

Horváth Tamás
tamhorvath@mvm.hu

KÁBELEK, HÁLÓZATOK, CCTV RENDSZEREK

Absztrakt

Biztonságtechnikai megfigyelő rendszerek egyik legfontosabb építőeleme a rendszer alapvető jeltovábbítását biztosító kábelhálózatok. A fizikai kábelek jelentősége a biztonságtechnikában továbbra sem csökken annak ellenére, hogy a vezeték nélküli megoldások újabb és újabb verziói jelennek meg, de az egyedi, dedikált kábelezéssel kialakított hálózatok biztonsági kockázata lényegesen kisebb, mind a rádiótechnikai megoldásoké. A kiemelt biztonsági kockázatú létesítményeknél, esetleg nehéz műszaki körülmények esetében az optikai kábelek jelentenek megoldást.

Cable network systems are the most important parts of the security surveillance systems which provide the essential signal transmission tasks. Values of cables themselves can not be decreased in spite of appearing new versions wireless solutions. Anyway the security risks of dedicated cable solutions are lower substantially comparing to implementations of radio technology based ones. At high security-risk facilities or in case of difficult technical conditions the fiber optic cables provide the proper solutions.

Kulcsszavak: *kábelhálózatok, dedikált kábelek, vezeték nélküli, optikai kábelek ~ cable networks, dedicated cables, wireless, fiber optic cables*

KÁBELHÁLÓZATOK, ÉS KÁBELNÉLKÜLI MEGOLDÁSOK

Az analóg CCTV rendszerekhez hasonlóan az IP alapú biztonságtechnikai CCTV rendszereknél a megépítendő kábelhálózat rendszertechnikailag alapvető fontossággal bír. Az analóg rendszereknél korábban az RG59U (75 Ω impedanciájú, árnyékolt kábel, sűrű szövésű réz árnyékoló harisnyával) kábel volt használatos, ma már szinte teljes egészében az csavart érpáras hálózati kábel (UTP kábel: 2x2x0,4) felhasználása terjedt el.

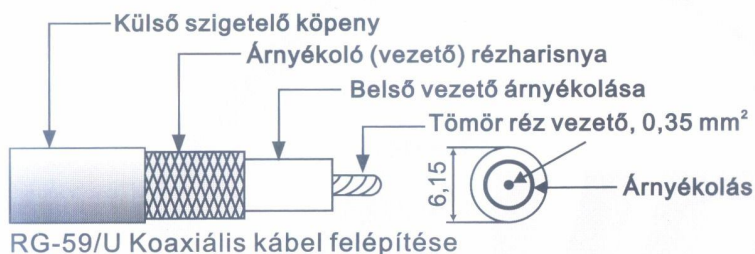
ANALÓG RENDSZEREKNÉL HASZNÁLHATÓ KÁBELHÁLÓZAT, ILLETVE KÁBELNÉLKÜLI MEGOLDÁSOK

Analóg biztonságtechnikai video megfigyelő rendszereknél használható kábelhálózatokat felépíthetjük [1]:

- Koax kábel
- UTP kábel
- Optikai kábel
- Kábelnélküli megoldások

Koax kábel használata

Az árnyékolt kábel használatának nagyon nagy múltja van a videó jelek továbbításban. A biztonságtechnikai videó rendszereknél néhány évvel ezelőtt szinte kizárólagos megoldás volt. Gondos csatlakozó szereléssel, jó minőségű BNC¹ csatlakozók esetén megbízható megoldás volt. (Megjegyzés: szakmai tapasztalatom szerint az elmúlt években, az árharc negatív hatása is megjelent a csatlakozók beszállítóinál, szinte használhatatlan BNC csatlakozók kerültek a piacra, melyek biztonságos, kontakthiba-mentes szerelése szinte lehetetlen volt.)



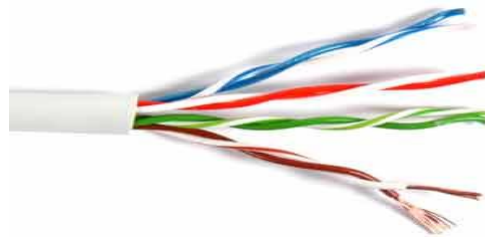
1. ábra. Árnyékolt kábel

Kisméretű rendszerek esetében még ma is alternatíva lehet a koax kábelek telepítése, bár napról napra szorul ki a telepítők kínálatából. Nagyméretű rendszereknél már jelentős kábelköltségekről beszélhetünk, annak ára jelentősen befolyásolhatja a költségvetésünket. Napjainkban az UTP kábel ára, amely még a szükséges illesztőegységekkel is olcsóbb lehet nagyobb méretű rendszereknél, mint a hagyományos árnyékolt kábellel kivitelezett hálózat.

¹ BNC csatlakozó: a videotechnikában használatos csatlakozó fajta.

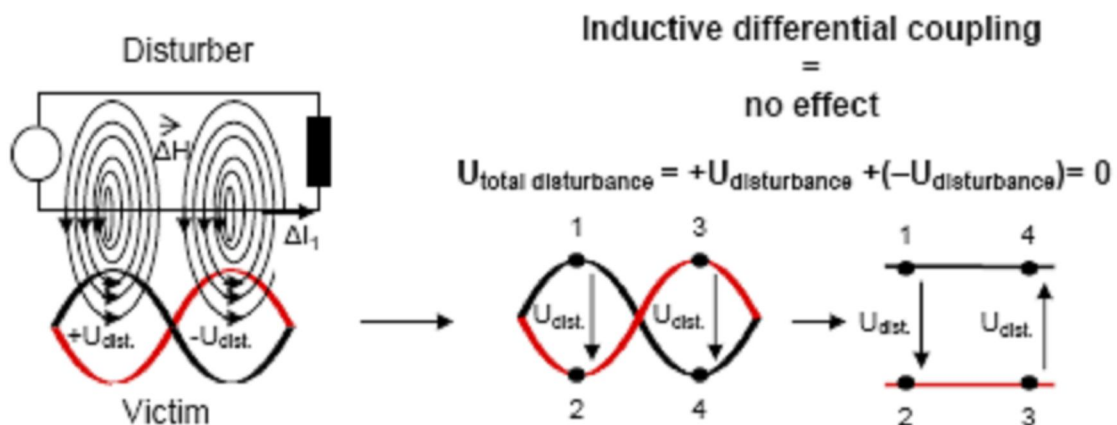
UTP2 kábelek az analóg CCTV rendszereknél

Csavart érpár [1] felhasználása a biztonságtechnikai CCTV rendszereknél rendkívüli módon elterjedt az elmúlt évtizedben. Az UTP kábel műszaki paraméterei, elsődlegesen az érpárak sodrási sűrűségétől függő sávzélesség, amely teljes egészében megfelel a videotechnikai igényeinek. A ma használatos kábelek több, általában 4 érpárból állnak, amelyek spirális formában meg vannak csavarva, ezáltal csökkentve az érpárok közötti esetleges interferenciát. Az erek mindegyike egyenként szigetelve van, de az érpárok lehetnek még páronként árnyékolva is, bár ez az analóg videotechnikai alkalmazásokban nem kívánatos (Az árnyékolás problémát okozó kapacitást vihet a hálózatba). A sávzélesség a huzalok vastagságától és az áthidalni kívánt távolságtól függ, de akár a Gbit/s-os nagyságrendű sebesség is elérhető.



2. ábra. UTP kábel érpáranként színezett kábelekkel

A kábelek zavarvédeltsége működését magyarázó 3. ábra mutatja, hogy a kábel környezete által indukált zavarjelek a kábelpárok sodrás miatt, adott vizsgált pontokon ellentétes fázisban vannak, így azok egymást kioltják a kábelpár teljes hosszában.



3. ábra. Sodrott érpáras kábel zavar elleni védeltsége magyarázata³

Tekintettel arra, hogy sávzélesség probléma nem okoz műszaki nehézséget, az érpárak közötti interferencia sem nehezíti az átvitelt, így a helyes impedancia illesztést kellett megoldani, amely az erre a célra kialakított illesztő transzformátorokkal minden tekintetben kivitelezhető.

A konverterek [2] között passzív (az illesztő transzformátoron kívül egyéb elemet nem tartalmaz), és az aktív (az impedancia illesztés mellett erősítőt is tartalmaz) kialakítással is találkozhatunk, mely az UTP kábellel áthidalható távolság (1,0 - 1,5 km) megnövelésére szolgál. (Megjegyzés: természetesen ilyen méreteknél a tervező nem feledkezhet meg a

² UTP kábel: Unshielded Twisted Pair, azaz nem árnyékolva csavart érpár

³ A. Klauser: WARP-The UTP technology 10GBASE-T, Letöltve: 2011.03.18.

túlfeszültség esetleges káros hatásairól, mivel egy ilyen méretű kábel antennaként képes működni egy-egy villámcsapás esetén, amely rajta indukálódott feszültség révén, mint másodlagos tranziens, a csatlakoztatott eszközöket tönkretelheti.)

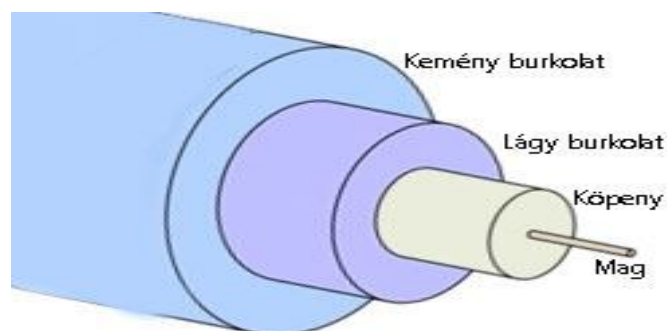


4. ábra. UTP konverter 4 koax kábelhez

Videojel átvitel optikai kábelben

Napjainkban legjobb, leginkább zavarvédett, legnagyobb sáv szélességet biztosító átviteli forma, amely a biztonságtechnikában további előnyt garantál a felhasználók számára: az optikai szálon folyó kommunikáció a kábelben nem hallgatható le.

Optikai hálózat kiépítésére [1] akkor kerül sor, ha különösen nagy elektromágneses hatások érhetik a vezetékeket, vagy nagy távolságokat kell áthidalni.



5. ábra. Optikai kábel felépítése⁴

Mag: 62,5 μm ; Köpeny: 125 μm ; Lágy burkolat: 250 μm ; Kemény burkolat: 400 μm

A továbbítandó információt fényimpulzusok szállítják az adó és vevő oldal között. Az áthidalható távolság 80 km lehet. Ennél a átviteli módnál a jelátviteli közeg alapvetően három részből áll:

- Optikai szál - Üvegszál, vagy szilikát szál
- Adó oldal - Fényforrás (LED, vagy Laser⁵ dióda)
- Vevő oldal - Fényérzékelő elem (fotodióda)

Az optikai kábel fizikai működése lényege az, hogy a fénysugár különböző közegek határára más-más módon tör meg, illetve verődik vissza. A fénytörés mértéke a két közeg tulajdonságaitól függ. Amennyiben jeltovábbítást végző fény, az üvegszál belépési felületén, egy adott kritikus belépési szöget túllép, akkor a fénysugár az üvegszálból kilépve halad tovább. A kritikus szögnél kisebb beesési szöggel érkező sugarak a szálon belül maradnak. Az

⁴ Letöltve: <http://netpedia.hu/optikai-kabel> 2011.06.21.

⁵ Laser dióda: olyan félvezető elem, amely csak egy meghatározott hullámhosszúságú fényt bocsát ki.

optikai szálakban a gyakorlatban használatos átvitel módja: a *multimódusú* (átmérő: $dm > 10\lambda$ - gradiens, illetve lépcsős szál), és a *monomódusú* (átmérő: $2\lambda < dm < 10\lambda$)⁶ szál.

Monomódusú jelátvitel

A monomódusú optikai szál (fizikai mérete 9/125 μm) mérete az átvitelre használt fény hullámhosszával összemérhető, akkor a fénycső nem képes az optikai szál teljes hosszában kilépni a fényvezetőből, így az visszaverődések nélkül, egyenes vonalban (követve az optikai szálát a telepítés vonalában) és egy módus alakul ki.

Monomódusú optikai szál meghajtásához az ehhez a rendszerhez tervezett, és gyártott eszközök szükségesek, melyek ára jelentősen meghaladják a multimódusú rendszerekhez gyártott interfészekét. A kábel meghajtásához laser-dióda kell. Nagytávolságú átvitelre (50-80 km) zavarvédett, nagy sáv szélességet biztosító megoldás. A biztonságtechnikában ezt a fajta átvitelét igen ritkán, vagy soha nem használjuk, helyette a lényegesen olcsóbb, és kisebb, de az igényeknek teljes egészében megfelelő multimódusú optikai átvitelt alkalmazunk.

Multimódusú jelátvitel

A multimódusú szál (fizikai mérete: 50/125 μm , illetve 62,5/125 μm) több frekvencián is képes a jelátvitelre. A jelenleg kapható multimódusú optikai szálak az igen gyakran használt 850 nm-es hullámhossz esetén 1 km-es távolságon, 4-5 dB-t csillapítanak.

„Multimódusú optikai szál jelátvitelében az egyik legfontosabb csillapítást előidéző jelenség a diszperzió. A tökéletes optikai szál kimenetén teljesen ugyanazt a jelformát kapnánk vissza, mint amit a bemeneten rákapcsoltunk. A valóságban azonban az optikai kábel hosszától és egyéb paramétereitől függően a beadott jel kissé "elkenődik", sáv szélessége megnő, hossza bizonytalanná válik. Ez a jelenség a diszperzió, ami leginkább gátat szab az alkalmazható frekvencia magasságának és az áthidalható távolságnak. A diszperzió három fő forrásra vezethető vissza. Az egyik a módus diszperzió, ami multimódusú szálakban lép fel és a különböző hosszúságú terjedési utakkal magyarázható. A másik az optikai kábel anyaga által okozott diszperzió, mely az eltérő frekvenciákon jelentkező eltérő késleltetési paraméterekből adódik. A harmadik a hullámvezetési diszperzió, ami abból adódik, hogy az optikai kábel magrésze mellett a magot körülvevő borítás is vezeti a fényt az egymódusú szálak esetében...”⁷

A biztonságtechnikai video megfigyelő rendszernél a multimódusú optikai kábelek telepítése a gyakorlat, mivel az egy objektumon belüli kábelhossz ritkán haladja meg a 4-5 km hosszúságot. A kábel hálózat kiépítése során az egyes toldások, hegesztések, csatlakozók mind-mind az Optikai Budget (a rendelkezésre álló optikai keret⁸) terhére mennek, azaz csillapítják az átvinni kívánt optikai jel szintjét. Az optikai szál hegesztése okozza a legkisebb veszteséget, amely gyakorlatilag 0 dB csillapítást jelent, míg egy-egy csatlakozó (főként a szerelési technológia nem pontos betartása esetén) már jelentősebb, mintegy 0,25 dB csillapítást okoz, de a csillapítás akár 2-3 dB is lehet, amennyiben a szerelés nem szakszerű a hálózaton.

A tervezés során az egyes rendszer elemek katalóguslapjából pontos adatokat kaphatunk az adott egység optikai kimenete teljesítményére, így az átviteli lánc teljes ismeretével az optikai kábel vevőoldalán megjelenő jelszint számítható.

⁶ Átvéve: http://www.mht.bme.hu/~lenart/Vill_A344/Op.pdf (Letöltve: 2011.06.11.)

⁷ Szövegszerűen átvéve: dr Bartolits István: Optikai kábel alapfogalmak (Modern kor kisszótár LIX) Letöltve: <http://e-times.hu/01szept/kisszot.htm>

⁸ Optikai keretnek nevezzük azt jelszint tartalékot, melyet a hálózatépítés során a rendszer még elvesztés nélkül elvisel.

Kábelnélküli átvitel

Analóg biztonságtechnikai CCTV rendszereknél a kábel nélküli jelátvitel [1] természetesen létező megoldás. A piacon több gyártó, különböző átviteli metódust (analóg, digitális, diversity⁹ analóg, vagy digitális, stb.) alkalmazó berendezése megtalálható. A használható megoldások nem olcsók, mivel a sáv szélesség biztosítása mellett a rádiótechnikai zavarmentességet is meg kell oldani. Ezen felül a biztonságtechnikai szakmában dolgozóként megjegyzem, nem kedveljük azokat az átviteli módokat, amelyek nem nehezítik a lehallgatás lehetőségét, ezért csak a megfelelő titkosítással rendelkező rádiótechnikai átvitelt lehet elfogadni, mind átviteli megoldást. Tekintettel a fejlődési irányokra, néhány kivételtől eltekintve, a kábelnélküli jelátvitel a digitális jeltovábbítás nagy jelentőségű módszere.

A rádiófrekvenciás kábelnélküli megoldások[2] mellett léteznek infra tartományú, valamint lézeres kivitelű jelátviteli rendszerek. Mindkét rendszer esetén adó-vevő oldalak kiépítése szükséges. Az előnyük a nehéz lehallgathatóság, de igen nagy hátrányuk az időjárási körülmények (köd, szennyezett légkör, csapadék) zavaró hatása nehezen kompenzálható.

DIGITÁLIS RENDSZEREKNÉL HASZNÁLHATÓ KÁBELHÁLÓZAT, KÁBELNÉLKÜLI MEGOLDÁSOK

Digitális, IP alapú biztonságtechnikai video megfigyelő rendszereknél használható kábelhálózatokat felépíthetjük:

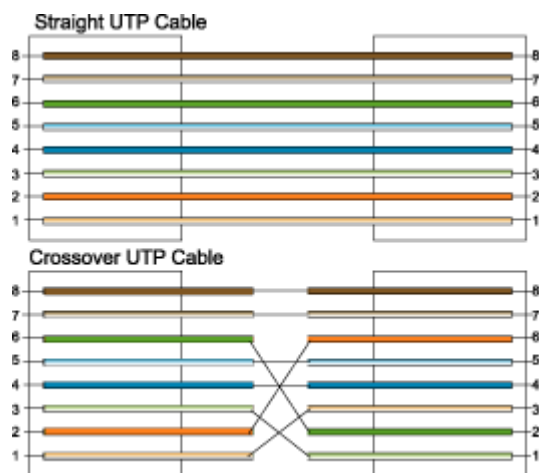
- UTP kábel
- Optikai kábel
- Kábelnélküli megoldások

UTP kábelek IP alapú CCTV rendszereknél

UTP kábelek felhasználása az IP alapú CCTV rendszereknél semmiben nem különbözik a számítástechnikában alkalmazott hálózatokban felépítettektől, mivel a kábelhálózat telepítésekor informatikai hálózatot kell telepíteni. Ennek megfelelően az adatátvitelre használt kábelezés, topológia, a felhasznált rendszer-elemek a számítástechnikában használt elemek. Nagy épületeknél, irodaházaknál önálló kábelhálózatot nem is kell kiépíteni, mivel az informatikai végpontok az egyes épületek gyakorlatilag valamennyi helységében megtalálhatóak.

Az egyes kamerák bekötésénél a szabványos soros Ethernet kábel bekötést [3] kell alkalmazni. Az *IEEE 802.3* szabványgyűjtemény, ami az IEEE szabványokkal meghatározott, és Ethernet kábelezést használó fizikai rétegnek és adatkapcsolati rétegnek a megvalósításait írja

⁹ Diversity kábelnélküli rendszerek esetében a vevők (a diversity rendszer adója jeleit figyelve) több vevőegységet, ennek megfelelően több antennát használnak, és a legjobb vételt biztosító antennára kapcsolnak át automatikusan.



6. ábra UTP kábelek bekötése¹⁰

Biztonságtechnikai CCTV rendszerek esetében a kameraoldali bekötés megfelel az ún. „Straight UTP Cable” egyenes UTP kábel bekötésnek, mivel az Ethernet által használt érek (1,2,3,6) egy aktív eszközre csatlakoznak. (Megjegyzés: A „Crossover UTP Cable” – fordított kábel bekötés ismerete is fontos a szakember számára, mivel egy-egy informatikai aktív eszköz, így az IP kamera is, közvetlenül egy számítógépre csak így kapcsolható. A szakmában igen gyakran kell az egyes elemeket beállítani, mielőtt azt rendszerbe kötnénk. A dolgozatomnak nem témája az informatikai hálózatok konfigurációja, de azt a biztonságtechnikai szakembernek ismernie kell, mivel az egyes rendszerelemek csak azonos IP tartományban látják egymást, azaz képesen a kommunikációra egymás között.)

Digitális IP alapú kamerák videojelei átvitele optikai kábelen

Az IP alapú biztonságtechnikai rendszer telepítése egyik nagy előnye éppen az, hogy meglévő számítógépes hálózat (Ethernet) használata során semmilyen különbség nincs arra tekintettel, hogy az átvitt jelek milyen információtartalommal bírnak. Így ebben a témakörben az informatikai hálózatok optikai építőelemiről szeretnék szólni néhány mondatban.

Némiképp más megoldásokat találunk az informatikai hálózatok optikai adatátviteli egységei kialakításánál, mint az analóg eszközöknél. Az optikai interfész igen gyakran opcionális része az ún. Gigabit-es hálózati kábelnek [3] (valamennyi port 1000BASE-T, azaz 1 Gbit/sec adatátviteli sebességre képes), melynél 1, vagy 2 portot egy, vagy két ún. combo SFP (Small Form-factor Pluggable - Optikai Átviteli Modul) mini GBIC (GigaBit Interface Converter) modul segítségével „full duplex”¹¹ üzemmódu (2 db LC¹² csatlakozós optikai kábel szükséges) optikai port-tá lehetséges átalakítani. (Megjegyzés: Természetesen létezik ún. Média Interface¹³, amely 1 Gbit/sec ún. „réz” és egy full duplex optikai porttal rendelkezik. Ez akkor használható, ha nincs szükségünk egy komplett hálózati kapcsolóra.)

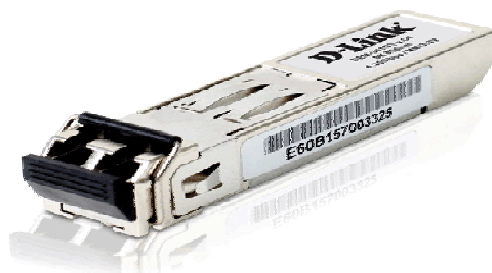
Az egyes mini GBIC egységeknél, a kisebb távolságoknál, nem mindig adják meg az ún. Optikai keret értékét, mint az adott modul kimeneti jelszintjét, hanem a felhasználási lehetőségét határozzák meg a katalógusokban. Ennek megfelelően létezik többek között mini GBIC modul (D-Link DGS-700 sorozat):

10 Letöltve: <http://www.wahsiu.com/network/sharing/utp.gi> f 2011.03.19.

11 „Full duplex” üzemmód egy adatátviteli eljárás, mely során egy időben, teljes sáv szélességgel, mind a adás és vétel irányban működhet az átvitel.

12 Optika átviteli egységekben használt speciális csatlakozók egyike.

13 Media Interface: egy olyan átalakító, amely az átviteli közegek közötti kapcsolatot biztosítja.



7. ábra. Mini GBIC optikai modul

- MM (Multi Modusú) modul 100 m-ig
- MM (Multi Modusú) modul 550 m-ig (Optikai keret: 7,5 dB)
- SM (Single Modusú) modul 10 km-ig (Optikai keret: 10,5 dB)
- SM (Single Modusú) modul 30 km-ig (Optikai keret: 18 dB)
- SM (Single Modusú) modul 70 km-ig (Optikai keret: 23 dB)

A biztonságtechnikai gyakorlatban az a kívánatos, ha az optikai kábel teljes hosszán 1-2 hegesztés, és 1-2 csatlakozó felszerelésére kerül sor. Ezek a modulok ezeket a veszteségeket gond nélkül elviselik. Minden egyéb toldást, csatlakozó felszerelést már számítással ellenőrizni kell a szükséges optikai tartalékot az üzembiztos működéshez.

Biztonságtechnikai alkalmazásnál célszerűen használható olyan optikai kábel, amely az optika patch modulban a kifejtésnél közvetlenül ST14 csatlakozó szerelhető, így mérsékelve a további hegesztési költségeket, illetve az optikai keret további csökkenését.

Kábelnélküli - WLAN – átvitel [3]

Informatikai hálózatok esetében az egyik legfontosabb hálózatkialakítási, illetve kapcsolódási forma a ma már közhírt WLAN¹⁵ (Wireless Local Area Network). Biztonságtechnikai CCTV rendszerek esetén a WLAN hálózatok használta igen nagy rugalmasságot biztosít mind a tervező és kivitelező, mind az üzemeltető részére. Meglévő hálózat bővítése egy jól megtervezett helyen telepített Access Point-tal¹⁶ a meglévő IP alapú CCTV rendszerünk bővítése megoldható. Ezen a ponton a hálózatfejlesztéshez szükséges sávszélesség számítás igen nagy jelentőségűvé válik. Nem pontos, vagy helytelen kalkuláció esetén előfordulhat, hogy a telepítésre szánt kamera (annak paramétereitől, és beállításától függően) által biztosított video stream nem lesz képes, nem lesz képes folyamatosan, eljutni a DVR-hez, mert a hálózat túlterheltsége miatt egyre több, és több lesz az ún. csomagütközés, amely jelentősen lelassítja a hálózat adatforgalmát.

A gyakorlati tapasztalatom az, hogy 35-40%-os hálózati terheltség már képes csomagütközésekkel lelassítani a hálózatot. Különösen nagy figyelmet kell fordítani a sávszélesség számításra abban az esetben, ha több megapixel-es kamerát, teljes felbontásban szeretnénk használni.

A tervezőnek kiemelt figyelmet kell fordítani arra tényre, hogy biztonságtechnikában nem képzelhető el a titkosítás nélküli adatforgalom. A titkosítás, mind hozzáadott csomagoló protokoll további sávszélesség igénytel lép fel, tehát az adott IP kameránk elhelyezése, a

14 Az ST (Straight Tipp) csatlakozó egy optikai csatlakozót használó egy dugasz és foglalat, amely egymáshoz egy fél csavarral fordulatlanul működő bajonett zárral kapcsolódik.

15 WLAN – kábel nélküli helyi hálózat, mely lehetőséget ad arra, hogy a helyi hálózatunkhoz kábelezés nélkül csatlakozhassunk.

16 Access Point – Hozzáférési Pont -: ahova a WLAN kompatibilis eszközök csatlakozhatnak a hálózatra.

WLAN kapcsolat kialakítása, a megfelelő titkosítás beállítása mellett is a hálózatunk sávszélessége elegendő legyen. (Megjegyzés: Ez a probléma nem akkor következik be, ha van egyetlen egy kameránk egy hozzáférési ponton, hanem akkor, mikor egy Access Point-ra több IP kamrát regisztrálunk be, és nem számítjuk ki pontosan igényeket, a rendelkezésre álló sávszélesség nagyon gyorsan elfogy.)

ÖSSZEGZÉS

A video megfigyelő rendszerekben használható jelátviteli megoldásokat áttekintve ismét megbizonyosodtunk arról, hogy komplex rendszerek, komplex megoldásokat igényelnek. Kábelek használatát nem lehet megkerülni sőt, egyre inkább az optikai szálak megoldások kerülnek előtérbe, melyek napjainkban már gazdaságossági szempontokból is kiváló lehetőséget biztosítanak.

Egy másik szempont, amely kiemelt szerepet kell, hogy kapjon: a szakmai továbbképzés, amely nem megkerülhető a biztonságtechnikai iparban tevékenykedők számára sem. Ehhez elegendő a kábel hálózatok fentebb felvetett műszaki paramétereire gondolni.

Felhasznált irodalom

- [1] Tóth Levente: CCTV magyarul (Kiadó: BM Nyomda Kft., 2004)
- [2] Herman Kruegle: CCTV Surveillance Video Practice and Technology Second Edition (Kiadó: Elsevier Butterwoth-Heinemann, 2007)
- [3] Andrew S. Tanenbaum: Számítógép hálózatok