

Számítógépes hálózatok (5. rész)

Sorozatunk előző részében kábeleken keresztül küldöztünk adatokat. Most megnézzük, miként lehet ugyanezt tenni, kábel nélkül. Végül egy kis ízelítőt adunk a távközlési rendszerek világából.

Előző cikkünkben nekikezdünk első nagy témakörünknek, az adatátviteli módszerek boncolgatásának. Eddig csak vezetéken történő adatküldéssel foglalkoztunk. Az ott felsorolt lehetőségek (például csavart érpár, koaxiális és optikai kábelek) csak akkor jöhetnek szóba, ha „helyhez kötött” kapcsolattartást végzünk. Ha valaki a villamosról szeretne adatokat továbbítani ismerősének, annak mindenképp valamilyen vezeték nélküli adatátviteli megoldáson kell gondolkoznia. Nem csak ilyen esetekben jöhet jól a vezeték nélküli mód. A vezetékes adatátvitelnek akad egy jókora hátránya: előzetes kiépítést igényel. Magyarán szólva valakinek le kell fektetnie a kábeleket. Ha esetleg az összekötni kívánt két pont között egy folyó vagy netán egy őserdő is útba esik, akkor rendkívül drága és körülményes lehet a kiépítés. Ilyen esetekben is sokkal egyszerűbb (és nem utolsó sorban, olcsóbb) a vezeték nélküli adatátvitelt választani. A továbbiakban körüljárjuk, milyen megoldások léteznek arra, hogy vezeték nélkül, elektromágneses hullámok segítségével adatot küldhessünk egy nem túl messze lévő szomszédunknak.

Az elektromágneses hullám

Az elektromágneses hullámokat az elektronok mozgása kelti. Fontos tulajdonságuk, hogy szabad térben és vákuumban egyaránt tovaterjednek, az utóbbiban a fényvel megegyező sebességgel. (Az elektromágneses hullámok terjedéséhez – ellentétben a mechanikai hullámokéval – nincs szükség közegre).

Az elektromágneses hullámok létezését először **James Clerk Maxwell** angol fizikus jósolta meg, de – kísérleti úton – először csak **Heinrich Hertz**-nek sikerült megfigyelnie. Ezért nevezték el róla a frekvencia (az elektromágneses hullámok másodpercenkénti rezgésszámának) mértékegységét, a Hertz-et (Hz). Az elektromágneses hullámoknak a frekvencián kívül van még egy fontos jellemzőjük, a hullámhossz, amely a két egymást követő hullámcsúcs (illetve hullámvölgy) közötti távolságot adja meg. A frekvenciát általában f -fel, a hullámhosszt pedig a görög λ (lambda) betűvel szokás jelölni.

A vákuumbeli fénysebesség (c), a frekvencia és a hullámhossz között az alábbi összefüggés figyelhető meg:

$$\lambda * f = c$$

Mivel a c állandó, ezért az f ismeretében könnyen kiszámolhatjuk a hullámhosszt, és fordítva. Fontos megjegyeznünk, hogy az elektromágneses hullám vákuumban lévő terjedési sebessége független a frekvenciától. Ha azonban valamilyen közegben (például üvegben, rézben stb.) terjed, akkor egyrészt kismértékben frekvenciafüggővé válik, másrészt csökken a terjedési sebessége, körülbelül a vákuumbeli fénysebesség kétharmadára.

Mivel elektromágneses hullámok gyorsuló töltések hatására keletkeznek, ezért könnyedén elő tudjuk állítani őket, ha egy vezetékben folyó áram erősségét folyamatosan változtatjuk. Az antennák is ezen az elven működnek. Ha az antenna megfelelő méretű, akkor a nem túl messze lévő vevőállomás ezeket a hullámokat észlelni tudja.

Az elektromos hullámok általában a tér minden irányában egyenletesen terjednek. Ez nagyon előnyös tulajdonsága, amennyiben másort szeretnénk sugározni. Ha viszont két pont közötti kapcsolatot szeretnénk megvalósítani, akkor ez nem túl hatékony módszer, mivel a sugárzásra fordított energia igen nagy százaléka veszendőbe megy.

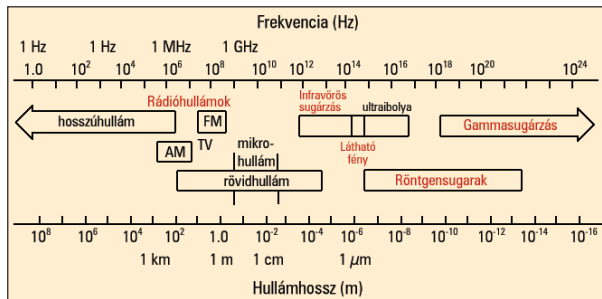
Nyilván létezik mód arra is, hogy az energiát csak egy irányba, pontosan a vevő felé sugározzuk. Erre találták ki az úgynevezett reflektorokat (pontosabban a paraboloid alakú reflektorokat), amelyek az energiát mindig a vevő felé sugározzák. Gondoljunk csak a zseblámpa és a villanykörte esetére (a fény is elektromos hullám). Amikor otthon felkapcsoljuk a villanyt, a fény az egész szobát betölti. A zseblámpa azonban a fényt mindig egy irányba összpontosítja.

Az elektromágneses spektrum

Az elektromágneses spektrum nem más, mint a teljes mérhető frekvenciatartomány. Ez a nagyon alacsony rádiófrekvenciától a látható fényen keresztül a nagy energiájú röntgen-, illetve az azon is túl lévő gamma-sugárzásig tart (*lásd ábránkon*).

Adattovábbításra leginkább a rádióhullám, a mikrohullám, az infravörös hullám és a látható fény része alkalmas.

Valójában sokkal jobb lenne, ha a nagyobb frekvenciájú röntgen és gamma-sugarakat használhatnánk, de egyrészt ezeket nagyon nehezen tudjuk előállítani és modulálni,



másrészt nem terjednek jól az épületekben. Nem mellékes az sem, hogy az egészségre sincsenek túl jó hatással. Az, hogy egységnyi idő alatt mennyi adatot tudunk továbbítani, a sávszélességtől függ. A sávszélességet a hullámhossz- és a frekvenciartomány szélessége adja meg. Általánosan azt mondhatjuk, hogy minél szélesebb a frekvenciartomány, annál nagyobb az adatátviteli sebesség. Ez azt jelenti, hogy ha nagy adatsebességet szeretnénk elérni, akkor nagy frekvenciartományra van szükségünk. Az azonban beláthatatlan következménnyel járna, ha mindenki olyan frekvenciasávot használna, amelyet csak szeretne. Ezért születtek országos és nemzetközi intézmények, amelyek kiosztják a frekvenciartományokat.

Rádiófrekvenciás átvitel

A rádióhullámok hihetetlenül hasznosak, rendkívül sok előnyös tulajdonsággal bírnak, például könnyedén előállíthatók, nagy hatótávolságúak, az épületek sem szabhatnak határt a terjedésüknek és minden irányba egyenletesen terjednek.

A rádióhullámok terjedési tulajdonságai a frekvenciától függően változhatnak. Például az alacsonyabb frekvenciájú hullámok ugyan áthatolnak mindennemű akadályon, a forrástól távolodva azonban teljesítményük egyre jobban csökken. A magasabb frekvenciákon a hullámok inkább egyenes vonalban terjednek és visszaverődnek a házak faláról. Az eső azonban elnyeli őket.

Gondot okozhatnak az elektromos berendezések és a villamos motorok is. Ezek ugyanis a rádióhullámok összes típusát zavarják. A rádióhullámok adatkapcsolatra sem igazán alkalmasak, mivel rendkívül kicsi a sávszélességük. Az alacsony frekvenciájúak azonban akár 1000 km távolságig is használhatóak, és a Föld gömbölyűsége sem okozhat gondot, mivel követik a földfelszínt.

A magasabb frekvenciájú rádióhullámokat azonban a földfelszín elnyeli, ha túlságosan közel vannak hozzá. Szerencsére mégis alkalmazhatjuk őket nagyobb távolságokra is, mivel a légkör rendelkezik egy ionoszféra nevű réteggel. Ebben elektromos töltéssel rendelkező részecskék „laknak”, és a felszíntől számítva a 100 és 500 km közötti sávban foglalnak helyet. Ha bizonyos feltételek adottak, akkor ezt a réteget elérő rádióhullámok visszaverődhetnek. Ezt használják ki a rádióamatőrök, hogy a tőlük nagy távolságokra lévő partnerekkel is beszélgethessenek.

Mikrohullámú átvitel

A 100 MHz feletti elektromágneses hullámok azért jók, mert egyenes vonalban szeretnek terjedni, ezáltal jól fóku-

szálhatóak. Ez azt jelenti, hogyha mondjuk egy parabola-antenna segítségével egyetlen nyalábbá fogjuk össze ezeket a hullámokat, akkor az előző részből ismert jel-zaj-viszony nagyon jó lesz. Ehhez vennünk kell a fáradságot, hogy az adót és a vevőt rendkívüli pontossággal egymáshoz igazítsuk.

A mikrohullámú rendszerek nem új vívmányok, az optikai kábelek megjelenése előtt a távközlésben gyakran használták nagy távolságok áthidalására. Ma már a mikrohullámú rendszereket a legtöbb helyen felváltották az optikai kábelek, mégis a mikrohullámú rendszerek egy vitathatatlan előnnyel rendelkeznek az utóbbival szemben: a kiépítéshez nem kell földet túrni több kilométeren keresztül. Gyakran két adótorony felállítása olcsóbb, mint 50 kilométernyi kábel lefektetése, főleg, ha azt egy zsúfolt városban vagy egy hegységen keresztül kell elvezetni. A mikrohullámú adatátvitelt azonban nehezíti néhány dolog. Például a Föld nem lapos. A mikrohullámú sugárzás nem követi a földfelszínt, ezért ha nagyobb távolságra szeretnénk adatot eljuttatni, akkor ismétlőállomások szükségesek hozzá. Ezekről általánosságban annyit mondhatunk, hogy minél magasabbak, annál ritkábban kell ilyeneket elhelyeznünk. Ha például 100 méteres ismétlőadókat építünk, akkor körülbelül 80 km-enként egy szükséges belőlük.

Más nehézségek is felmerülnek: a mikrohullámoknak az épületek akadályokat jelentenek, sőt a levegő is „beszól” a dologba, ugyanis a hullámok egy kis része megtörhet (mivel a levegőben szóródnak valamennyire). A megtört hullámok később érhetnek az adóhoz, mint a közvetlenül érkezők, tehát más lesz a fázisuk. Ilyenkor könnyen bekövetkezhet az elhalkulásként ismert rejtett jelenség, amikor is a két hullám kioltja egymást. Az elhalkulás mértéke erősen függ az időjárási viszonyoktól és a használt frekvenciától.

Komoly gond az is, hogy a mikrohullámú sugár nemcsak a házakon, de a vizen sem képes áthatolni. Ez igazából esős időben okozhat gondot, amikor egy felhőszakadás teljesen elnyeli a hullámokat.

Ennek ellenére még ma is nagyon sok helyen alkalmazzák a mikrohullámokat. Megtalálhatóak a távbeszélő rendszereknél, az úgynevezett celluláris telefonhálózatoknál (hogy pontosan mi is ez, erről a következő részekben lesz szó) vagy akár a televíziós műsorszórásban. Sőt a mikrohullámú frekvenciák elég zsúfoltak, már-már a frekvenciahiány réme fenyeget.

A mikrohullámú frekvenciák használatát az állam szabályozza. Akad azonban egy nemzetközileg elfogadott frekvenciartomány (a 2400 és a 2484 GHz közötti intervallum), amelynek használata nem engedélyhez kötött. Ezért ezt a tartományt alkalmazzák, például bizonyos háztartási eszközök is: vezeték nélküli telefonkészülékek vagy garázsajtónyitó. Meg kell jegyeznünk, hogy ez már egy kellően magas frekvenciartomány ahhoz, hogy csupán drágább elektronikával lehessen előállítani őket, ráadásul még a mikrosütőnk is megzavarhatja működésüket.

Infravörös hullámú átvitel

Amikor az elektromágneses hullámok spektrumait vizsgáljuk, általánosságban elmondhatjuk, hogy minél jobban közelít az adott hullám frekvenciája a látható fényéhez,

annál inkább fényhullámként viselkedik (azaz nem rádióhullámként). Például annál kevésbé tud áthatolni szilárd tárgyakon. Így van ez az infravörös tartományba eső sugarakkal is, amiket előszeretettel használnak kis távolságokban történő adatátvitelhez.

Mivel az infravörös hullám könnyedén előállítható, ezért hűen szolgál minket nap mint nap olyan nélkülözhetetlen háztartási eszközökben, mint például a tévé távirányítója. Míg a mikrohullámok esetében hátrányként értékeltük, hogy nem haladnak át a házakon, az infránál ezt akár áldásnak is tekinthetjük. Senki sem örülne, ha a szomszéd a foteléből kapcsolgatva a saját tévéjét is irányítaná. (Az infravörös frekvenciák használata ezért nem kötött engedélyhez).

A távirányítók mellett fontos felhasználási terület a biztonságtechnika és a mozgásérzékelés. Az utóbbi jó pár évben pedig egyre elterjedtebbé vált az adatátvitelre való felhasználása, főleg, hogy alkalmazása rendkívül kényelmes, még kábeleket sem kell dugdosnunk.

Hátránya viszont, hogy napfényben használhatatlan, mert a Nap ugyanolyan erősen süt az infravörös tartományban, mint a látható fényben.

Látható fényhullámú átvitel

Ez a legősibb elektromágneses hullámokon alapuló kapcsolat, főleg, ha az indiánok által használt füstjeleket is annak tekintjük. Ma már ennél kifinomultabb módszerek is rendelkezésünkre állnak, például a lézer. Nincs más dolgunk, mint két háztömb tetejére egy-egy lézert és egy-egy fényérzékelőt telepíteni. A lézert úgy kell beállítani, hogy az általa kibocsátott fénysugár pontosan az érzékelőre essen. Ez a megoldás egyrészt olcsó, másrészt kellő sávszélességgel rendelkezik. Még engedélyt sem kell kérnünk hozzá, mint a mikrohullám esetében.

Ez így elsősre nagyon jól hangzik, de számos buktatója akad. Egyrészt, ha sűrű a kód és az orrunkig sem látunk, egészen bizonyos, hogy a lézer sem jut sokkal messzebbre, mint a látóhatárunk. Nem sokkal lesz jobb a helyzet a verőfényes nyári napsütésben sem. Ha kellően meleg a beton, akkor megindul a felfelé irányuló hőáramlás. Pontosan ilyesmit észlelhetünk, amikor az aszfaltot tükröződni látjuk, de a csillagok is ezért ragyognak az égen. (A csillagászok nagy bánatára, akik a hegyek tetejére költözve próbálják kikerülni a légkör zavaró tényezőit). Ez a jelenség eltérítheti a lézersugarakat, így könnyedén elhaladhatnak a fényérzékelő mellett.

Másik műszaki gond lehet, hogyha túl nagy távolságot akarunk áthidalni a lézer segítségével. Ilyenkor elég nagy célzóesternek kell lennünk, hogy a lézersugár pontosan a fényérzékelőre essen. Ezen segíthetünk azzal, hogy lencsét helyezünk a lézer elé, ezáltal kicsit jobban „megszórva” a sugarat.

Távbeszélő rendszerek

A távbeszélő rendszerek már igen hosszú múltra tekintenek vissza. Feladatuk eredetileg az volt, hogy az emberi beszédet érthető formában továbbítsák az egyik helyről a másikra. Sorozatunk azonban a számítógépek „párbeszédének” célbajuttatásával foglalkozik. Miért kell mégis a távbeszélő rendszerekkel foglalkoznunk?

Meg kell jegyeznünk, hogy eredetileg a távbeszélő rendszer a számítógépes kapcsolatra nem igazán volt alkalmas. Ma már kicsit más a helyzet, ugyanis jelenleg a telefontársaságok többsége is digitális technikát és fényvezető szálakat használ. Nem ritka, hogy a távbeszélő rendszer egybeolvad a számítógép-hálózatokkal. Ez az oka annak, hogy érdemes szót ejtenünk a távbeszélő rendszerekről.

Távbeszélő rendszer felépítése

Az otthoni telefonunk két rézvezeték (úgynevezett előfizetői hurok) segítségével kapcsolódik telefontársaságunk legközelebbi végpontjához, vagy ha úgy tetszik, helyi központjába. Ide „fut be” a környék összes telefonkészüléke, egy körülbelül 10 km sugarú környezetből. Ezeket a helyi központokat egyértelműen azonosítja az előhívószám, valamint a telefonszám első valahány számjegye. A végközpontok úgynevezett távhívó állomásokkal állnak kapcsolatban, úgynevezett helyközi tönkök segítségével. Ha a hívó és a hívott fél helyi központja ugyanahhoz a távhívó állomáshoz csatlakozik, akkor a beszélgetés a távhívó állomáson belül jön létre. A „távközlési hierarchiában” ezen kívül létezik még egy magasabb szinten lévő összeköttetés is. Ezek a körzeti, illetve regionális kapcsolóközpontok, amelyeket központi tönkök kötnek össze. A tönkök mibenlétéről és működéséről a következő részben lesz szó.

Digitális átvitel

A távbeszélő rendszerekben az átvitel eredetileg analóg módon történt. Ezt úgy kell elképzelnünk, hogy a hangjelek váltakozó feszültséggel formájában továbbítottak. Miután fejlődésnek indult a digitális technika, és szélesebb körben terjedni kezdtek a számítógépek, a telefontársaságok fokozatosan kezdtek átállni a digitális úton történő átvitelre.

Mint ahogy arról már volt szó, a digitális úton történő átvitelnél csak két feszültség szint megengedett, ez rendszerint a +5 V és a -5 V. A digitális átvitel sokkal jobb, mint az analóg.

A digitális átvitel előnye, hogy egyszerre több mindent továbbíthatunk rajta, ezáltal nő a kihasználtság. Például a beszéd mellett küldhetünk képeket, adatot és faxot. Végül, de nem utolsó sorban: a digitális rendszer üzemeltetése és karbantartása olcsóbb és egyszerűbb. Az olcsóság elsősorban a tengerentúli hívásoknál mutatkozik meg. Ha analóg jelek haladnának a víz alatt, akkor lépten-nyomon erősítőket kéne telepíteni, hogy az analóg hullámforma ne torzuljon el a felismerhetetlenségig. A digitális technikával viszont elég, ha a túloldalt meg tudjuk különböztetni a két jelszintet.

A következő részben innen folytatjuk: mélyebben megismerkedünk a távközlési-rendszerek felépítésével és működésével.

Garzó András (garzoand@interware.hu)

Körülbelül három éve foglalkozik Linux- és más Unix-rendszerekkel. Legjobban az operációs rendszerek lelkivilága érdekli, de nyitott egyéniség. Kedvenc étele a palacsinta, és van egy Richard nevű macskája. Minden észrevételt, megjegyzést, levelet szívesen fogad.