

BPL (Broadband over Power Line) technológia alkalmazása az okos villamosenergia-hálózatokban (Smartgrid)

A BPL (szélessáv villamos hálózaton keresztül) technológia a villamos elosztóhálózatokon történő nagy sebességű adatátvitel céljából került kifejlesztésre. Mára a műszaki kihívások hardveres és szoftveres megoldása biztonságosan működő rendszereket eredményezett, ezáltal lehetővé válik az elosztóhálózat-tulajdonosok számára – saját villamos hálózati infrastruktúráján – a nagy sebességű kommunikáció. A jövő okos elosztóhálózataihoz (smartgrid) elengedhetetlen lesz a megbízható, gyors, alacsony késleltetéssel rendelkező adatkommunikáció. A külső szolgáltatási díjak és harmadik fél nélkül kiépíthető hálózati megoldás nagy szerepet tud játszani a fejlesztésekben.

TÖRTÉNELMI ÁTTEKINTÉS

Az alapötletet az 1928-ban az AT&T által kifejlesztett PLC (power-line communication, villamos hálózati kommunikáció) biztosította, melyben az energiaátvitel mellett a hálózati frekvenciától eltérő rádiófrekvenciákat használnak jelátvitelre és a hálózat monitorozására. A BPL esetében a nagy adatátviteli sebesség megvalósításához magasabb átviteli frekvenciákra és jelentősen szélesebb frekvenciasávra van szükség, melyek hagyományosan a rádiótávokzlés tartományába tartoznak. A háztartásokban gyakran alkalmazott powerline adapterek több gyártó termékínálában biztosítanak ma már akár 2400 Mbps sebességig adatátvitelt PLC technológiával otthoni környezetben a LAN- vagy wifi háztartási és irodai hálózatokban.

A villamosenergia-ellátás aktuális kérdései az energia-biztonság, a fenntarthatóság, a növekvő felhasználás és decentralizálódó energiatermelés és -betáplálás, az elektrifikáció egyre magasabb elvárásokat támasztanak a hálózatokkal szemben. A hálózatokon keletkező nagy mennyiségű adat és információ feldolgozása, különösen a KÖF- és KIF-hálózatokon a mérés- és vezérléstechnikai berendezések növekvő száma az okos hálózatok, smartgridek koncepciójának gyakorlati megvalósítása nélkül nem működhet.

A kommunikációs hálózatok biztonsága elsőrangú kérdés a smartgridek esetében, különösen a mai világpolitikai helyzetben, ahol a terrorizmus, a cyberháborúzás kiemelt célpontjaivá válhatnak az elosztó- és átviteli hálózatok. Az említettek tükrében újragondolták a PLC megvalósíthatóságát és szerepét a smartgridek számára. 2009-ben alakult meg a PRIME Alliance (PRIME = PowerLine Intelligent Metering Evolution) nemzetközi szervezet villamosenergia-átviteli (TSO), villamosenergia-elosztó (DSO), és elektronikaalkatrész-gyártó szervezetek részvételével. A szövetség célja egy új nyitott, publikus és gyártófüggetlen telekommunikációs megoldás kifejlesztése. A PRIME aktív részt vállalt a PLC szabványosításában és a szabványos megoldások terjesztésében, melynek hatására mára több mint 20 milliárd okosmérő működik BPL kommunikációs hálózatokban.

A PLC ezen belül a BPL technológia alkalmazása az okosmérő-infrastruktúra (smartmetering vagy AMI – Advanced Metering Infrastructure) kiszolgálásában éled újra. A KIF-hálózatokban kiegészítő kommunikáció nélküli okosmérő-eszközök telepítése a BPL legelterjedtebb alkalmazása.

MŰSZAKI KIHÍVÁSOK ÉS MEGOLDÁSUK

A villamos távvezetéseket és a villamosenergia-elosztó hálózatokat energiaátvitelre építették. Ebből adódóan a nagy frekvenciás adatátvitel számára nem ideálisak a hálózat tulajdonságai. A legjellemzőbb kihívások a technológiával kapcsolatban:

- interferencia különböző rádiófrekvenciás forrásokkal
- kapcsolóeszközök tranzienseiből keletkező hálózati zaj
- kábel és passzív eszközök csillapítása
- aktív eszközök által okozott jeltorzulás
- a szabványok és a kompatibilitás hiánya

A G.HN-BPL (ITU-T-G9960) SZABVÁNY

A szabványt az ITU 2010-ben fogadta el kifejezetten a villamosenergia-hálózatokon való széles sávú kommunikáció szabványosítására. Napjainkra vált a chipgyártók (Intel, Lantiq, Panasonic stb.) által is széles körben forgalmazott beépíthető termékeinek alapjává.

A területe kiterjed minden Smartgrid alkalmazásra:

- okosmérés, AMI
- okos háztartási eszközök smart appliances
- energiamenedzsment (EMS, PST)
- elektromosjármű-töltés (PEV charging)

Alaptulajdonságok:

- interferencia és zajproblémák megoldása rugalmas teljesítménysűrűség- (PSD) szabályozás maszkolással, dinamikus frekvenciatartomány-vágás
- 2–25 MHz működés otthoni alkalmazásokban, kompatibilitás 50–100 MHz működési profilokkal
- adatátviteli sávszélesség akár 400 Mbps
- alacsony késleltetési idő
- alacsony fogyasztás
- fejlett adatátviteli biztonság AES-128 kódolással, CCMP titkosítási protokollal
- több L3 protokoll támogatása
- meshhálózat-alapú működés
- diagnosztikai mód

A kialakított műszaki feltételek megalapozták a G.hn szabvány alapú BPL-hálózatok széles körű alkalmazhatóságát a villamosenergia-elosztó hálózatokon kialakítandó smartgrid megoldásokhoz.

A BPL GYAKORLATI ALKALMAZÁSAI SMARTGRID HÁLÓZATOKON, A SMARTGRID ÉS AZ AMI

Általánosabban megfogalmazva a smartgrid egy fejlett villamoselosztó-hálózat a fogyasztó- és termelőpontok között a kapcsolódó menedzsment- és háttérrendszerekkel.

Az okoshálózat szolgáltatásai a hálózati vagy háztartáson kívüli szolgáltatásokra, úgy mint az okosmérő-infrastruktúra (AMI), automatizált mérőóra-menedzsment (AMM), automatizált mérőóra-olvasás (AMR), valamint háztartáson belüli szolgáltatásokra (pl. plug-in elektromos járművek (PEV), okos háztartási eszközök – fűtő, vízmelegítő, légkondicionáló, mosógépek stb.) és a köztük megvalósuló kommunikációra oszthatóak fel.

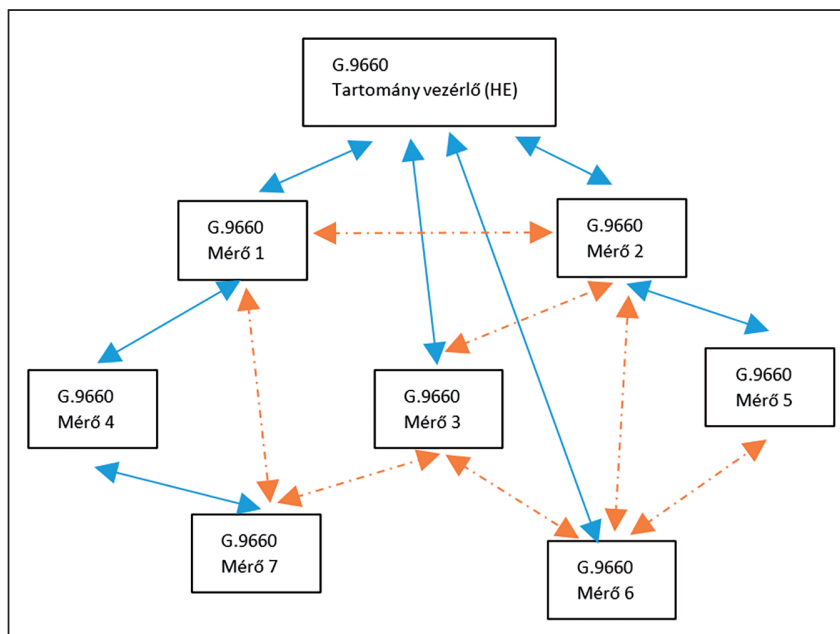
Jelen cikk terjedelmébe csak címszavakban fér be a háztartáson belüli alkalmazások ismertetése, az eszközök összekapcsolására a hálózati megoldás tetszőleges (LAN, wifi, PLC), melyek az okosmérőhöz és az AMI-hoz egy energiaszolgáltatói interfészen keresztül csatlakozhatnak (ESI):

- energiafogyasztás mérése
- időzítónaptár a fogyasztás számlázási szabályokhoz igazításában, pl. többtarifás megoldások, dinamikus árazási modell
- rugalmas fogyasztószabályozás
- termelők szabályozása (PV kiserőmű, HMKE)
- tárolók szabályozása, energiafelhasználás egyéni tárolókból
- elektromos járművek töltési kommunikációja
- járműhálózat- (V2G – vehicle to grid) technológia a csúcsidezők simítására

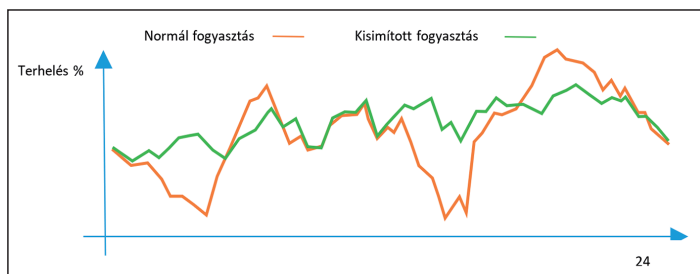
Az okosmérő infrastruktúra AMI – Advanced Metering Infrastructure létrehozása az egyik legfontosabb célkitűzés a smartgrid alkalmazásában. Minden fogyasztót érint, milliós végpontszámmal, kétirányú kommunikációval és kiemelkedő biztonsági követelményekkel.

A G.9960 szabványban definiált mesh-architektúra 16 tartományt (domain) és minden tartományhoz 250 végpontot tartalmazhat maximálisan egy tartományvezérlő (head end) esetén. A 1. ábra szemlélteti a mesh-hálózati összeköttetés robusztus működés elvét. Ha egy útvonal kiesik egy adott végpont irányába, akkor a hálózat képes egyes végpontokon keresztül új útvonalat felépíteni.

hálózatában. Az NB-PLC megoldás azonban nincs felkészítve a smartgridek aktuális kihívásaira (nagy adattömeg, kiemelt biztonság, kis késleltetés). A projekt 2011-ben indult a BPL és a NB-PLC kommunikáció teljesítményének összehasonlítására. Ez kiegészült a titkosítási algoritmusok szintjeinek és ezek hatásának vizsgálatával a mérőórák hálózatára. A tapasztalatok alapján az átvitelre kevésbé van hatással, míg a feldolgozási időre jelentősen változó hatással tud lenni a nagyfokú titkosítás.



1. ábra



2. ábra

A gyártók nagy lehetőséget látnak a BPL KÖF oldali alkalmazásában, akár más WAN-technológiákkal (mint pl LTE vagy optika) együttműködve, vagy akár kiváltva azokat. Az indok az alacsonyabb jelcsillapítás, egyszerűbb hálózati topológia, kevesebb leágazás és kevesebb zajforrás a KÖF-hálózatokon.

A BPL félvezetők jelentős számítási teljesítménnyel rendelkeznek, ami lehetővé teszi az edgecomputing, a mesterséges intelligencia és blockchain-alkalmazások BPL-csomópontokban történő futtatását.

A 2010-es évektől több európai szolgáltató (CEZ, EON, Iberdrola, ZSD, Innogy stb.) különböző gyártók megoldásaival végzett tömeges tesztek BPL-megoldásokkal. A cikkben három megvalósult projektet mutatok be

A BPL-TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA OKOSMÉRŐK ÉS KONCENTRÁTOROK ALKALMAZÁSÁVAL

CEZ Distribuce

Mint több európai szolgáltatónál, a CEZ-nél is keskenysávú PLC (Narrow Band PLC vagy NB-PLC) dominál az okosmérők

A LODIS projekt célja: okosmérőkből és koncentrátorokból álló hálózat segítségével a terhelés lokális szabályozása az energiaáramlás optimalizálása a KIF-/KÖF-alállomások alatti KIF-hálózati szakaszon. A feladat a helyi HMKE- (háztartási méretű kiserőművek, esetünkben napelemes rendszerek) termelés-hálózatba betáplálás-görbéjének szabályozása kapcsolható vízmelegítők segítségével. Napi szinten optimalizált kapcsolási terv kialakítása, a helyi szabályozás hatásának analízise, melyhez az időjárásadatok, a HMKE becsült termelési adatok és a becsült fogyasztói viselkedési adatok lettek felhasználva. Az így kialakult optimális dinamikus díjazási és kapcsolási (TOU – Time of Use) táblát a fogyasztási pontra töltötték le.

A projekt eredményeként sikerült a termelési és fogyasztási csúcsokat valós környezetben csökkenteni és kisimítani. (2. ábra)

TERMELÉS, TÁROLÁS, FOGYASZTÁS ÖSSZEKAPCSOLÁSA, AZ OKOSMÉRŐ-ÁJTÁRÓ (SMART METER GATEWAY)

A BPL hálózati alkalmazások egyik legfontosabb eleme a feszültségmonitoring, frekvencia-monitoring-funkciókkal kiegészülve a jövőben. A KIF-hálózaton feszültségérzékelés a feszültségsáv-változások alapján automatikus beavatkozási lehetőséget biztosít akár kiesések, akár a minőségi problémák gyors kezelésében. Több információt ad az egész rendszer számára, ami előny a szolgáltatásminőség és a rendszerkihasználtság növelésében, egyúttal a helyi megújuló terhelés menedzselésében.

2017-ben az E.ON végzett nagy kiterjedésű tesztet a BPL-technológia alkalmazásával az okosmérő hálózati infrastruk-

túrája számára. Több szállító megoldásait tesztelve összesen 10 000 KIF-/KÖF-állomáson elhelyezett fejállomáson keresztül 200 000 háztartás került csatlakoztatásra a smartmeter gateway-hez. A BPL hálózat 75 000 repeatere háromfázisú adatgyűjtőként is működve a KIF-hálózat monitorozását is ellátta. A teszt során több gyártó több hálózati megoldása is szerepet kapott. Vezeték nélküli kommunikáció: úgymint publikus mobil, 450 MHz rádió. Vezetékes széles sávú kommunikáció: úgymint xDSL, Docsis és PLC (BPL, keskenysávú) kommunikáció. A BPL-technológia első ipari szinten több mint 100 000 hálózati elemet tartalmazó alkalmazása csak a nagy rendelkezésre állású központi menedzsmentszoftver segítségével működhetett. A 2019-es tömeges induláshoz az E.ON a Corinex BPL megoldását választotta azzal az elkötelezettséggel, hogy a PRIME Alliance keretein belül az ITU-T G.hn BPL szabvány által nyújtott nagy teljesítményű, különböző gyártók termékeinek együttműködését támogató rendszer jöhessen létre.

BPL KÖF-HÁLÓZATON

Az előzőekben bemutatott BPL Smartgrid alkalmazások KIF-elosztóhálózaton kerültek kialakításra, melyek működése nagyban függ a KÖF-hálózat rendelkezésre állásától. A KIF-/KÖF-állomásokban elhelyezett koncentrátorokban összegyűjtött adatokat a hálózati irányító központba kell feljuttatni. A legelterjedtebb gerinchálózati megoldások vezetékes mobil vagy üvegvezetéses optikai kapcsolatra épülnek. Kézenfekvő lenne a saját KÖF-hálózati infrastruktúrán BPL-re épülő adatkommunikáció, amennyiben a megfelelően széles sávú adatátvitel, az adatbiztonság és az átviteli minőség garantálható a BPL-technológiával.

Az Iberdrola a 2000-es évek elejétől kísérletezik a KÖF-hálózatán megvalósított gerinchálózati BPL-adatátvitellel. A 3. ábrán látható inhomogén gerinchálózati megoldás a legtöbb szolgáltatóra jellemző. Mára közel 50 000 KIF-/KÖF-transzformátorból kb. 18 000 rendelkezik BPL KÖF-összeköttetéssel, és az üvegvezetéses optikai megoldás után a BPL biztosítja a második legnagyobb rendelkezésre állási időt.

A BPL-technológia KÖF-hálózaton történő alkalmazhatóságát több tényező befolyásolja. A legjelentősebb ezek közül a csillapítás, ami a frekvencia és a távolság növekedésével arányosan nő. Ezért az átviteli minőség elsősorban új földkábelek esetében a legjobb kb. 1000 m hatótávolságban. Régi típusú (pl. papírszigetelésű) földkábelek esetében az effektív távolság kb. 500 m.

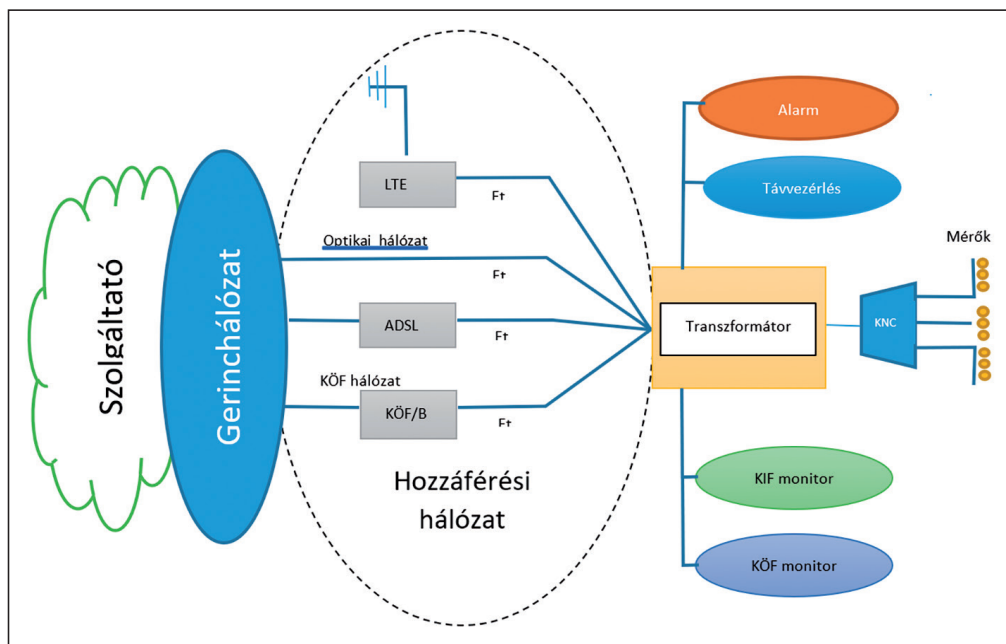
ÖSSZEFOGLALÁS, A BPL JÖVŐBENI SZEREPE

A BPL-technológia sok szolgáltató számára jó választás a késleltetési idő, adatátvitel és a szolgáltatásminőség szempontjából az egyre „okosabb” hálózat kialakítása érdekében.

Különösen a KIF hálózati alkalmazása ígéretes az új törvényi előírások, részben az adatbiztonság és a milliárdnyi IoT-eszköz megjelenése következtében. Emellett a BPL-technológia fejlesztése mellett elkötelezett, főképp európai nagyszolgáltatók a folyamatos fejlődés motorjai, melynek egyik kulcsfontosságú fóruma a PRIME Alliance. Az ITU-T G.hn szabvány technológiai garanciát biztosít a BPL alkalmazhatóságára, a különböző gyártók (pl. Corinex, PPC, EFR) termékeinek együttműködésére. Az energiatermelők, szolgáltatók, elosztók, energiaközösségek, microgridek korábban az adatátviteli rendszerek eltérő csatornákat, eltérő protokollokat használhatnak, de egy biztos, a hálózati adatátviteli sebesség, a szolgáltatás minősége és az adatbiztonság a legalapvetőbb kritériumok maradnak. A BPL a szolgáltatók számára egy kiváló, költséghatékony és kézben tartható alternatívát kínál.

Irodalomjegyzék

- [1] **TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU:** Applications of ITU-T G.9960, ITU-T G.9961 transceivers for Smart Grid applications: Advanced metering infrastructure, energy management in the home and electric vehicles, 2010.
- [2] **Dr. Vladimír Oksman:** New ITU-T Recommendations for Smart Grid in-home and access communications, 2011
- [3] **Jean-François Segalotto, IDC:** Towards a truly smart grid — the case for broadband over power line, 2021.
- [4] **CEZ Group:** https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/dist/filetotherexport/distribuce/inovace/lodis_en_web.pdf,
- [5] **Peter Arvan Manos, E.ON** Chooses Corinex BPL Technology for Smart Metering Rollout, 2018
- [6] **Iberdrola,** Iberdrola experience with massive BPL deployment over MV for Smart Grid, 2016
- [7] **Corinex:** Edge AMI Solutions Overview, 2021



3. ábra



Flamich Péter

okleveles villamosmérnök
Vertesz Elektronika Kft. ügyvezető
flamich.peter@vertesz.hu