

Energiahálózati kommunikáció beágyazott rendszerekben – 1.

Tekintsük át a létező protokollszabványokat

Lars Lotzenburger, Matthias Poppel – Texas Instruments

A hálózati kommunikáció ma már annyira természetes, mint a többi infrastrukturális rendszer a víz- és csatornaszolgáltatástól a villamos energia „házhoz szállításáig”. Ez az utóbbi terület azonban még egy tekintetben rokon az információs hálózatokkal: maga is képes az energián kívül információ továbbítására. A fejlesztőknek számos kommunikációs sémát kell megvalósítaniuk, amelynek célszerű módja a rugalmasan konfigurálható, szabadon programozható, mikrokontroller-alapú, egységes hardver.

Történelmi áttekintés

A villamosenergia-hálózat kommunikációs célú felhasználása nem új: az energiaszolgáltató cégek az 1930-as évektől kezdve használják a nagyfeszültségű távvezetéseket vezérlőjelek továbbítására. Az 50-es években már a középvezettségű hálózatokon továbbítottak távvezérlő jeleket – egyebek között a közvilágítás ki- és bekapcsolására. A 70-es években kezdődtek azok a kutatások, amelyek arra irányultak, hogyan lehet az elektromos energiahálózat teljes, 5...500 kHz-es sávzélességét felhasználni. A kétirányú kommunikáció első üzemi kísérletei a 90-es évek vége felé történtek Európában, és valamivel korábban Japánban. Ekkor jelentek meg a kisfeszültségű (230 V-os) energiahálózaton működő, hangtovábbító (intercom) és kisgyermek-felügyeleti alkalmazások a magánlakások energiahálózatán továbbított keskenysávú kommunikációval.

A keskenysávú alkalmazások lehetőségeinek felderítésével párhuzamosan a 90-es években egyes cégek elkezdtek szélessávú jeltovábbításra alkalmas modemeket fejleszteni annak érdekében, hogy az energiaszolgáltató hálózatokhoz csatlakozva is hozzá lehessen férni a házon belüli adat- és videohálózatokhoz. Ezek a modemek azonban a technológia bonyolultsága és ára miatt nem lehettek versenyképesek a közben viharos gyorsasággal elterjedő DSL- és kábelmodemekkel. Csak a legutóbbi néhány év hozta meg az igényt és a lehetőséget arra, hogy az energiahálózatokon alkalmazható szélessávú adatkommunikáció „házon belül” ismét reális lehetőségként merüljön fel.

Frekvenciasávok és modulációs módszerek

Az 1 MHz-től 30 MHz-ig terjedő frekvenciaspektrumot foglalták le arra, hogy az alkalmazási réteg szintjén 100 Mbit/s, az adatkapcsolati réteg szintjén pedig 200 Mbit/s adatsávzélességgel lehessen kommunikálni. Ez elegendő arra, hogy internetes adatokat, VoIP¹-hangátvitelt, jó minőségű, hifi-hangot, sőt akár nagyfelbon-



tású (HD) tévéprogramokat is lehessen továbbítani a létező „házon belüli” energiaszétosztó hálózaton, de az alkalmazások köre sokkal bővebb: csatlakoztathatók a vezetékmentes hálózati hozzáférési pontok, Ethernet- és USB-átjárók, hangszórók stb.

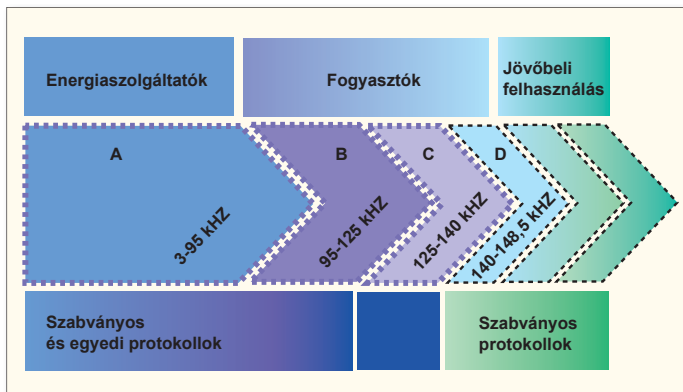
Az eddigi egyetlen problémát a különböző készülégyártók által alkalmazott, nem kompatibilis átviteli protokollok sokasága jelenti. A Nemzetközi Távközlési Unió (ITU) 2009-ben kibocsátotta az ITU G.9960 ajánlást a fizikai rétegre, 2010-ben pedig G.9961 számmal az adatkapcsolati rétegre vonatkozó szabványjavaslatait egy olyan új, otthoni hálózati technológiához, amelyről feltételezik, hogy megteremtí a közös platformot a különféle készülékek együttműködéséhez, interoperabilitásához.

Az villamosenergia-hálózaton történő keskenysávú kommunikáció világszerte használható módszeréhez három fő paramétert kell megvizsgálni:

- a frekvenciasávot,
- a modulációs eljárást és
- az átviteli protokollt.

¹ VoIP: Voice over IP: az interneten használt csomagkapcsolt protokoll (IP) használatával

létesített hangátviteli (például telefon) protokoll.



1. ábra A keskenysávú kommunikáción alapuló energiahálózati kommunikáció spektrumának felosztása

Európában a frekvenciasávokat a CENELEC² szabványosította, és két részre osztotta fel: a CENELEC A (3...95 kHz) az energiaszolgáltatóknak, a CENELEC B (95...125 kHz), a C (125...140 kHz) és a D (140...148,5 kHz) a végfelhasználói alkalmazásoknak van fenntartva. Az A-, B- és D-sávok szabványosíthatók, de egyedi módon is felhasználhatók (1. ábra). Csak a C-sáv az egyetlen, amelynek a közeghozzáférési protokollrétege már most is szabványosított (CSMA³).

A világ más régióiban azonban a használható frekvenciasávokat másféleképpen definiálták. Az **Egyesült Államokban** egyetlen széles sáv van 150...450 kHz között. A 10...490 kHz közötti sáv használatát az FCC⁴ szabványa teljes mértékben lefedi. **Japánban** az ARIB⁵ egy 10...450 kHz közötti sávot, míg **Kína** egy 3...90 kHz-es szabványos, illetve egy 3...500 kHz-es, szabályozatlan, egyoldalsávú kommunikációra használható sávot engedélyez.

A tipikus keskenysávú alkalmazások közé tartozik a villamos fogyasztásmérők távoli leolvasása (AMR – Automatic Meter Reading) és a mérők távoli kezelése (AMM – Automatic Meter Management), az épületautomatizálás (a világítás és redőnyök távvezérlése), valamint az ipari automatizálás. A modulációs módszer kiválasztásán múlik az elérhető adatsebesség, a kommunikációs csatorna védettsége a dinamikus zajok ellen, valamint a rendszer költsége például a vezérlő teljesítményszükséglete és az igényelt memóriamennyiség szempontjai szerint kifejezve. A keskenysávú villamoshálózati kommunikáció céljára több modulációs eljárás áll rendelkezésre. Az FSK⁶ és B-PSK⁷ csak alacsony adatsebességeket (kb. 1...2 kbit/s) tesz lehetővé, de egyszerű és költséghatékony a megvalósítása. Bonyolultabb, ezért nehezebben megvalósítható a DCSK⁸ vagy az OFDM⁹, viszont előnyük a 128 kbit/s adatsebesség és a lényegesen nagyobb hibátűrési zajos csatornán történő átvitel esetén. Különösen az OFDM-technológia válik egyre népszerűbbé az utóbbi néhány

² CENELEC: az elektrotechnikai szabványosítás európai bizottsága

³ CSMA: Carrier Sensing Multiple Access – hordozójel-érzékelésen alapuló többszörös hozzáférés a fizikai réteghez. Lényege, hogy ha egy végpont adni szándékozik, előtte „bele kell hallgatnia” a fizikai rétegbe, és csak akkor kezdhet adni, ha a rétegen nem észlel kommunikációt. Ez nem zárja ki az „egyszerre kezdett adásból” származó üzenetütközéseket. Az ebből eredő sérült üzeneteket a vevőnek, az adónak vagy mindkettőnek fel kell ismernie, és a protokoll más szintjeinek kell gondoskodni a sérült üzenet ismétléséről.

⁴ FCC: Federal Communications Commission: az USA hírközlési hatósága

⁵ ARIB: Association of Radio Industries and Business – japán szakmai szövetség a rádió ipari és kereskedelmi alkalmazásaira.

⁶ FSK: Frequency Shift Keying – digitális frekvenciamoduláció

⁷ B-PSK: Binary Phase Shift Keying – kétállapotú digitális fázismoduláció

⁸ DCSK: Differential code shift keying – differenciális kódmoduláció

⁹ OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing – ortogonális frekvenciaszétosztásos moduláció

évben, és ezáltal például néhány AMR-szabvány is modulációs sémájává választotta.

Az OFDM-rendszerben a jelet kisebb „aljelekre” osztják fel, és ezeket egyidejűleg ortogonális frekvenciákon¹⁰ továbbítják. Ezáltal az átvitel sokkal kevésbé sérülékeny. Ha az átvitel egy-egy adatfolyamhoz „többszörös hozzáféréssel” (CSMA) történik néhány segédvív-frekvencia hozzárendelésével, ez kettős célt szolgálhat: növelheti az átviteli redundanciát, vagy lehetővé teszi, hogy több címmel egy időben lehessen kommunikálni. Ez a módszer egyben csökkenti a zavarok és az időszakos jelgyengülés (fading) hatását.

Adatátviteli protokollszabványok

Manapság a villamosenergia-hálózatokon történő kommunikációra számos átviteli protokollt használnak. Azért választottuk ki ezek közül az alábbiakat, mert egyre növekvő szerepet játszanak az AMM-ben (a távolról leolvasható és vezérelhető fogyasztásmérők kezelésében), illetve az épületautomatizálásban.

A **DALI** (Digital Addressable Lighting Interface – digitálisan címezhető világítástechnikai interfész) egy díjmentesen használható, nem termék- és gyártóspecifikus, kétirányú digitális protokoll, amelyet a világítótestek elektronikájának (ballasztjának) vezérlésére használnak az épületautomatizálásban. A maximális elérhető adatsebesség 1,2 kbit/s, a jel-szint 16 V. A gyűrűtopológián kívül bármilyen hálózati topológia használható legfeljebb 64, önálló címmel azonosított készülék: ballaszt, manuális fényerő-szabályozó (dimmer), jelenlét-érzékelő stb. összekapcsolására. Ennél nagyobb rendszereket több busznak hálózattá egyesítésével lehet megvalósítani. A hálózat digitális jellege miatt annak újrakonfigurálása, vagy akár egyes ballasztoknak vagy világítótesteknek a többitől teljesen független kezelése a hoszt-számítógépből szoftveres úton megvalósítható. Minden ballaszt egy-egy kis mikrovezérlővel van ellátva, amely vezérli a kapcsolási vagy fényerő-szabályozási utasítások végrehajtását, de akár szenzorként is működhet – például a lámpatest energiafogyasztásának vagy a lámpa meghibásodásának érzékelésére.

A **KNX** egy nyílt nemzetközi (ISO/IEC, CENELEC, Kína) szabvány a lakás- és épületautomatizálásra, amely egyesíti magában az olyan korábbi szabványokat is, mint az EHS (European Home Systems Protocol), a BatiBUS és az EIB, vagy Instabus (European Installation Bus – az európai elektromosrendszer-installációs busz). A KNX független a fizikai átvívó közegetől, amely eszerint lehet vezetékes (pl. csavart vezetékpár, energiahálózat vagy Ethernet), vagy vezetékmentes (rádió vagy infravörös). A csavart vezetékpáros megvalósítással és 30 V-os jelszinttel 9,6 kbit/s adatsebesség érhető el. A KNX-technológia létrehozója és tulajdonosa a KNX Association (www.knx.org), amelynek nagyjából 200, összesen 7000 terméket gyártó vállalat a tagja. Ahhoz, hogy egy termék a KNX-védjegyet viselhesse, át kell esnie egy megfelelési vizsgálaton, amely nemcsak a protokollt vizsgálja, hanem a szabványosított adattípusokat is. Ennek köszönhető, hogy a KNX-tanúsítvánnyal ellátott, különböző gyártóktól származó különféle végberendezések és termékek képesek együttműködni egymással.

Az **EE-Bus** nyílt szabványt az E-Energy kezdeményezés keretében definiálták, amelyet a német kormány támogat annak érdekében, hogy adatcserét és szolgáltatásokat lehessen

¹⁰ Ortogonális frekvenciarendszer: olyan jól megkülönböztethető frekvenciák, amelyeket egymásból többszörösözéssel vagy leosztással nem lehet előállítani, és mindegyikük egy-egy ködelemhez van hozzárendelve.

megvalósítani az energiaszolgáltatók és a háztartások között abból a célból, hogy a hatékonyságot az energiaigény előrejelzésével és a fogyasztás pontos ismeretével lehessen javítani. Az EE-Bus nem definiál új protokollt, hanem a létező vezeték és vezetékmentes protokollokra épít. Az elgondolás lényege egy olyan logikai „átjáró”, amely az adattartalom absztrakciójával és „lefordításával” küld adatokat a fogyasztási helyekre, az otthonokba (ez a kimenő kommunikációs réteg – outbound communication layer). Hasonlóan csatlakozik valamennyi energiafogyasztó végberendezéshez az otthonokban (bemenő kommunikációs réteg - inbound communication layer), és ehhez akár energiahálózati adatátvitelt (KNX), akár adathálózatot (TCP/IP), akár vezetékmentes kommunikációt (ZigBee) is felhasználhat. A rendszerbe bevont végberendezések lehetnek hűtőszekrények, mosó- és mosogatógépek – és egyáltalán bármilyen fogyasztó, amelynek fogyasztása eltolható az energiaszolgáltatási csúcsidőktől. Ezen túl a kommunikáció növelheti a hatékonyságot abban az esetben is, ha a magánháztartások energiaszolgáltatókként lépnek fel – például napelemes energiatermelő rendszerekkel vagy a használaton kívüli elektromos járművek akkumulátorai által tárolt energia inverteren keresztül hálózatra táplálásával – fogyasztási csúcs idején. Az inbound réteg által átvinni kívánt adatmennyiség a fizikai KNX-réteg kibővítését igényli. Ezért létrehozták az új **KNX PL+** protokollt (KNX over powerline), amely a CENELEC B-sávban működik OFDM-modulációval.

A **PRIME**-kezdeményezés (Powerline Intelligent Metering Evolution) az Iberdrola, a Texas Instruments, az STM, a Landis+Gyr, az Itron, a Current Group, a Ziv Group és az Advanced Digital Design cégek együttműködésének jött létre azzal a céllal, hogy egy nyílt szabványú, közhasznú, nem védett kommunikációs rendszert hozzanak létre, amely egyaránt alkalmas az AMM- és az „okos energiahálózat” funkcióinak megvalósítására. A PRIME-protokollt úgy tervezték, hogy az alacsony feszültségű, kis zajú hálózaton tegye lehetővé a kommunikációt viszonylag magasabb, 21...128 kbit/s

adatsebesség-tartományban a CENELEC A-sáv (42...90 kHz) felhasználásával. Bár a G3-protokollt középvezetési hálózatokon, alacsony (2,4...34 kbit/s) adatsebességű működésre tervezték, az működtethető az A-sávban is, a 35...90 kHz-es frekvenciatartományban.

A Texas Instruments C2000 valósídejű mikrokontroller-családjához ajánlja a „PLC¹¹-Suite” nevű villamoshálózati adatátvitelt támogató programkönyvtárat, amely nem csak a PRIME- és G3-protokollokat foglalja magában, hanem egy az IEC61334 szabvány szerinti SFSK-kommunikációs sémát és egy „FlexODFM” nevű megoldást, amely az olyan „okos hálózati” alkalmazásokat támogatja, mint a napelemes energiatermelés hálózatra táplálása vagy a világítástechnikai vezérlés.

Cikkünk folytatásában, áprilisi számunkban a beágyazott alkalmazások általános sajátosságain kívül egy teljesen szabadon programozható, minden ismert energiahálózati kommunikációs módszerhez alkalmas hardvermegoldással is megismerkedhet az olvasó.

www.ti.com/hu

<http://www.ti.com/ww/hu/cikkek-szakirodalom.html>

¹¹ A cikk fordításakor lehetőség szerint „nagy ívben” kerültem az elektromos hálózaton megvalósított kommunikáció (angolul Power Line Communication) kifejezésből adódó, közkeletű „PLC” rövidítést. Ez ugyanis szerencsétlenül egybeesik a programozható logikai vezérlőkre (Programmable Logic Controller) használatos azonos rövidítéssel, és még csak egymástól nem is mindig jól megkülönböztethető szöveggörnyezetben, hiszen könnyen lehet, hogy az utóbbi értelemben használt PLC-k energiahálózati kommunikációs alkalmazási környezetben is előfordulnak. A jelen cikkben a további megjegyzés nélkül használt PLC-rövidítés az energiahálózati adatkommunikációt jelenti. A sokszor körülményesnek tűnő fogalmazást az indokolja, hogy a magyar köznyelvben egyaránt „hálózatnak” nevezzük az elektronos energiaellátó és az információs infrastruktúrát is, és ez a két terület e cikk témakörében egyszerre van jelen. – A ford. megj.

Kisebb méret – nagyobb teljesítmény: a Saia tápegységek új generációja

Új tagokkal bővült a Saia-Burgess tápegységpalettája. Az eddigi törpe (Q.PS.AD1), és kisfeszültségű (Q.PS.AD2, Q.PS.AD3), valamint a szünetmentes (Q.PS.ADB) tápegységekből álló család három új, kisfeszültségű taggal gazdagodott. A kisfeszültségű tápegységek egyfázisú, 230 V-os és kétfázisú, 400 V-os bemeneti feszültségből 24 VDC kimeneti feszültséget állítanak elő. Mindegyik modell kimeneti túlfeszültség- és túlterhelésvédelemmel van ellátva.

A három új tápegység (Q.PS.AD2-2402F, Q.PS.AD2-2405F, Q.PS.AD2-2410F) egyfázisú bemeneti feszültségből (115...230 VAC) állítja elő a 24 VDC kimeneti feszültséget. Előnyeik a helytakarékos méretükben, az alacsony hőmérsékleten az eddigiéknél nagyobb kimeneti teljesítményük-



ben, és a háromféle választható rövidzárvédelmi üzemmódjukban mutatkoznak meg. Kis méretüknek köszönhetően megoldhatóvá vált a 24 voltos tápfeszültség biztosítása a vezérlőpaneleknél, a PLC-kenél, az érzékelőknél, a motoroknál és még számtalan olyan esetben, ahol kevés helyen, szabványos szerelhetőségű tápegységgel kellett megoldani a megbízható tápfeszültségellátást.

SB-Controls Kft.

2092 Budakeszi, Kagyló u. 1-3.

Tel.: (+36 23) 501-170, fax: (+36 23) 501-180

E-mail: office@sb-controls.hu

www.sb-controls.hu, www.saia-pcd.com