

A Zigbee technológia

Kovács Balázs
kovacsb@tmit.bme.hu

Vida Rolland
vida@tmit.bme.hu

Budapesti Muszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

Absztrakt:

Napjainkban egyre jobban terjednek a vezeték nélküli hálózatok, melyek lehetővé teszik a mobil eszközök hálózati kommunikációját. A jelenlegi vezeték nélküli technológiák a minél nagyobb sáv szélesség elérésére, illetve az ad hoc hálózati együttműködés támogatására koncentrálnak, melyek mellett az energiafelhasználás minimalizálása csak másodlagos szerepet kapott. A hálózati trendek szerint azonban a jövő hálózatai az olyan eszközök hálózati kommunikációját is megkívánják, melyek szempontjából kritikus az energiaellátás. Eme cikkben bemutatjuk a Zigbee technológiát, melyet ezen eszközök rádiós kommunikációjának biztosítására fejlesztettek ki.

1. Bevezetés

A számítástechnikai és kommunikációs technológiák napjainkban tapasztalható összefonódása forradalmi hatással bírt az emberek mindennapi életére. A legszembetűnőbb jelenség a mobil telefonok, laptopok és személyi digitális asszisztensek (*Personal Digital Assistant*, PDA) elterjedése. Eme technológiai fejlődés egy olyan szemlélet kialakulását eredményezte, mely szerint minden személy és eszköz között egy idotól és helytől független kommunikációs csatornát kellene fenntartani. Az elképzelés legnagyobb akadályát a kommunikációhoz használt vezetékek szükségszerűsége okozta. Mindemellett a vezeték nélküli technológiák immáron lehetővé teszik az eszközök közötti folyamatos fizikai kapcsolatot.

A manapság leginkább ismert, és elterjedően lévo vezeték nélküli átviteli technológia, az IEEE 802.11 szabvány család [1]. Nagyjából 50 méteres hatótávolságig maximum 54 Mbps fizikai átviteli sebesség elérését teszi lehetővé, mely alkalmazás szinten akár jó minőségű videó többesadást (*multicast*) is támogathat. A 802.11 legelterjedtebb alkalmazási területét azon helyi hálózatok alkotják, ahol a vezetékek jelenléte nem megengedhető, vagy felesleges, ahol szükség van a hálózat egyszerű, mobil elérésére és a minél nagyobb átviteli sebességre. Ennélfogva a 802.11 technológiával kommunikáló eszközök általában PDA-k, laptopok.

Egy másik jól ismert vezeték nélküli technológia a Bluetooth [2]. Célja a relatív kis adatátvitellel működő eszközök kábeleinek helyettesítése rádiós átvitelre épülő technológiákkal. Mivel hatótávolsága 10 méter körülire tehető, a Bluetooth egy leginkább személyi hálózatokban (*Personal Area Network*, PAN) alkalmazható technológia. Fizikai adatátviteli sebessége 1 Mbps, mely alkalmazási szinten maximum 720 kbps-re csökken. Ez a sebesség jó minőségű audio átvitelt, esetleg egy közepes minőségű videó átvitelt képes támogatni. Leginkább telefonokba, fejhallgatókba, egerekbe, billentyűzetbe és egyéb hasonló kategóriájú adatátvitelt igénylő eszközbe telepíthető.

Mind a helyi, mind pedig a személyi vezeték nélküli hálózati technológiák olyan eszközöket céloznak meg, melyek feltölthető akkumulátorral, esetleg folyamatos tápellátással rendelkeznek. Érzékelhető azonban egy olyan technológia hiánya, mely primitívebb, egyszerűbb eszközök rádiós kommunikációját támogatja. Olyan eszközökre gondolunk, melyeket nincs lehetőség naponta, vagy hetente energiával újratölteni. Eme probléma megoldására dolgozták ki a Zigbee technológiát.

2. A jövő hálózatai

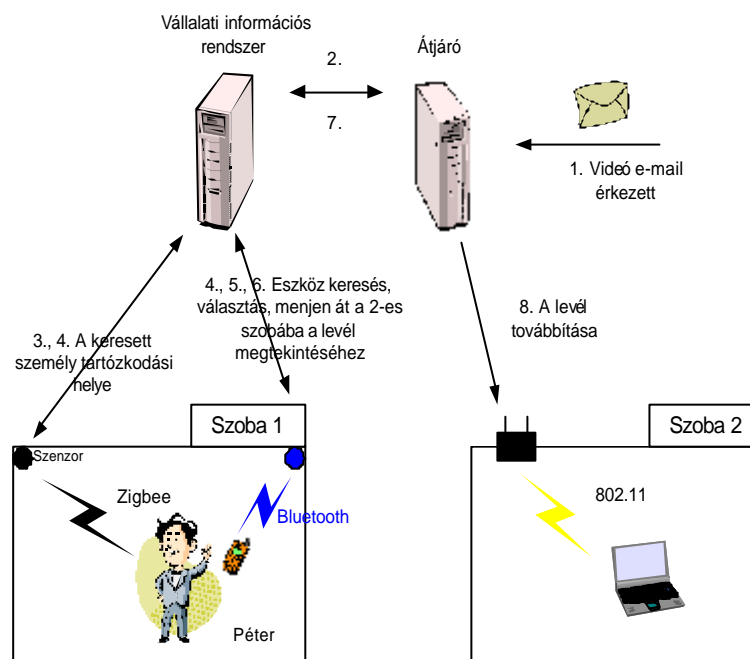
A 802.11 és a Bluetooth technológia lehetővé teszi azt, hogy vezeték nélküli fizikai csatorna épüljön fel két, egymás hatótávolságán belüli eszköz között. Egy megfelelő hálózati infrastruktúra, a technológiák megfelelő alkalmazása és a helyes hálózati rétegbeli protokollok segítségével (címezés, útválasztó algoritmusok) elérhetjük azt az elképzelést, hogy az adott infrastruktúrán belül található minden eszköz között kommunikációs csatorna alakuljon ki. Napjainkban elkezdődött ez a fajta hálózati kiépülés, az azonban még nagyon messze van, hogy bármely két eszköz között bárhol és bármikor kommunikációs csatornát lehessen kialakítani és fenntartani.

Az elmúlt évtizedben kialakult egy új számítástechnikai paradigma, mely eme vízió megvalósulását tűzte ki célul. A *ubiquitous* avagy *pervasive* (mindenhol jelenlévo, körülölelo) hálózati kommunikáció filozófiája arra épül, hogy mindennapjaink során ne a feladataink megvalósításához szükséges eszközökre, hanem konkrétan a feladatokra tudjunk koncentrálni. Egy összetett, háttérbe kerülő intelligens rendszert képzel el, mely úgy segíti a felhasználókat, hogy az valójában nem is tudatosul bennük. Ennek megvalósulásához egy összehangoltan működő, érzékelő és reagáló globális infrastruktúrára lenne szükség.

Példának említhető egy irodaházban egy olyan videó levelezős rendszer, mely mindig az aktuális tartózkodási helyünkhöz közel található kijelzőre vetíti ki az üzenetünket. Tegyük fel, hogy egy videó e-mail érkezett Péter számára, a munkahelyére [1. ábra]. Mikor a vállalati átjáró megkapja az elektronikus küldeményt, megkérdezi a vállalati információs rendszertől, hogy hova küldje az épületen belül a levelet. Az információs rendszer elindít egy keresést Péter személyi azonosítójára. A Zigbee segítségével az egyik szenzor érzékeli Péter azonosító kártyáját, és visszaküldi annak pozícióját az információs rendszernek. Ezek után a rendszer keres Péter közelében egy, az üzenet megjelenítésére alkalmas eszközt.

Tételezzük fel, hogy talál egy Bluetooth kompatibilis mobiltelefont, illetve egy 802.11-es kapcsolattal rendelkező laptopot a szomszédos szobában. Ezek után Péter választhat, hogy a telefonján, vagy a laptopon akarja megnézni az üzenetet. Mivel a telefon képességei nem biztos, hogy lehetővé teszik a videó-levél megjelenítését, a levél interfészének adaptálásával az eszköz képességeihez igazíthatja a rendszer a megjelenítendő üzenetet. Ellenben ha Péter a laptopot választja, akkor tökéletes minőségben követheti végig a videó-levél tartalmát. Péter végül úgy dönt, hogy átmegy a szomszédos szobába. Válaszát visszaküldi az információs rendszernek, mely az átjáróval közli a levél továbbításának célcímét.

Egy másik példa keretében gondolhatunk egy olyan rendszerre is, melyben a hazafelé vezető utunk során az utcai mobil hálózat érzékeli pozíciónkat, és kiszámolva a hazaérkezésünk várható időpontját, előre beállítja az otthoni hőszabályozót az általunk kívánt hőmérsékletre. Ahhoz, hogy ez az automatizmus működjön, szükség van többek között hálózati kommunikációt lebonyolítani képes elektronikus személyi azonosítókra, érzékelő berendezésekre, szabályozórendszerekre, stb. Olyan apró és folyamatosan működésben lévő eszközökről van szó, melyek szempontjából kritikus az energiaellátás. Nyilván senki sem szeretne a szobájában lévő tucatnyi szenzorhoz hetente elemet vásárolni, illetve azokat cserélni. Mindamelllett, hogy ez folyamatos kiadást róna költségvetésünkre, kényelmetlenné tenné a rendszer használatát. Eme problémák megoldására készült a Zigbee.



1. ábra: A három technológia alkalmazási lehetősége egy jövőbeli hálózati környezetben

3. A Zigbee technológia

A Zigbee technológiát a Zigbee Alliance [3] nevű szervezet fejleszti, melynek számos neves ipari partner is tagja. 35 vállalat vesz részt aktívan a Zigbee szabvány kidolgozásán, közülük az öt legjelentősebb a Honeywell, Ivensys, Mitsubishi, Philips, Motorola. A 30 további projekt résztvevő között található félvezetőgyártással, mobil IP-vel foglalkozó cégeket és számítástechnikai eszköz (*Original Equipment Manufacturers*, OEM) gyártókat. Ezek a résztvevők technikai hozzájárulással segítik a szervezetet, és az elkészült specifikációk hozzáféréseben elonyt élveznek. Feladatuk a Zigbee technológia formálása ipari alkalmazási lehetőségekhez (Millennial Net, Atmel, Microchip, Chipcon, stb.). A Zigbee Alliance feladata egy olyan rendszer kidolgozása, mely rádiós áviteli technológiát biztosít olyan eszközök számára, melyek kevés adatforgalmat bonyolítanak, de helyes működésükhöz, illetve

elterjedésükhöz rendkívül fontos a minél hosszabb élettartam és a minél alacsonyabb eloállítási költség. A Zigbee Alliance a hálózati rétegtől az alkalmazási rétegig terjedő feladatokra fókuszál, megvizsgálva a különböző alkalmazási lehetőségeket. A Zigbee fizikai és közegelőzési vezérlő (*Medium Access Control, MAC*) rétegét az IEEE dolgozta ki, a technológia perspektíváinak követésével. Az elkészült terveket a 802.15.4 szabványban rögzítették [4].

A Zigbee olyan piacokat céloz meg, mint az ipari és kereskedelmi alkalmazások (pl. monitorozás, érzékelés, automatizálás, vezérlés), egészségügyi alkalmazások (pl. érzékelés, diagnosztika), szórakoztató elektronika (pl. tévék, videók, távirányítók, játékok), számítógép-perifériák, vagy a házi automatizálás (pl. biztonság, világítás, hozabályozás).

3.1 A rádiós interfész

Az IEEE 802.15.4 három különböző frekvenciatartományban működik: a 2.4 GHz-es ISM sávban, a 915 MHz-es Amerikában engedélyezett ISM sávban, illetve Európában 868 MHz-en.

	Sáv	Lefedettsé	Adat sebesség (kbps)	Csatornák száma	Modulációs eljárás	Chip sebesség (kchip/s)	Szimbólum sebesség (ksymbols/s)
2.4 GHz	ISM	Világ	250	16	O-QPSK	2000	62.5
868 MHz		Európa	20	1	BPSK	300	20
915 MHz	ISM	Amerika	40	10	BPSK	600	40

1. Táblázat: az IEEE 802.15.4 frekvenciatartományai

A fizikai szintu adatátviteli sebesség 20 kbps-tól 250 kbps-ig terjed, mely valójában maximum 128 kbps információs sebességet eredményez. Az interferenciák ellen a rendszer direkt szekvenciális spektrumszórás (*Direct Sequenced Spread Spectrum, DSSS*) alkalmaz védekezési eljárásaként. A 250 kbps-os sebesség eléréséhez 62,5 k szimbólumváltás történik másodpercenként, 1 szimbólum pedig 4 bitet reprezentál. A DSSS 1 bitet 4 chip segítségével igyekszik meghatározni.

A Zigbee eszközök minden adás előtt vivo érzékeléses, többszörös hozzáférést kezelő, ütközést elkerülő (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA*) algoritmus alkalmazásával gyozodnek meg arról, hogy adásaik ütközés nélkül fognak lezajlani.

A rendszer maximális hatótávolsága 10 és 75 méter közé esik, de leggyakoribb esetben 30 méter körül alakul. A protokoll lefoglalt idorésekkel tudja garantálni az idokritikus alkalmazások számára az alacsony késleltetésu adatátvitelt, az adatsomagok célba érkezését pedig kézfogásos algoritmussal biztosítja.

3.2 Energia menedzsment

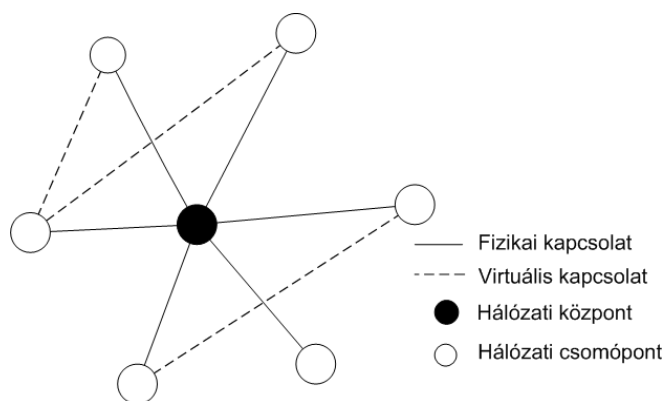
A Zigbee tervezése során a legfontosabb szempont az alacsony energiafogyasztás és alacsony költség elérése volt, ezért mind a protokollvermet, mind pedig a protokoll működését ennek megfelelően optimalizálták. Egy Zigbee eszköz működése során két állapotban lehet: aktívban és alvóban. Az alvó állapot percekig, vagy akár órákig is tarthat. Aktív állapotba egy eszköz csak akkor kerül, ha a rajta futó alkalmazás(ok) úgy kívánják. Ezáltal egy átlagos Zigbee eszköz működési időtartamának mindössze 0.1%-át tölti aktív állapotban, mindez pedig jelentős mértékű energiamegtakarítást eredményez.

Példaképpen, egy 802.11 típusú rádiós interfésszel kommunikáló eszköznek folyamatos működés esetén 667 mW-os teljesítményleadást jelent az interfész működtetése. Mindez egy folyamatosan működő 802.15.4 eszköz esetében 30mW körül alakul. Ha ehhez hozzávesszük a 0.1%-os üzemelési szorzót, akkor jelentős mennyiségű energiát tudunk megtakarítani, mely nagyon fontos a korábban említett szenzorok és egyéb kis adatátviteli sebességgel és hosszú élettartam igényel bíró eszközök számára.

3.3 A hálózat szervezése

A technológia alapján véve csillag topológiába szervezi a hálózatban résztvevő eszközöket, de virtuális kapcsolatok létrehozásával a peer-to-peer összeköttetéseket is támogatja. Mivel a csillag topológia egy központi entitást igényel, ezért két eltérő hálózatszerkezési szereppel bíró eszközt különböztet meg: a központba helyezi a hálózati irányítót, a csillag ágaiba az egyszerű hálózati csomópontokat [2. ábra].

Egy hálózatba maximum 255 csomópont szerveződhet. A központi egységnek mindenképpen olyan eszköznek kell lennie, mely folyamatos tápellátással és elegendő számítási kapacitással rendelkezik egy hálózat felügyeletéhez. Feladata a hálózat beacon üzeneteinek küldése, a hálózat felállítása, az egyszerű csomópontok szervezése, a csomópontok paramétereinek tárolása, a párosított csomópontok üzeneteinek továbbítása, és az adatok folyamatos fogadása. Az egyszerű csomópontok csak a központi egységgel tudnak közvetlenül kommunikálni. Eme eszközök véges tápellátással bírnak, folyamatosan keresik az elérhető hálózatokat, akkor küldenek adatot, ha a rajtuk futó alkalmazás igényli azt, lekérdezik a hálózati irányítót, hogy van-e a számukra tárolt adat, és igyekeznek minél több időt alvással tölteni.



2. ábra: A Zigbee hálózati topológia

A hálózati forgalom szempontjából három fajta eszközt különböztetünk meg. Egyrészt léteznek periodikus adatforgalmat bonyolító eszközök, melyek egy adott alkalmazás által definiált rendszerességgel küldenek adatot (pl. szenzorok). Ebben az esetben az eszközök a központi egység által küldött beacon jelekre ébrednek fel, és kérdezik le a központot. Másfajta forgalomtípus jellemzi a rendszertelen adatforgalmú eszközöket, melyek valamilyen külső hatás alapján dolgoznak (pl. villanykapcsoló). Az ehhez hasonló eszközök csak akkor kapcsolódnak a hálózathoz, ha szükséges, és így jelentős mértékű energiát tudnak megtakarítani. A harmadik típusba az ismétlődő, alacsony késleltetést igénylő eszközök sorolhatóak, melyek kihasználhatják a rendszer által biztosított *garantált időzés* opciót (pl. egerek).

A Zigbee protokollverem implementációja a hálózati szerepeknek megfelelően két változatban is elkészült. A több funkcióval rendelkező verzió mindössze 32 kbyte memóriát igényel, míg az egyszerű csomópontok számára készült változatnak körülbelül 8 kbyte-ra van szüksége. A hálózati irányítóknak természetesen kiegészítő memóriára is szükségük van, hiszen csomópont adatbázist, tranzakciós adatbázist és párosítási táblát is fenn kell tartaniuk.

Az egyszerű hálózati topológiának köszönhetően egy entitás átlagosan 30ms alatt épül be egy hálózatba, alvó állapotból 15 ms-ra van szükség az aktív állapotba kerüléshez, míg egy aktív egységnek átlagosan 15 ms-ra van szüksége ahhoz, hogy kommunikációs csatornához jusson.

3.4 Biztonsági kérdések

A parancsok, beacon üzenetek és visszaigazolások titkosítására a Zigbee MAC szintű titkosítást használ, egy ugrásnyi (hop) távolságnál nagyobb esetben azonban a felsőbb rétegek biztonságára támaszkodik. A MAC szint a továbbfejlesztett titkosítási szabvány (*Advanced Encryption Standard, AES*) [5] nevű kriptográfiai algoritmust használja, és sok különböző biztonsági csomagot definiál, melyek az AES algoritmusra épülnek. Ezek a biztonsági csomagok támogatják a MAC keretek bizalmasságát, integritását és hitelességét. Habár a biztonsági feldolgozást a MAC szint végzi, a felsőbb rétegek állítják elő a biztonsági kulcsokat és határozzák meg az adott esetben használandó biztonsági szinteket. Amikor a

MAC szint továbbít (fogad) egy titkosított csomagot, megnézi a keret célcímét (forráscímét), leellenorzi a címhez hozzárendelt kulcsot, majd eme kulcsot használja a keret feldolgozásához, a kulcshoz rendelt biztonsági csomag alapján. A keretekben egy bit jelzi a titkosítás használatát.

4. Zigbee vs. Bluetooth

A Zigbee és a Bluetooth alapjában véve eltéro alkalmazásokhoz készült. Míg a Zigbee a szenzorhálózatokat, házi automatizálást és egyéb korábban említett alacsony intelligenciájú csomópontokból álló hálózatok kialakítását támogatja, addig a Bluetooth a PDA-k, mobil telefonok, stb. hálózatba szervezéséhez készült. A két technológia céleszközeinek természetesen van metszete, mely esetekben az adott alkalmazási környezet fog döntetni arról, hogy a technológiák közül melyik az életképesebb. A Zigbee és a Bluetooth között azonban nagyon fontos különbség az, hogy a Zigbee kis adatcsomagok ávitelét támogatja nagy méretu, statikus felépítésu, rendszertelenül muködo eszközökkel teli hálózatban (255 csomópont), Ezzel szemben a Bluetooth egy kis hálózatban (8 csomópont) viszonylag nagy adatcsomagokat továbbít, ad hoc hálózati támogatást, valamint nagyobb adatforgalmat bonyolító alkalmazási lehetőségeket nyújt.

	Bluetooth	Zigbee
Rádiós interfész	FHSS	DSSS
Protokollverem	250 kbyte	32 kbyte
Tápellátás	Újratöltheto	Nem újratöltheto
Eszköz/hálózat	8	255
Link/információs sebesség	1 Mbps/720 kbps	250 kbps/128 kbps
Hatótávolság	~10 m	~ 30 m

2. Táblázat: Bluetooth és Zigbee összehasonlítás

5. Példaalkalmazás

Egy érdekes példaalkalmazás lehet egy csillár és egy villanykapcsoló közötti Zigbee kommunikáció. Rögtön felmerülhet a kérdés, hogy mi szükség van rádiós kapcsolatra egy villanykapcsoló és egy csillár között, amikor amúgy is be kell vezetékezni a csillárt a villanykörték muködtetéséhez. Természetesen a vezetékkezés nem maradhat el, azonban egy hagyományos kapcsolót, mely képes a csillár áramkörét nyitni és zárni, magába a csillárba is beépíthetünk. Ezt a kapcsolót mi fizikailag nem használnánk, csak elektromos impulzusok hatására muködné. Egy általunk használt másik kapcsoló viszont a Zigbee technológia segítségével egy rádiós interfészen keresztül kommunikálna a csillárral a hálózat központi egységének közremuködéssel. Ezáltal a kapcsolónk semmilyen fizikai helyhez nem lenne kötve. Akár napról-napra átrendezhetnénk villanykapcsolóinkat fúrás-faragás nélkül, vagy tetszolegesen rendelhetnénk össze lakásunkban csillárainkat és kapcsolóinkat.

Természetesen ez csak egy, a házi automatizálás témakörébe tartozó példa leírása volt. A Zigbee technológia ennél sokkal szélesebb körű felhasználási lehetőségeket kínál. Amennyiben a Zigbee az általa kitűzött célokat az elvárásoknak megfelelően képes lesz teljesíteni, mindenképpen fontos szerepet játszik majd a jövő hálózati kommunikációjában.

Irodalomjegyzék

- [1] *IEEE Std. 802.11, 1999 Edition*, <http://standards.ieee.org/catalog/olis/lanman.html>
- [2] Jaap Harsten: “*BLUETOOTH – The universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity*”, Ericsson Review No. 3, 1998
- [3] *Zigbee Alliance*, <http://www.zigbee.org>
- [4] *IEEE Std. 802.15.4, 2003 Edition*, <http://standards.ieee.org/catalog/olis/lanman.html>
- [5] *National Institute of Standards and Technology – Computer Security Resource Center*
<http://csrc.nist.gov>