás. Sok vivőt, tipikusan több ezret alkalmaz, néhány kHz-es raszter távolságban (2. ábra.) A vivőket legtöbbször QPSK, vagy QAM módszerrel modulálják. Ha a felhasználni kívánt sávban van olyan tartomány, aminek a használata tiltott, akkor az egyszerűen kihagyható. Ugyanez az eljárás alkalmazható, ha egy frekvenciatartományról kiderül, hogy például interferenciák miatt megengedhetetlenül nagy a zavar szintje. Ezzel a megoldással kielégítő a kompatibilitás a már meglévő szolgáltatásokkal.

A GMSK (*Gaussian filtered Minimal Shift Keying*)-t ma már az OFDM teljesen kiszorította az újonnan fejlesztett berendezéseknél, de még széles körben használatos a néhány évvel ezelőtt telepített hálózatokban. Ennél a digitális modulációs eljárásnál kevés, tipikusan 3-6 vivőt alkalmaznak. A vivők sáv szélessége néhány MHz (3. ábra). Ezeket úgy kell elhelyezni a rendelkezésre álló frekvenciasávban, hogy azok ne zavarjanak egyéb szolgáltatásokat. A legkisebb zavarás a vivők frekvenciájának és amplitúdójának a helyes megválasztásával biztosítható.

3. ábra GMSK moduláció spektruma



Műszaki jellemzők	Gyártók		
	DS2	ASCOM	HomePlug
Adat sebesség	27 Mb/s le 18 Mb/s	4,5 Mb/s le 4,5 Mb/s fel	14 Mb/s
Frekvencia tartomány	1-38 MHz	1,6-30 MHz	4,5-21 MHz
Vivők száma	1280	6	84
Moduláció	OFDM	GMSK	OFDM
Modulációs hatékonyság	7,25 b/s/Hz	0,75 b/s/Hz	1,16 b/s/Hz

1. táblázat Különböző PLT rendszerek összehasonlítása

## Gyártók

Jelenleg a világban szinte kizárólagosan a DS2 cég által kifejlesztett lapkakészletet használják a szélessávú kapcsolatot biztosító berendezések gyártásánál. Emiatt a különböző gyárak által előállított termékek között lényegi különbség nemigen tapasztalható. A termékek közötti eltérés legtöbbször csak a hozzájuk adott szolgáltatásokban, szoftverekben és a külső megjelenésben található. A GMSK modulációt alkalmazó gyártók közül a legsikeresebb az ASCOM cég. Ők voltak Európában az elsők, akik tömeggyártásban állítottak elő PLT rendszereket. A legtöbb németországi és ausztriai rendszer a mai napig is az ő technológiájukat alkalmazza.

Említést érdemel még a HomePlug szervezet. Ez a szervezet felismerve, hogy milyen lehetőségek rejlenek a PLT hálózaton belüli felhasználásában, létrehozott egy „ipari szabványt”. Bármely gyártó szabadon kapcsolódhat a szervezethez és gyárthat HomePlug v1.0 kompatibilis berendezéseket. Az így létrehozott termékek – köszönhetően a HomePlug aránylag „szigorú” előírásainak – általában kompatibilisek egymással.

A különböző gyártók által létrehozott PLT rendszerek legfontosabb műszaki jellemzőit mutatja be az 1. táblázat.

## Összefoglalás

A PLT technológia műszaki szempontból ma már széles körben használhatónak tekinthető. Leküzdötte azokat a gyermekbetegségeket, melyek minden új technikákat alkalmazó rendszerrel jelentkeznek. Ezzel a megoldással szélessávú Internet kapcsolat biztosítható minden helyeken, ahol a villamos hálózat hozzáférhető.

Az EMC problémák tisztázását szolgáló szabványok és ajánlások jelenleg a kidolgozás különböző fázisaiban vannak. Megjelenésükig az adott ország frekvenciagazdálkodását végző szervezet általában „eltűri” az ilyen szolgáltatások üzemelését mindaddig, amíg bizonyítottan nem okoz zavartatást valamely engedéllyel üzemelő más rendszerben. Magyarországon még nem készültek alapos és megfontolt gazdasági számítások egy PLT eszközt alkalmazó hálózat kiépítésének lehetőségeiről, ezért nehéz arra a kérdésre egyértelmű választ adni, hogy a hazai viszonyok között gazdaságosan üzemeltethető-e ilyen szolgáltatás. Európa számos pontján viszont sikerült ilyen megvalósítani és a levonható következtetések alapján várható, hogy ennek a technikának inkább a ritkábban lakott kisvárosi, falusi területeken van létjogosultsága.

A PLT technológia elterjedését akadályozza még a vele szemben tanúsított idegenkedés, ami valószínűleg abból ered, hogy még a szakemberek körében is kevésbé ismert ez a terület. Remélhetően a közeljövőben a rendszer elterjedésének ez nem lesz akadálya.

## Hírek

A **Linksys®**, a **Cisco Systems** otthoni és kis irodai (SOHO) környezetekbe szánt szélessávú, vezeték nélküli termékcsalád keretében több újdonságot jelentett be. A multimédiás termék egy felsőkategóriás DVD lejátszót ötvöz egy Wireless-G médiacsatolóval, amely a PC-n tárolt digitális videó-, kép- és zenei anyagokat képes vezeték nélküli adatátvitellel TV-re vagy Hi-Fi berendezésre továbbítani. A készülék nagyfelbontású (HD) tévéken is képes lejátszani a DVD, CD vagy Video CD lemezeket. A beépített Wireless-G médiacsatolóval négyféle digitális tartalom (digitális videó, MPEG és DivX fájlok); digitális fényképek, digitális zene (MP3 és WMA fájlok), valamint különféle élő, internetes rádióműsorok játszhatók le. A termékcsalád másik újdonsága egy önálló Wireless-B médiacsatoló, melynek segítségével a különféle típusú digitális zenefájlok házi hangrendszeren hallgathatók meg. Az analóg és digitális világot Wireless-B (802.11b) hálózati kapcsolattal összekötő eszköz a digitális hangot – például a lejátszott MP3, WMA és más zenefájlokat – képes a PC-ről eljuttatni a zenekészülékre.

**MiniVideo a Digitaniatól.** Január közepe óta MiniVideo néven 15-20 másodperces videók tölthetők le mobiltelefonra. Európában harmadikként, hazánkban pedig elsőként jelentek meg a piacon. A GPRS-en keresztül, emelt díjas SMS-ben és WAP-on lekérhető minivideók minden Java-képes Nokia telefonon megjeleníthetők. A szolgáltatás mindhárom mobil szolgáltató hálózatán megfelelő készülékkel igénybe vehető. Egy videó letöltésének ára: 799 Ft+áfa. A felhasználó egy emelt díjas számra elküldi a kiválasztott videó azonosító kódját, amire egy válasz SMS-ben egy könyvjelzőt kap (szolgáltatói hírület névvel jelenik meg a telefonon), melynek segítségével letöltheti a videót. Cégük tervei között szerepel a kapcsolatfelvétel a magyar televíziós társaságokkal, és további együttműködési megoldások kialakítása.