

# Vezetékmentes világítástechnikai vezérlés

Mike Claassen – Texas Instruments

A világítástechnika vezérlési vonatkozásai ma már rég túlnőtték a „villanykapcsoló–villanykörte-problémakör” méreteit. Különösen a középületek világításánál merül fel az a probléma, hogy a „szelektív vezérelhetőség” az energiakábelezéssel azonos „nehézségi fokú” vezérlővezeték-rendszer kiépítését követeli meg. Ezt a feladatot teheti egyszerűbbé, ha a vezérlésre vezetékmentes hálózati eszközöket használunk.

Az RF-alapú vezetékmentes vezérlés és a világítástechnika „házzassága” sokat ígér. Az az ötlet, hogy a viszonylag távoli objektumok (a fényforrások) és a viszonylag kicsi és hordozható vezérlőeszköz (a kapcsoló) összekapcsolásához ne kelljen huzalozott kapcsolatot kiépíteni, nagyon vonzóan tűnik. Első ránézésre a ZigBee™ vezetékmentes hálózat kitűnő jelöltnek látszik arra, hogy eleget tegyen a feladat összes követelményének. Néhány alkalmazásban a ZigBee<sup>1</sup> valóban nemcsak azért ideális, mert kielégíti a jelenkori világítástechnikai rendszerek igényeit, hanem számos jövőbeni igénynek is „elébe megy”. A Zigbee elfogadása az otthonok és üzleti célú épületek automatizálási megoldása-

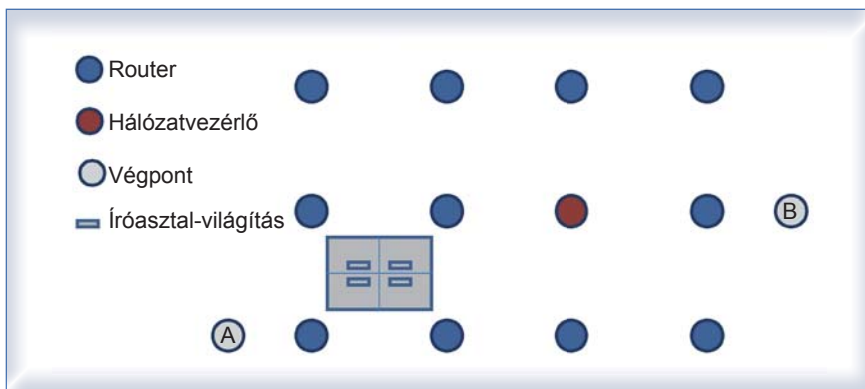
inak kommunikációs médiumaként jelentősen leegyszerűsíti a kivitelezést. Az ilyen célokra szabványosított világítástechnikai vezérlőutasítások állnak rendelkezésre, ezért a szoftverfejlesztés minimális ráfordításokat igényel.

Vannak azonban másfajta világítástechnikai rendszerek is, amelyekhez – bár szintén megoldhatók vele – a Zigbee választása nem ideális. Ez a cikk három tipikus világítástechnikai alkalmazást tekint át azok követelményeivel és sajátosságaival együtt. Bemutatjuk, hogy a ZigBee miért jó megoldás az egyikhez, miközben a másikhoz célszerűbb másfajta megközelítést választani.

## Kiterjedt üzleti célú, „gyárvilágítás típusú” rendszer

Sokan vannak, akik olyan környezetben dolgoznak – és töltik idejük jelentős részét –, amely viszonylag kevés fallal van tagolva, a fényforrások számos sorban vannak elhelyezve, és legnagyobb részük funkcionálisan nem elkülöníthető, nagyon nagy, összefüggő tereket világít meg. Az ilyen világítórendszerekre az jellemző, hogy többnyire a nap 10 vagy 12 órájában, azaz az ott tartózkodók egész munkanapjának tartama alatt bekapcsolt állapotban vannak. Éjszaka ezeknek a fényeknek egy része bekapcsolt állapotban marad, amely az épület, a benne tartózkodók és a tárolt anyagi értékek biztonsága miatt elkerülhetetlen.

Az 1. ábra tipikus ZigBee-hálózatot mutat, amely nagy, összefüggő, egységesen megvilágított terület világítástechnikai vezérlését végzi. A hálózat három különböző típusú eszközből épül fel. A hálózatvezérlő felügyeli a hálózatot,



1. ábra Nagy kiterjedésű, rács-topológiájú világítástechnikai vezérlőhálózat

és meghatározza, hogy a hálózatban szereplő többi készülék hogyan működjön együtt egymással. Mivel a hálózatvezérlő gyakorolja a legmagasabb szintű ellenőrzést a teljes rendszer felett, ezért ebből csak egy lehet. Ha a hálózat „összeállt”, a hálózatvezérlő befejezte tevékenységét, és akár ki is léphet a rendszerből, bár a gyakorlatban sokkal gyakrabban nem kapcsolódik, hanem routerré alakul át.

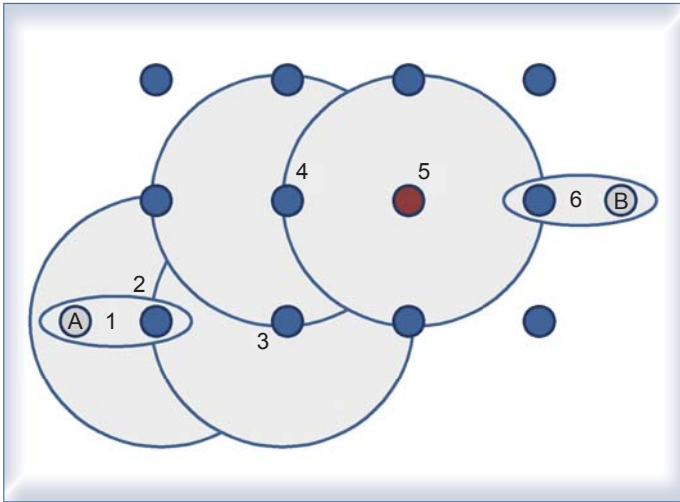
A router funkciója egyszerűen csak annyi, hogy kiválasztja az üzenet továbbítási útját a lehetségesek közül a hálózaton keresztül. Azoknak az üzeneteknek a kézbesítése, amelyek a routerhez kapcsolódó „gyermek”<sup>2</sup> eszközöktől jönnek, vagy azoknak vannak címezve, a router felelőssége. Azokat az üzeneteket, amelyek nem a router valamelyik gyermekének szólnak, vagy nem abból erednek, a router csupán megismétli, hogy továbbítsa a hálózat más részei felé<sup>3</sup>. Ahhoz, hogy a hálózat megfelelően működhessen, a router-eszköznek más router-eszközök rádiófrekvenciás hatótávolságán belül kell lennie, és folyamatosan figyelnie kell a hálózaton át érkező új üzeneteket<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> Egy router „gyermek” az a végberendezés vagy más router, amelyek az adott routeren keresztül kapcsolódnak a hálózat egészéhez. Értelemszerűen a „szülőrouter” a „gyermek” a hálózattal összekapcsoló routert jelenti.

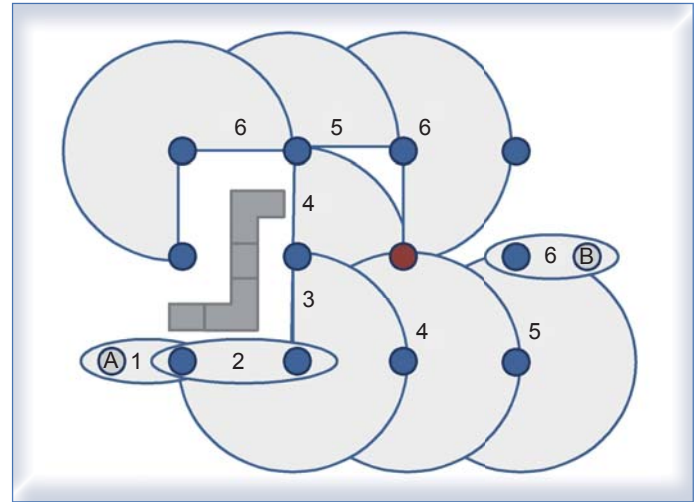
<sup>3</sup> Még ha a csomópont hosztprocesszorának sok utasításciklusát le is kötik a ZigBee-protokollverem hálózatvezérlő és router-funkciói, ennek a processzornak elegendő szabad számítási kapacitással kell rendelkeznie ahhoz, hogy a csomópont egyéb funkcióit (például a fényforrás vezérlését) elláthassa. Ez azt jelenti, hogy egy ilyen világításvezérlő hálózati processzornak legalább két funkciót kell ellátnia: egyrészt a világítás vezérlését, másrészt a ZigBee-üzenetek útvonalválasztó (router) funkcióját.

<sup>4</sup> Egy tipikus vezetékmentes rendszerben a legnagyobb energiaigényű az az adási fázis, amely után egy vételi fázis következik, ugyanis a vétel érdekében aktív állapotba helyezett mikroprocesszor az RF-adási üzemmód után a második leginkább energiaigényű működés. A ZigBee-routerek tipikus átlagfogyasztása 25 mA (75 mW), amely elhanyagolhatóan kevés az általa kapcsolt 100 W-os világítótesthez képest. A router-funkciót betöltő ZigBee-csomópont 75 mW fogyasztása akkor jelent problémát, ha a hálózat működtetésének energiaforrása erősen korlátozott. Összehasonlításképpen: az „alvó” készülékek, használatuktól függően akár 1 mW-nál kevesebbet is fogyaszthatnak.

<sup>1</sup> ZigBee: az IEEE 802.15.4-2003 szabványban leírt „kis adatsebességű, vezetékmentes személyi adathálózat”, amely a külön engedély és díjfizetés nélkül ipari, tudományos és orvostechikai célokra használható (ISM) frekvenciasávokban működhet. Ez Európában 868 MHz, az USA-ban és Ausztráliában 915 MHz, és a világ legnagyobb részén általánosan a 2,4 GHz frekvenciák környezetében engedélyezték. Tipikus használata az épületautomatizálás, a távvezérlés és hasonló, kis adatmennyiség továbbítását igénylő, kis hatótávolságú alkalmazások. (A ford. megj.)



2. ábra Üzenet terjedése egy rácstopológiájú hálózaton



3. ábra Üzenet továbbítása egy akadály megkerülésével

A végkészülékek olyan ZigBee-csomópontok, amelyeknél a kikapcsolás nem akadályozza a hálózat üzemképességét. Ezért az ilyen „kikapcsolható” csomópontoknak kisebb a teljesítményigényük. A végkészülékeket tehát telepek is táplálhatják, és a telep élettartama nagyon hosszú lehet a kis átlagfogyasztás miatt. Mivel ezek a készülékek nincsenek állandóan vételi üzemmódban, nem tölthetnek be router-funkciót a ZigBee-hálózatban. Ezek inkább egy router „gyermekai”, amelyek üzeneteinek továbbítása az szülőrouterük feladata. Egy világítástechnikai rendszer tipikus végkészülékei a fényintenzitás-szenzorok, a „jelenlét-érzékelők”, vagy még magától értetődőbb módon a világításvezérlő kapcsolók (távvezérlők). Az 1. ábrán látható íróasztal-világítás példa egy olyan csomópont, amely világításvezérlő funkciót is ellát, de ugyanakkor végkészülékként valószínűsíthető meg. Ez egy router gyermekkészüléke, és a helyi vezérlésen kívül képes világításvezérlő utasításokat elfogadni a szülőrouter-től is. Ha az 1. ábrán mutatott hálózatra tekintünk, ennek egyik („A” jelű) végkészüléke egy világításkapcsoló. Ez aktiválásakor egy üzenetet küld a „B” végkészüléknek, amely lehet egy jelenlét-érzékelő, és érzékeli a világítás-bekapcsolási utasítás érkezését. Az üzenetet a hálózat többi csomópontja ismétli, míg a címzett végkészülékig eljut. A 2. ábra azt mutatja, hogyan ismétlik a csomópontok az A végkészülék üzenetét, és hogyan jut el az a hálózaton át a B végkészülékhez, amely veszi, értelmezi és végrehajtja azt. Ehhez hatszori ismétlésre (ugrásra)

van szükség. Természetesen ugyanez az utasítás azt a célt is szolgálhatja, hogy minden routeren bekapcsolja a hozzá csatlakoztatott fényforrásokat.

Egy rácshálózatnak nem az egyedüli funkciója az üzenet továbbítás. Gondoljunk például arra, hogy a működő világításvezérlő hálózatunkban egy ideiglenes vagy végleges akadály jelenik meg, amely árnyékolja a jelterjedést. Ez valószínűleg kiiktat néhányat a lehetséges hálózati kapcsolatok közül. A 3. ábra azt szemlélteti, hogy a világításvezérlő hálózat által lefedett területen egy nagyméretű árnyékoló test, például egy légkondicionáló rendszer szellőzőcsatornája jelenik meg. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a légcatorna megakadályozza minden olyan hálózati csomópont RF-kommunikációját, amelynek hatótávolságán belül van. Még ha a terjedési út keresztmetszete meg is feleződik, a légcatorna mindkét oldalán lehetséges összefüggő útvonalat találni az egész hálózat bármelyik csomópontjára. Ez a képesség, amellyel a rendszer képes útvonalat találni az RF-útvonalak ideiglenes vagy végleges változásai esetén is, a ZigBee-hálózat „öngyógyító” képességére mutat rá.

4. ábra Kis terem világításvezérlő hálózata

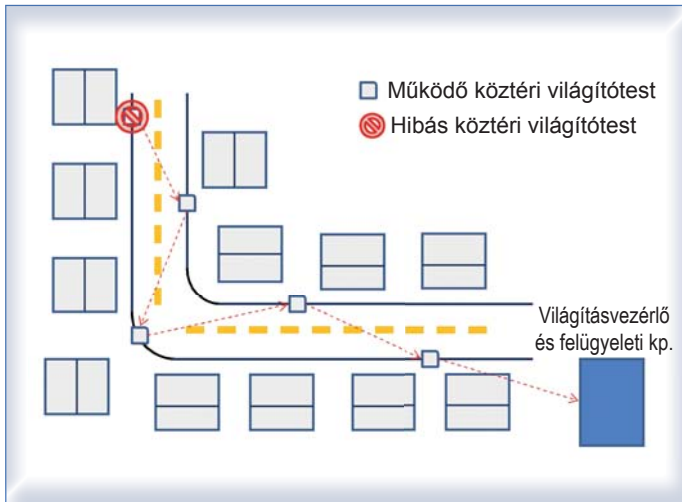


**Kisméretű helyiségek világítási rendszere**

A konferenciatermek vagy tantermek világításához a fentiekől eltérő megfontolásokat kell tennünk. Ezek a világítórendszerek nem igényelnek olyan üzeneteket, amelyet a fényforrások nagy tömegéhez kell eljuttatnunk. Valójában az ellenkezője a kívánatos: a vezérlőutasításoknak csak a teremben levő világítótestekhez szabad eljutnia. A helyiségen kívüli világítórendszerre ható vezérlés nem csupán nemkívánatos hatásokkal járna, hanem torlódásig vezető, túlzott RF-forgalmat generálna a helyiségen kívüli kontrollerek között<sup>5</sup>.

A 4. ábrán egy több mennyezeti fényforrással megvilágított konferenciaterem látható, amelynek világítása gyakorlatilag állandóan be van kapcsolva. A szobában a kijáratok felett vészvilágító fényforrások is el vannak helyezve. Ezek a fényforrások is állandóan bekapcsolt állapotban vannak. Vészhelyzetben azonban fel kell tételezni, hogy a hálózati energiaszolgáltatás megszakad, ezért a rendszernek a lehető legkisebb fogyasztású üzemmódra kell kapcsolnia annak érdekében, hogy a vészvilágítást a lehető

<sup>5</sup> A rövidebb hullámhosszúságú (nagyobb vivőfrekvenciájú) jelek erősebben reflektálódnak a hosszabb hullámú jeleknél. Emiatt a 2,4 GHz-es ISM-sávban működő világításvezérlő rendszer alkalmasabb egy kisebb, zárt térben való alkalmazásra, mivel a terem falai erősen csillapítják a rajtuk áthatoló jeleket. A jel nagyobb visszaverődési hajlama is segít a jelterjedésben – nevezetesen az RF-jel továbbítását árnyékoló objektumok (például emberi testek) megkerülésében, amely lehetővé teszi, hogy a helyiségben ne lehessenek be nem sugárzott területek.



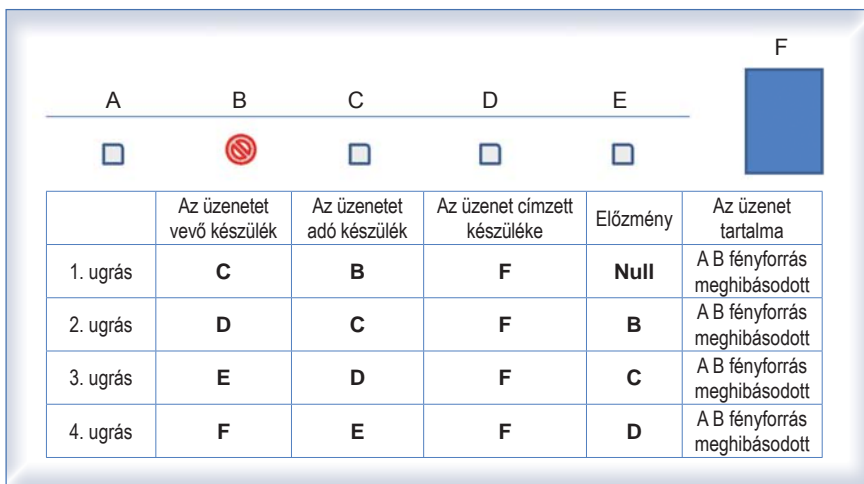
5. ábra Üzenettovábbítás a lineáris világítástechnikai rendszer mentén

leghosszabb ideig aktív állapotban tudja tartani. A helyiség világításkapcsolói hordozhatóak, és mivel a rendszerrel óránként legfeljebb egy-két alkalommal kommunikálnak, nagyon kicsi a fogyasztásuk. Ebben az esetben minden eszköz egymás hatótávolságán belül helyezkedik el, ezért csupán egy világításvezérlőnek kell aktívan vételen várakoznia, a többi vagy részlegesen, periodikus lekérdezésekkel megszakítva, vagy teljesen alvó üzemmódban működik. Ez egy csillagtopológiájú hálózattal kezelhető, amelyben minden készülék az aktív csomóponton keresztül kommunikál. Ez a konfiguráció jelentős energiamegtakarítással jár a világításkapcsolóknál és a vészvilágító fényforrásoknál, de a válaszidejük ennek következtében (a legrosszabb esetben – a ford. megj.) a lekérdezési ciklusidővel megnövekszik. Ezt a problémát is ki lehet küszöbölni, egy olyan hálózati riasztási rendszerrel, amely az alvó csomópontok számára lehetővé teszi, hogy magas prioritású üzeneteket időről időre elfogadhasanak. Ez azzal a képességgel ruházza fel a ZigBee-hálózatot, hogy a gyermekkészülékeket kikapcsolt állapotban lehet tartani úgy, hogy ennek ellenére periodikusan ellenőrizhessék, hogy nincs-e nagy prioritású riasztás vagy aktív fényerőváltoztatási utasítás érvényben.

**Nagy lineáris kiterjedésű világítástechnikai rendszer (utcavilágítás)**

Az 5. ábrán egy olyan világítástechnikai rendszer látható, amely sem a csillag, sem a hagyományos ráctopológiájú hálózattal nem valósítható meg. Ebben az esetben tipikusan egy

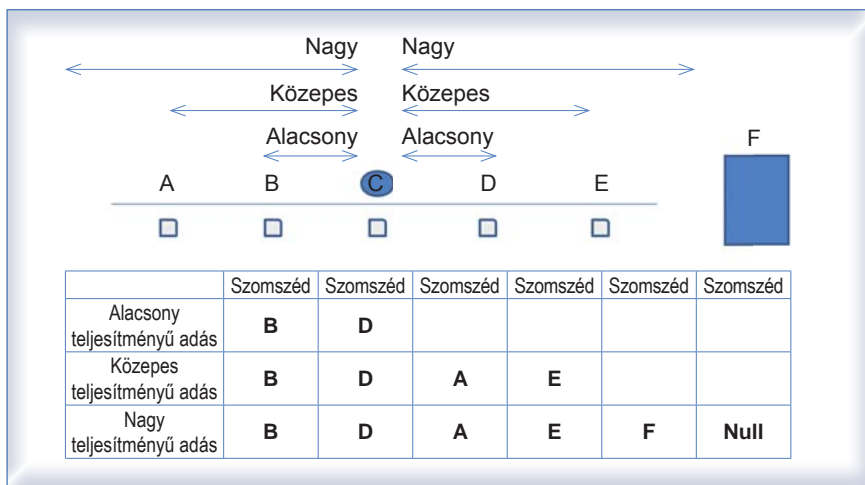
6. ábra Az üzenet továbbítása készülékről készülékre, megadott irányba



nem működő világítótest egy „világítás nem működik” értelmű üzenetet kell továbbítani nagyon nagy távolságra. A ZigBee széles területen elterjedő utasításaitól eltérően ezt az üzenetet egy vonal mentén – és csak a meghatározott irányba – kell továbbítani. Az 5. ábrán látható utcavilágítás egyik fényforrása meghibásodott. Ezért egy üzenetet kell továbbítani a világításvezérlő és felügyeleti központnak, hogy küldjön ki egy világnyszerelőt. Ez úgy történik, hogy a nem működő fényforrás címéről a többi világítótestek vezérlőinek közreműködésével pont-pont közötti üzenetek sorozata indul útjára, míg a világításvezérlő és felügyeleti központba nem ér. Ha a fényforrások hálózati táplálásúak, vezérlőkészülékeik rádiója állandóan vételen lehet, várva egy továbbítandó üzenet érkezését. Ha az eszközök állandó vételen vannak, az üzenet latenciaideje viszonylag rövid, ugrásonként 100 ms nagyságrendű. Ha a fényforrások napenergiával működnek, az energiatakarékos működés fontossága megnövekszik, ezért a készülékeket célszerűbb periodikus vételi üzemmódban működtetni. A periodikus vétel időzítését viszont szinkronizálni kell a többi csomópont adás-idejével, ami egy kissé bonyolultabb feladat. A lekérdezési periódusokat is figyelembe kell venni az üzenetátugrások közötti idő kiszámításakor. A 6. ábra mutatja, hogyan történik az üzenet kézbesítése.

A B csomópont „meghibásodás” üzenetet kíván küldeni az F csomópontnak. Ennek érdekében pont-pont közötti üzenetet küld a C csomópontnak, amely tudja, hogy az üzenet a B csomópontból érkezett, mivel az előzményadat üres (null értékű), és tudja továbbá, hogy az üzenet rendeltetési címe az F csomópont. Ezekből az adatokból a C csomópont szintén meg tudja állapítani az üzenet továbbításának irányát, távolodva a B-től, a D csomópont felé. A második ugrásnál a C csomópont továbbküldi az üzenetet a D-nek és az előzményadatot a B csomópont azonosítójával tölti ki, amely tudatja a D csomóponttal az üzenet továbbítás irányát. Két ugrással később az üzenet célba ér az F csomóponton.

Két dolgot azonnal észrevehetünk ezen a hálózaton. Először is minden csomópontnak a hálózat „felfedezési” fázisában „meg kell tanulnia” szomszédai hálózati címét. A hálózattelepítők elvárják, hogy ez automatikusan történjék, mivel nagyszámú csomópont esetén ez nagyon hosszadalmas folyamat. A másik következtetés: a láncnak akkor sem szabad megszakadnia, ha egy csomópont működésképtelenné válik, különben az üzenetek továbbítása nem lehetséges. A C csomópont „felfedezési fázisát” a 7. ábra mutatja. Ennek során a C csomópont üzenetszórásos (broadcast – „mindenkinek címzett” – a ford. megj.) üzenetet küld alacsony teljesítményszinten, amelyben választ kér a többi állomástól. A kis teljesítményű adás miatt az csak a B és C csomópontig ér el, ezért azok válaszolnak. A C csomópont ebből tudja, hogy a legközelebbi szomszédai a B és D, tehát az útválasztó táblája alapján várhatóan ettől a két csomóponttól kaphat üzenetet. A C csomópont ezután megnöveli adóteljesítményét, és elküld egy másik broadcast-üzenetet. A B és D csomópontok természetesen ismét válaszolnak, de rajtuk kívül az A és E is. A C csomópont ezt úgy értelmezi, hogy az A és E az ő „második legközelebbi” szomszédai. Végül, a C csomópont maximális teljesítménnyel is kibocsát egy broadcast-üzenetet. Amint az várható, az A, B, C, D és E válaszol, és rajtuk kívül az F is. Mivel az A-n túl nincs több csomópont, senki más nem válaszol.



7. ábra A hálózat felfedezési fázisa

Ebben a példában a „felfedezés” az egész hálózatra kiterjed. Ez, természetesen csupán egy kisléptékű példa, de ez is képes megmutatni, hogyan ismerkedik meg egy készülék a szomszédaival. Ennek a folyamatnak a végén minden készülék ismeri a szomszédait, de nem ismeri az irányt a lineáris elrendezésű készüléklánc mentén. Az irányt úgy lehet megtanítani az állomásoknak, hogy egy üzenetet indítunk el az F „főállomásról”, ahonnan a világítórendszer vezérlése és felügyelete történik. Ez végighalad a hálózat mentén az A csomópontig, majd az visszaküldi az F-nek a hálózat mentén. Ez kettős célt szolgál: először lehetőséget ad az állomásoknak, hogy megismerjék a hálózat irányultságát, másodsor informálja az F csomópontot, hogy melyik csomópont a hálózat másik vége (esetünkben az A csomópont). Példánkhoz visszatérve: a C csomópont most tudja, hogy az F csomópontnak úgy lehet üzenetet küldeni, hogy azt az első ugrásban a D csomópontnak továbbítja. Ha az adás előzményéről szóló feljegyzésben az szerepel, hogy azt a D adta, abból következik, hogy azt a B felé kell továbbítani.

Normál működésben a csomópontok -10 dBm teljesítményszinttel kommunikálnak legközelebbi szomszédaikkal. Ez energiát takarít meg a csomóponton és ezzel hozzájárul az egész hálózat „egészséges” állapotának fenntartásához. Ha a C csomópont valamilyen hiba folytán beszünteti a működését, a B és D megnövelt teljesítménnyel a C kihagyásával is kommunikálhat egymással. Természetesen a D csomópontnak továbbítania kell a felügyeleti központ csomópontja számára, hogy a C beszüntette működését.

A hálózat egyik lényeges korlátja a csomópontok közötti távolság, a másik pedig az a latenciaidő, amely a rendszer felépítéséből következik, és azt határozza meg, hogy a hálózat két csomópontja között (szélsőséges esetben egyik végpontjától a másikig – a ford. megj.) mennyi idő alatt továbbítható egy üzenet.

### Összefoglalás

Mindhárom bemutatott példát a világítástechnika valós problémái közül választottuk. Mindegyiknek sajátos követelményrendszere van, amelyek köbbé-kevésbé különböz(het)nek egymástól. Közös követelmény, hogy az RF-hálózat megbízhatósága elengedhetetlen a hálózat megfelelő működéséhez, és ez mindig számos lehetséges környezeti változótól befolyásolt környezetben kerül kiépítésre. Ezek hatással vannak a hálózat működési biztonságára.

Az olyan bevált protokollok, mint például a ZigBee, a tipikus világítástechnikai rendszerek számos követelményét képes kielégíteni. A ZigBee alkalmazási lehetőségei sokoldalú és hatékony megoldásokat kínálnak a gyakorlat számára. Némely

### A szerző

A cikk szerzője Mike Claassen, aki a Texas Instruments végfelhasználói alkalmazástechnikai szolgáltatásának világszintű vezetője. E minőségében a TI félvezető portfóliójának rendszerszintű integrációjáért is felelős. Eddigi pályafutása alatt több száz tervezőmérnök kiképzésében vett részt, akik a kisteljesítményű RF-megoldások rendszerbe integrálását sajátították el. Mike a BSEE-fokozatát a Kansasi Állami Egyetemen szerezte. Az érdeklődők a [ti\\_mikeclaassen@list.ti.com](mailto:ti_mikeclaassen@list.ti.com) e-mailcímen fordulhatnak hozzá.

alkalmazásban akár egy egyszerű csillaghálózat is alkalmazható, amely az egyszerűbb megvalósíthatóság és a csomóponti elektronika kisebb teljesítményfelvétele előnyével járnak a felhasználó számára.

Végül, néhány alkalmazásban a ZigBee és a csillaghálózat nem jelent járható megoldást a hatótávolságra vagy az ugrások számára adódó szélsőséges követelmények miatt. Ezekben az esetekben egy „testre szabott”, egyedi megoldású hálózat kialakítása jelentheti a megoldást.

[www.ti.com/hu](http://www.ti.com/hu)

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

AKCIÓ!



## Univerzális ÉVÉ műszer

# Macrotest5035

Magyar nyelvű szoftverrel, tartozékokkal, hordtáskával

~~288 000.- Ft (+ÁFA)~~

helyett, most

198 000.- Ft

(+ÁFA)

Amíg a készlet tart!

**TÁVADÓK, MÉRŐÁTALAKÍTÓK, ADATGYŰJTŐK, KALIBRÁTOROK**

Oscilloszkópok, nagy pontosságú funkciógenerátorok, asztali és kézi digitális multiméterek, papírnélküli videografikus regisztrálók, automatikai elemek, számítógéppel vezérelhető tápegységek, érintésvédelmi műszerek, áram- és feszültségváltók, szigetelésvizsgálók, földelési ellenállásmérők, jel- és hőmérséklet kalibrátorok...

**RAPAS kft.**

1184 Budapest, Üllői út 315.

Tel: 06-1-294-2900 Fax: 06-1-294-5837

E-mail: [rapas@t-online.hu](mailto:rapas@t-online.hu) Internet: [www.rapas.hu](http://www.rapas.hu)