

DASH7 alapú smart metering

ILL GERGELY, MILÁNKOVICH ÁKOS, LENDVAI KÁROLY, IMRE SÁNDOR, SZABÓ SÁNDOR

BME Híradástechnikai Tanszék

{gill, amilankovich}@bme-infokom.hu, {lendvai, imre, szabos}@hit.bme.hu

Kulcsszavak: smart metering, RFID, DASH7, OpenTag

Cikkünk összefoglalja a smart metering technológiák lényegét, valamint bemutatásra kerül a DASH7 (ISO/IEC 18000-7) aktív RFID szabvány és annak működése. Továbbá szemlélteti az általunk különböző környezetekben mért DASH7 által használt frekvencia (433,92 MHz) terjedési tulajdonságait.

1. Bevezetés

Napjainkban egyre nagyobb figyelmet fordítanak az áram-, víz- és gázfogyasztás megtakarítására. Ez olyan mérnöki megoldások kifejlesztését igényli, mint a smart metering alkalmazások. Ennek segítségével a szolgáltatók és felhasználók is pontos képet kaphatnak az energiafogyasztásról, mely hasznos információul szolgálhat további viselkedésük szempontjából. Ezek az alkalmazások általában alacsony fogyasztású és kis méretű eszközökön kerülnek megvalósításra, így a tervezési fázisban ezeket a követelményeket is figyelembe kell venni. Ennek következtében a DASH7 – amely eredetileg egy aktív RFID (Radio Frequency Identification) technológia, és az ISO/IEC 18000-7-es [1] szabványra épül – alkalmas lehet smart metering feladatok megoldására is.

A cikk a következőképpen épül fel: az RFID és smart metering technológiát az első két szakasz mutatja be. Ezután összefoglalásra kerülnek a DASH7 technológia jellemzői, működése, előnyei és hátrányai, valamint felhasználási területeit. Végezetül a negyedik szakaszban az összefoglalás kapott helyet.

2. RFID

Az RFID egy rádiófrekvenciás, azaz vezeték nélküli automatikus azonosítási technológia. Az RFID rendszerén belül kétféle eszközt különböztetünk meg: egy azonosítót és egy azonosítandót (RFID címke). A rendszer kiala-

kítását az 1. ábra szemlélteti. Az azonosító egyirányú vagy kétirányú kapcsolatot építhet fel az azonosítandóval az adatátvitel lebonyolítására [2].

Az RFID címkéket elsősorban energiaellátásuk alapján különböztethetjük meg:

- A passzív RFID címkék nem rendelkeznek beépített áramforrással, az energiát mind a memóriából való olvasáshoz, mind pedig a kommunikációhoz az olvasó által gerjesztett elektromágneses mezőből nyerik.

- A fél-aktív RFID címkék rendelkeznek belső áramellátással, de ez csak a mikrochip működtetésére szolgál, az adatok továbbításához az olvasó által gerjesztett elektromágneses mező szükséges.

- Az aktív címkék beépített áramforrással és adókészülékkel rendelkeznek. Az áramforrás bármilyen IC számúra és a jeladásra is elegendő energiát biztosít, így akár 1 km-ről is képesek adatokat továbbítani. Egyes típusaik összekapcsolhatók külső szenzorokkal is.

A technológia főbb felhasználási területei: beléptetési rendszerek, járműazonosítás és -követés, helymeghatározás és logisztikai alkalmazások, betegazonosítás, könyvtári nyilvántartás, reptéri alkalmazások stb.

3. Smart metering

A smart metering technológia a mai hagyományos mérőórákat váltaná fel, gyakorlatilag digitálissá tenné azokat. A jelenlegi analóg órák csak az adott számlázási időszak teljes fogyasztását mérik, azaz a két leolva-



1. ábra
Az RFID rendszer felépítése

Forrás:
http://www.vonalkod.hu/tudastar/rfid_technologia/

sás közötti pontos mérési értékekről nincs információ. Ezzel ellentétben az intelligens mérőórák képesek akár az óránkénti, és napszaktól függő fogyasztás mértékét is meghatározni és ezen adatokat a szolgáltató és a felhasználó felé jelezni. A technológia nem egyszerűen csak digitális mérőóra-leolvasást biztosít, hanem annál többet, mint például riasztási funkciót is. A smart metering eszközök lehetővé teszik olyan vezeték nélküli hálózat felépítését, amely továbbítja az egyes eszközök adatait egy feldolgozó központba. Az okos mérésű eszközök segítségével a fogyasztó sokkal könnyebben tudná nyomon követni aktuális energia-felhasználását (világny, gáz) és vízfogyasztását, ráadásul a szolgáltatók is folyamatos képet kaphatnának ügyfeleik fogyasztási szokásairól.

Előnyök a szolgáltatói oldalon [3]:

- a mért adatok időbeli eloszlását pontosabban ismerjük,
- adminisztratív költségek csökkentése,
- veszteségek folyamatos figyelése,
- több alkalom adódik a kiskereskedelmi szolgáltatás megújítására.

Előnyök a fogyasztói oldalon:

- nem kell megfizetnie a mérőóra leolvasást és a számlázást,
- anomáliák gyors detektálása (csőtörés, gázszivárgás stb.),
- figyelemmel kísérhető fogyasztás,
- pillanatnyi egyenleg követése.

A Berg Insight legújabb kutatási eredményei alapján a smart metering eszközöket használó háztartások száma 2015-re eléri Európában a 130 milliót, míg ez a szám 116,5 milliót összesítve Ázsia, Ausztrália és Óceánia területén [4].

4. DASH7

A DASH7 egy aktív RFID szabványon (ISO/IEC 18000-7) alapuló vezeték nélküli technológia. 2009 januárjában az USA Védelmi Minisztériuma egy 429 millió dolláros szerződést kötött DASH7 eszközök fejlesztésére a Savi Technology, Evigia Systems és az Identec Solutions hardvergyártókkal. 2009 márciusa óta a DASH7 Alliance [5], egy non-profit ipari konzorcium szorgalmazza a szabvány terjesztését. 2010 júliusában több, mint 50 résztvevőjük volt 23 országból. Napjainkban az eredetileg katonai célokra fejlesztett technológiát kereskedelmi célokra is használni kezdik más eddigi vezeték nélküli technológiákkal (ZigBee, Bluetooth) szemben. A DASH7-et olyan hálózati alkalmazásokhoz használják, melyek alacsony energia-fogyasztásúak és az adattovábbítás lassabb és szórványosabb, mint a telekommunikációs alkalmazásokban.

Felhasználási területek: katonai alkalmazások (főként vadászgépekben), szállító konténer azonosítása és követé-

se, szórakoztató elektronikai cikkek, helymeghatározás, személyazonosítás, orvosi alkalmazások, öntözőrendszerek vezérlése, smart metering, erózió, páratartalom és földrengés mérések, mobil hirdetések, épület automatizálás (intelligens otthon), jegykezelés, szociális hálók, logisztika stb.

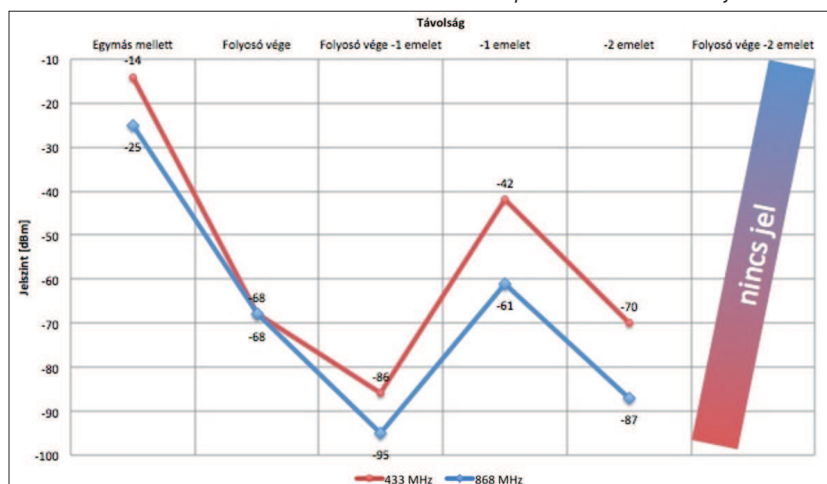
4.1. Technikai összefoglaló

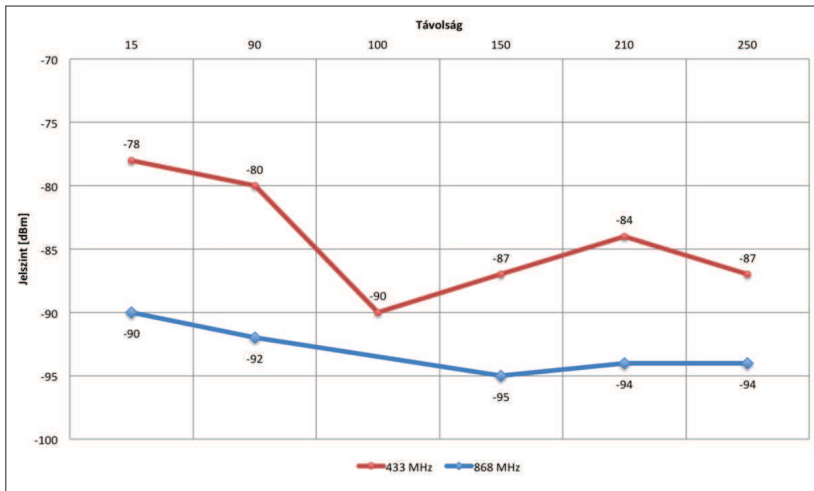
A DASH7 egyik főbb technikai jellemzője az alacsony energiafogyasztás (30-60 μ W), melynek segítségével egy eszköz elemének élettartama akár több évet is elérhet. A működési frekvenciának köszönhetően hatótávolsága LOS esetén garantáltan 1 kilométer, de elérheti akár a 2 kilométert is. A szabvány adatátviteli sebessége 27,8-200 kbit/s terjedhet, mely elfogadható nagyságú az alkalmazási területein. Mindemellett a késleltetés mozgó eszközök esetén 2,5-5 s közötti, de átlagosan 2 s. A rádiós kommunikációt (G)FSK moduláció segítségével oldja meg, az SNR alacsony értéken tartásával. Az előbb felsoroltakat kis memóriaigény mellett képes megvalósítani (~5 kB protokoll-stack). A szabvány támogatja a multi-hop-os megoldást, mely lehetővé teszi a több eszközön keresztüli kommunikációt. A használt 433 MHz-es frekvencia az ISM (industrial, scientific and medical) sávból kerül ki, mely az egész világon szabadon használható. Ez a frekvencia teljesen alkalmas vezeték nélküli szenzorhálózatok kialakításához, mert a jelterjedési tulajdonságai megfelelőek (áthatol a vízen és a betonon is), illetve a jel kis teljesítménnyel is képes nagy távolságokat lefedni.

A DASH7 által használt 433,92 MHz-en és 868 MHz-en 10 mW-os adási teljesítménnyel méréseket végeztünk különböző környezetekben. Épületen belül, épületből szabad térre és szabad téren (repülőtéren) vizsgáltuk a vételi jelszinteket. A mérési eredményeket a következő grafikonok szemléltetik, ahol a folyosón mért értékek kb. 35 m távolságot jelentenek.

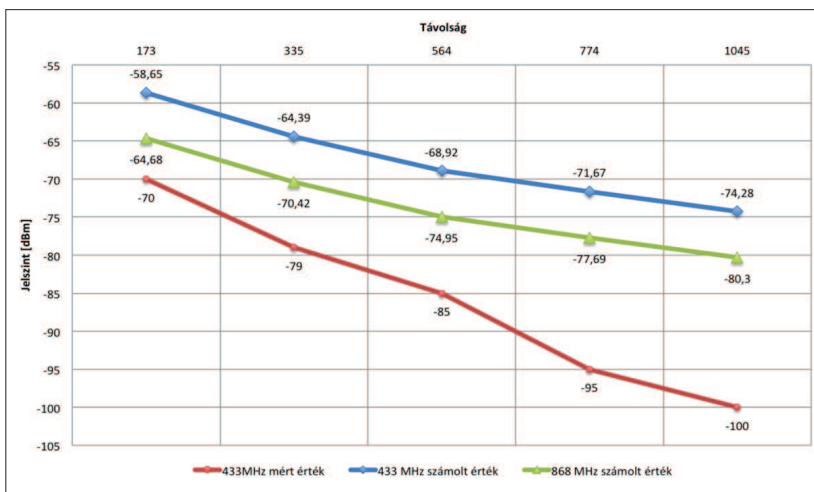
Az épületen belüli mérések eredményeinél (2. ábra) megfigyelhető, hogy 3 emeletnyi szintkülönbség után az eszközök már hatótávolságon kívülre kerültek. A mérésekből megfigyelhető az is, hogy az épületek vasbeton szerkezete nagy mértékben elnyeli a rádió jeleket.

2. ábra Épületen belül mért jelszintek





3. ábra Épületből szabadtérre mért jelszintek



4. ábra Szabadtéren mért jelszintek

Az épületből szabadtérre mért értékekben (3. ábra) egy törést figyelhetünk meg, mivel a harmadik mérési ponton az épület túlsó oldaláról vettük a jelet, így annak az egész épületen át kellett haladnia. A repülőtéren végzett mérés mellé a várt jelszinteket is kiszámoltuk. A 4. ábrán látszik, hogy a mért eredmények jelentősen alulmúlják az elvárásokat, mivel nagy volt a háttérzaj.

A mérésekből kiderült, hogy a 433 MHz kedvezőbb jelterjedési tulajdonságokkal rendelkezik, mint a 868 MHz-es frekvencia, így a mért jelszintek magasabbak voltak a DASH7 esetében.

A legtöbb RFID technológiával ellentétben, a DASH7 lehetővé teszi a tag-to-tag kommunikációt, így a nagy hatótávolság, valamint az alacsony teljesítmény miatt könnyen helyettesítheti a legtöbb vezeték nélküli mesh-alapú szenzorhálózatot is.

Szabvány	DASH7 (ISO 18000-7)	Low Energy Bluetooth (IEEE 802.15.1)	Low Power Wi-Fi (IEEE 802.11)	ZigBee (IEEE 802.15.4)
Frekvencia tartomány	433,04–434,79 MHz	2,402–2,482 GHz	2,4–2,5 GHz	2,402–2,482 GHz
Csatornák száma	1–5	3	3	16
Max. csatorna-sávszélesség [MHz]	0,5–1,75	~8	22	5
Moduláció	FSK vagy GFSK	GFSK	CCK/QAM64 (b/g)	QPSK
Névleges adatsebesség	27,8 kbit/s	1 Mbit/s	1 Mbit/s	250 kbit/s
Névleges hatótávolság (0 dBm) [m]	250	10	25	75
Átlagos fogyasztás 10 db 256 byte-os csomagra naponta [µW]	42	50	570	414

A DASH7 vezetékes session-alapú technológia helyett a **BLAST** tervezési koncepció segítségével került megvalósításra:

- **Bursty** – borsztós

Az adatátvitel hirtelen változó, azaz bizonyos ideig az adatforgalom kicsi, majd egy adott pillanattól kezdve pedig rövid időre hirtelen megugrik.

- **Light** – kis csomagméret

A legtöbb alkalmazás csomagmérete 256 byte-ra korlátozott. Előfordulhat, hogy egy adat több csomagban megy át, de ezt általában elkerüljük.

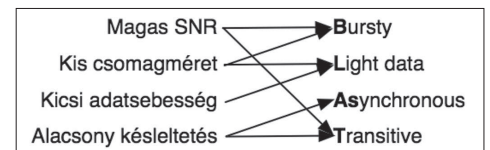
- **ASynchronous** – aszinkron

A kommunikáció kérés-válasz alapú, így nincs szükség handshake algoritmusra vagy szinkronizáló eszközökre.

- **Transitive** – hordozható

A DASH7 eszközök mobilak vagy hordozhatóak, feltöltés-centrikusak a többi letöltés orientált vezeték nélküli technológiával ellentétben, illetve nincs szükség kialakított fix hálózati struktúrára (pl. bázisállomásra) sem.

Az 5. ábra a BLAST koncepció DASH7-beli megvalósítását szemlélteti.



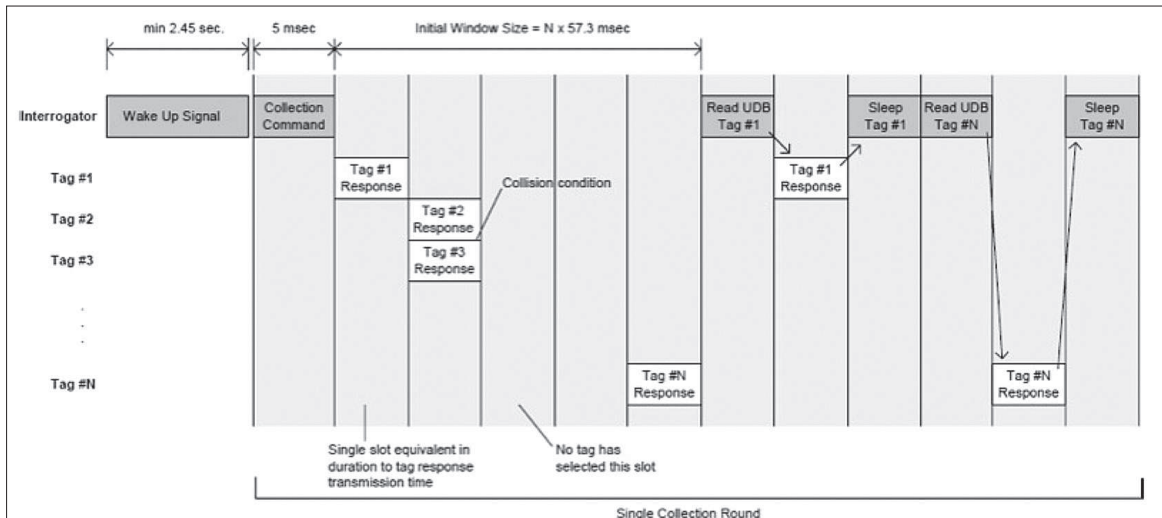
5. ábra BLAST

Az 1. táblázatban összehasonlítjuk a DASH7-et más vezeték nélküli szabványokkal [6].

4.2. Működés

A DASH7 szabvány master-slave modellel definiálja az eszközök közötti kommunikációt, melyet fizikai szinten Manchester kódolással valósít meg. Az elküldött üzeneteket 16 bites CRC-vel látja el a hibák detektálására. A kommunikációt mindig a master, az „interrogator” kez-

6. ábra
Tag-ek
adatainak
begyűjtése
idődiagramon
[1]



deményezi, polling módszerrel kérdezi le a „tag” adatait. A tag-ek adatainak begyűjtését a 6. ábra szemlélteti.

Az interrogator egy 31,25 kHz-es jelet (wake up signal) bocsát ki 2,35-4,8 másodpercig. Ez felébreszti a hatótávon belül alvó állapotban lévő tageket, melyek készenléti állapotba kerülnek. Ezután egy broadcast-olt Collect (begyűjtési fázis) üzenetet küld, hogy megtudja mely eszközök érhetőek el (felderítési fázis). A Collection üzenet ablakokat, ezen belül pedig slotokat definiál, melyek közül a tag-ek véletlenszerűen választanak egyet, amiben válaszolni fognak. Ha egy slotban több tag válaszol, akkor ütközés keletkezik (hibás lesz a CRC), ekkor az ablak lejártával az interrogator egy újabb Collection üzenetet küld, amiben újra lehetőségük lesz adni az előbb ütközött tag-eknek. Ahhoz, hogy a többi tag már ne válaszoljon az új begyűjtésre, az interrogator Sleep üzenetet küld a sikeresen kommunikáló tag-eknek point-to-point módon (azaz ezt az üzenetet mindig csak egy tag kaphatja meg).

Az eszközök jól definiált formátummal rendelkező üzenetekkel kommunikálnak egymással. A szabvány

egyedi (point-to-point) és broadcast címzési módokat alkalmaz a kommunikáció megvalósítására. A point-to-point címzés egy 6 byte-os összetett cím (Tag Manufacturer ID+Tag Serial Number) segítségével történik. A broadcast címzési mód esetén minden hatótávolságon belüli eszköz megkapja az üzeneteket.

Az üzenetek formátumai a címzési módok és irányok szerint a 7. ábrán láthatók.

A DASH7 az elküldött adatok strukturálására Univerzális Adatblokkokat (UDB) használ, amelyek típus, hossz és maximum 255 byte hosszú adatelemekből tevődnek össze. A szabvány 24 parancsot definiál, amelyek segítségével az eszközök kommunikálhatnak vagy információt cserélhetnek [7,8].

4.3. OpenTag

Az OpenTag egy nyílt forráskódú DASH7 szoftver stack, amely C nyelven került implementálásra és különféle mikrokontrollereken futtatható. Emiatt az OpenTag-nek nagyon kompaktnak kell lennie, azonban meg-

– interrogatortól tag-nek küldött broadcast parancsüzenetek formátuma:

Protocol ID	Packet Options	Packet Length	Session ID	Command Code	Command Arguments	CRC
0x40	1 byte	1 byte	2 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

– interrogatortól tagnek küldött point-to-point parancsüzenetek formátuma:

Protocol ID	Packet Options	Packet Length	Tag Manufacturer ID	Tag Serial Number	Session ID	Command Code	Command Arguments	CRC
0x40	1 byte	1 byte	2 bytes	4 bytes	2 Bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

– tag-től interrogator felé küldött broadcast válaszüzenetek formátuma:

Protocol ID	Tag Status	Packet Length	Session ID	Tag Manufacturer ID	Tag Serial Number	Command Code	Data	CRC
0x40	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	4 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

– tag-től interrogator felé küldött point-to-point válaszüzenetek formátuma:

Protocol ID	Tag Status	Packet Length	Session ID	Tag Manufacturer ID	Tag Serial Number	Command Code	Response Data*	CRC
0x40	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	4 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

7. ábra
Üzenetformátumok
címzési mód
és irány szerint

felelő konfiguráció mellett futtatható bármilyen POSIX környezetben. Érdeemes megemlíteni, hogy az OpenTag biztosítja a DASH7 összes funkcióját nem csak „tag” eszközökre. Az implementáció figyelmet fordít a biztonságos kommunikációra is, melyhez kriptográfiai primitívek támogatását nyújtja.

Az OpenTag tervezése során kiemelkedő figyelmet fordítottak a hordozhatóságra, hogy minél több platformon futtatható legyen. Felépítése három lényegi komponensre bontható, annak érdekében, hogy szétválasztható legyen az alapkönyvtáráktól a platformfüggő kód és a felhasználói program kódja:

- Platformfüggetlen alapkönyvtár: tartalmazza a legtöbb forrás- és header-fájlt, amelyek kritikusak az OpenTag szempontjából.
- App: felhasználói program, mely tartalmazza a main.c-t és a hozzá kapcsolódó egyéb fájlokat.
- Platform: driverek és beállítások, amelyek egy adott platformra jellemzőek.

Az OpenTag napjainkban a következő rádiós modulál rendelkező mikrokontrollereket támogatja: CC430 (Texas Instruments), ADuCRF101 (Analog Devices), SX1231 (Semtech), POSIX Simulator [9-11].

5. Értékelés

A következőkben összefoglaljuk a DASH7 szabvány előnyös és hátrányos tulajdonságait.

A legfőbb előnyök a következők:

Az ISM frekvencia miatt könnyű a telepítés, az elhelyezés és a karbantartás. Szintén a frekvenciaválasztásnak köszönhető, hogy más népszerű technológiákkal, mint a WLAN és Bluetooth, nincs interferencia, a jel könnyen áthatol a falakon, betonon és vízen a 433 MHz-es frekvenciasáv job terjedési tulajdonságai miatt, valamint nagy hatótávolságot (~1,5 km) biztosít alacsony teljesítménnyel.

Fontos szempont az előzőeken kívül, hogy az eszközök ára viszonylag alacsony, 10 USD nagyságrendbe esik. A smart metering szempontjából fontos előny, hogy a szabvány feltöltés-orientált, képes a tag-to-tag kommunikációra, mely lehetőséget ad a vezeték nélküli „mesh” szenzor hálózatok leváltására, illetve hogy az alkalmazott parancs-válasz kommunikáció egyedi parancsokkal is bővíthető.

A szabvány hátrányai az alábbiak:

A DASH7 eredetileg RFID szabvány, így közvetlenül nem használható smart meteringre, nincs lehetőség hierarchikus node szervezésre, a tisztán master-slave kommunikáció miatt. Interferencia léphet fel az ISM frekvencia miatt (például autók központi zárjának vezérlését is zavarhatja), illetve a csatorna keskeny sáv szélessége miatt interferencia-érzékeny. Hiányosság, hogy nincsenek beépített biztonsági mechanizmusok, mint például titkosítás és hitelesítés. A nem túl magas adatátviteli sebesség miatt nem alkalmas nagy adatmennyiség átvitelére. Az open source implementáció jelenleg fejlesztési fázisban van, kevés fejlesztővel.

6. Összefoglalás

Cikkünk összefoglalta a smart metering technológiák lényegét, valamint bemutatta a DASH7 (ISO/IEC 18000-7) aktív RFID szabványt és annak működését. Továbbá szemléltette az általunk különböző környezetekben mért DASH7 által használt frekvencia (433,92 MHz) és a 868 MHz terjedési tulajdonságait. A DASH7 kedvező tulajdonságai alapján alkalmas smart metering megoldások kidolgozására.

A szerzőkről

ILL GERGELY a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a Híradástechnikai Tanszék (HIT) Infokommunikációs hálózatok szakirányán szerzett BSc mérnök-informatikus diplomát 2010-ben. A szakirányt folytatva, jelenleg a HIT Hírközlő rendszerek biztonsága szakirányú MSc képzésének hallgatója. Szakmai érdeklődési körébe tartozik a mobil infokommunikáció és a vezeték nélküli szenzorhálózati technológiák.



LENDVAI KÁROLY 2008-ban szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát a BME-n. A Budapesti Corvinus Egyetemen mérnök-közgazdászként végzett 2011-ben. 2008-ban kezdte PhD tanulmányait a BME Híradástechnikai Tanszékén. Az utóbbi években több hazai és nemzetközi konferencián vett részt, dolgozott számos kutatási, fejlesztési projektben. Fő kutatási területei a transzport protokollok vezetéknélküli környezetben történő optimalizálása, a vezetéknélküli szenzor hálózatok, illetve mobil hálózatokban a felhasználók mozgásának modellezése.



MILÁNKOVICH ÁKOS 2010-ben szerezte meg a BME-n mérnök informatikus BSc diplomáját, majd folytatta tanulmányait MSc fokozatért hálózatok és szolgáltatások szakirányon, ahol 2012-ben végez. Szakmai érdeklődési körébe tartoznak a vezetéknélküli hálózatok, mobil és smart metering technológiák. Ezen témakörökből készíti diplomamunkáját.



IMRE SÁNDOR Budapesten született 1969-ben. A BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán szerzett diplomát 1993-ban. 1996-ban Dr. Univ., 1999-ben PhD, 2007-ben MTA Doktora fokozatot szerzett. Jelenleg a BME Híradástechnikai Tanszékének vezetője, valamint a BME Mobil Innovációs Központjának tudományos kutatási igazgatója. Főbb kutatási területei a korszerű mobil infokommunikációs rendszerek rádiós és hálózati kérdései, valamint a kvantumalapú informatika.



SZABÓ SÁNDOR 1977-ben született. A BME Villamosmérnöki és Informatikai karán végzett 2000-ben, PhD fokozatát 2011-ben szerezte meg. Jelenleg adjunktusként dolgozik a Híradástechnikai Tanszékén. Részt vesz az egyetemi kutatási projekteken és a Mobil Innovációs Központ projektvezetője. Kutatási területei a vezetékes és vezeték nélküli hálózatok integrálása, mobilitáskezelési eljárások, valamint az IMS (IP Multimedia Subsystem) rendszer vizsgálata és a vezeték nélküli szenzorhálózatok.

Irodalom

- [1] "ISO/IEC-18000-7 INTERNATIONAL STANDARD", 3rd Edition, 1 August 2009.
- [2] Tóth Katalin, Schulcz Róbert, Imre Sándor: Ütközésfeloldás RFID rendszerekben. Híradástechnika, 2007/4, pp.39–46.
- [3] Haddad Richárd, Dr. Morva György, Szén István: Smart Metering. Intelligens Energiarendszerek, 2007.
- [4] Berg Insight: News Archive, http://www.berginsight.com/News.aspx?m_m=6
- [5] DASH7 Alliance, <http://www.dash7.org>
- [6] DASH7 Alliance, DASH7 Technical Overview Webinar, 2 December 2009.
- [7] DASH7 – Wikipedia, the free encyclopedia
- [8] Indifresso Wiki DASH7, http://www.indigresso.com/wiki/doku.php?id=dash7_mode_2
- [9] J.P. Norair: "OpenTag: Office Hours". Webinar, 12 May 2010
- [10] Indigresso Wiki OpenTag, <http://www.indigresso.com/wiki/doku.php?id=opentag>
- [11] OpenTag, <http://sourceforge.net/projects/opentag>

Felhívás

Ezúton is felhívjuk Olvasóink figyelmét a Híradástechnika magyar folyamában való publikálási lehetőségekre. Elsősorban közérthető, széles olvasóközönségnek szóló, színvonalas áttekintő cikket várunk, amelyek egy-egy szűkebb szakterület érdekességeit mutatják be azok számára is, akik nem ezen a területen dolgoznak. Célunk, hogy a szakma egyetlen magyar nyelvű, színvonalas ismeretterjesztő folyóirataként közvetítsük az egyes részterületek helyzetét, fejlődésének irányait és legújabb eredményeit a minél szélesebb olvasótábor számára és formáljuk, befolyásoljuk a magyar szaknyelvet.

Várjuk Olvasóink jelentkezését a fentiek szerint elkészített kéziratokkal, az infokommunikáció különböző részterületeiről és határterületeiről, többek között az alábbi témákban:

- Adat- és hálózatbiztonság
- Digitális műsorszórás
- Infokommunikációs szolgáltatások
- Internet-technológiák és alkalmazások
- Médiainformatica
- Multimédia-hálózatok és rendszerek
- Optikai kommunikáció
- Társadalmi vonatkozások
- Távközlés-gazdaság és -szabályozás
- Távközlési szoftverek
- Teszthálózatok és kutatási infrastruktúrák
- Úrhírközlés
- Vezetéknélküli és mobil távközlés

Rendszeresen jelentkező rovatainkhoz is várjuk beküldött anyagaikat, melyek közül a következőket szeretnénk kiemelni:

- hazai és nemzetközi projektek ismertetése,
- konferenciákról, fontos szakmai eseményekről szóló beszámolók,
- a HTE szakosztályainak tevékenységét bemutató cikkek,
- egyetemi és kutatóintézeti egységek bemutatkozása,
- könyvismertetések.

A kéziratosokat kérjük a főszerkesztőnek elektronikus megküldeni a szabo@hit.bme.hu címre, akihez a témákkal és a cikkek elkészítésével kapcsolatos bármilyen kérdéssel is fordulhatnak a fenti e-mail-címen. A szerzőinknek szóló tájékoztató elektronikus változatát lapunk internetes portálján találhatják meg, a www.hiradastechnika.hu cím alatt.

A Szerkesztőség