

SZAKDOLGOZAT

Solymosi Györgyi

*Debrecen
2011*

**Debreceni Egyetem
Informatikai Kar**

**EGY MŰKÖDŐ KOMMUNIKÁCIÓS HÁLÓZAT
ELEMZÉSE, TESZTELÉSE ÉS TOVÁBBFEJLESZTÉ-
SÉNEK TERVEZÉSE**

Témavezető:

Dr. Almási Béla
egyetemi docens

Készítette:

Solymosi Györgyi
informatikatanári
szakvizsgás hallgató

Debrecen
2011

Tartalom

I. Bevezetés – a számítógépes hálózatok jelentősége.....	4
II. Az edelényi Gimnázium és Szakképző Iskola	6
1. Története.....	6
2. Az oktatásban használt számítástechnikai eszközök fejlődése	9
3. A számítógépes hálózat fejlődése.....	10
III. Az átalakítás előtti hálózat bemutatása.....	12
1. Felépítése, jellemzők, paraméterek	12
Az Ethernet hálózatok legfontosabb jellemzői.....	12
A vezeték nélküli hálózatokról általában	19
2. A hálózat hátrányos tulajdonságai.....	26
IV. Az új, kiépítendő hálózat tervezésénél figyelembe vett szempontok, elképzelések	28
Csavartérpáros strukturált kábelezés	31
V. A jelenleg működő hálózat bemutatása	36
VI. A hálózat továbbfejlesztésének lehetőségei	50
VII. Összegzés	53
VIII. Köszönetnyilvánítás.....	54
IX. Irodalomjegyzék.....	55

I. Bevezetés – a számítógépes hálózatok jelentősége¹

Az elmúlt három évszázad mindegyikét egy-egy technológia uralta: a 18. századot az ipari forradalom során megjelenő nagy mechanikai rendszerek, a 19. századot a gőzgép, a 20. századot pedig az információgyűjtés, az információ feldolgozás és az információterjesztés. Részesei lehettünk például a telefonhálózatok világméretű elterjedésének, a rádió, a televízió feltalálásának, valamint a számítástechnikai iparág megszületésének, a távközlési műholdak felbocsátásának. A számítástechnikai iparág a többi iparághoz képest viszonylag fiatal, ennek ellenére a számítógépek rövid időn belül látványos fejlődést értek el. Kezdetben a számítógépes rendszerek egy helyre koncentráálódtak, ami általában egy terem volt – a látogatók sokszor üvegablakon keresztül tekinthették meg a nagy elektronikus csodát. A nagyobb vállalatok, az egyetemek még csak egy-két számítógéppel rendelkeztek, ez szolgálta ki az intézmény teljes számítástechnikai igényét. A legnagyobbaknak sem volt több néhány tucatnál belőlük. Az emberek a nagyméretű számítógépet tartalmazó terembe, a „számítóközpontba” vitték a futtandó programjaikat. Ennek a megoldásnak két alapvető hátránya volt:

- Minden feladatot egyetlen hatalmas számítógépnek kellett elvégeznie, ami
 - nagyon lelassította az adatfeldolgozást (maga a számítógép sem volt tekinthető a mai értelemben vett gyors gépnek),
 - meghibásodása komoly következményekkel járhatott (adatok sérülhettek, elveszhetek, s a feldolgozásban is további késedelmet jelentett).
- A felhasználónak kellett a számítógéphez mennie, ami
 - sok időt vett igénybe,
 - kényelmetlen is volt ez a megoldás.

Az informatikai alkalmazások fejlődésével és az internet térhódításával egy időben megnőtt az informatikai hálózatok jelentősége. Ezekben a feladatokat sok-sok különálló, de egymással összekapcsolt számítógép látja el. Az összeköttetés azt jelenti, hogy képesek egymással információt cserélni. Az ilyen hálózatokat a következő célok megvalósítása érdekében szokták létrehozni:

- Erőforrás-megosztás: a hálózatban lévő erőforrások (adatok, programok, eszközök) a fizikai helyüktől függetlenül bárki számára elérhetőek.

¹ Az 1. sz. irodalomjegyzék 21. oldala alapján

- Megbízhatóság elérése, pl. minden adat több helyen van tárolva, így valamelyik gép meghibásodása esetén egy másikon még elérhető, a feladat átcsoportosítható.
- Költségmegtakarítás: bizonyos hardvereszközökből nem kell többet venni (pl. nyomtató), az megosztható több számítógép között, ill. a kis gépek ár/teljesítmény aránya sokkal kedvezőbb.
- Egy számítógép hálózat rendkívül hatékony kommunikációs eszközt is jelent, segítségével nagymennyiségű információhoz juthatunk gyorsan, egyszerűen, olcsón. Tipikus alkalmazások: távoli programok elérése, távoli adatbázisok elérése, közvetlen és közvetett kommunikációs szolgáltatások elérése (pl. chat, elektronikus levelezés, videokonferencia).
- Sebesség növelése: egy összetett, nagy feladat részekre osztható, s az egyes részfeladatok párhuzamosan elvégezhetőek összekapcsolt, különböző gépeken.

Munkahelyem, az edelényi Gimnázium és Szakképző Iskola informatikai hálózatának jellemzéséhez szeretném bemutatni először, hogy hogyan jutottunk el idáig, miért van szükség annak zavartalan működésére?



1. ábra: Az edelényi Gimnázium és Szakképző Iskola

II. Az edelényi Gimnázium és Szakképző Iskola

1. Története

Edelény Miskolctól 25 km-re, Borsod megye egyik legszebb részén terül el, a Bódva-völgy kapuja. A térség kereskedelmi és szellemi-kulturális központja, lakosainak száma közel 11 ezer. A Bódva nagyon szép "völgyi folyosója" a régi időkben a hadak útja, békés időben kereskedelmi út volt.

A Bódva völgye egyetlen középiskolája első tanulóit 1962 szeptemberében fogadta. Működése egy 46 fős osztállyal indult a Tokaji Gimnázium kihelyezett tagozataként az egyik helyi általános iskola tantermeiben. Ugyanebben az évben kezdték meg az iskola számára egy új épület fölépítését, melyet 1963-ban adtak át. A gimnázium 1963. augusztus 1-jével vált önállóvá és szeptember 4-én a második osztály mellett három első osztály kezdte meg az 1963/1964-es tanévet az új épületben. Két év elteltével edelényi Gimnázium néven működött. 1982-ben vette fel Izsó Miklós szobrászművész nevét, aki az egykori edelényi járáshoz tartozó Disznóshorváton (ma Izsófalva) született.

Az 1964/1965-ös tanévben beindult a dolgozók esti gimnáziuma is. A jelentkezés feltétele szakmunkás bizonyítvány megléte volt. A cél az érettségi bizonyítvány megszerzése, ennek érdekében 3 éven keresztül heti 3 délután jártak munka mellett a „diákok” elsajátítani a megfelelő ismereteket. Kezdetben nagy volt a lelkesedés, sokan éltek a lehetőséggel, hiszen a környéken (a Bódva völgyében) ez volt az egyetlen intézmény, ahol erre lehetősége volt az embereknek. Igaz a lemorzsolódás is igen jelentős volt, hiszen sokuknak a munka és család mellett nagy megterhelést jelentett egyrészt a részvétel, másrészt a sok tanulás, ha eredményesen szerették volna befejezni a tanulmányaikat. Sajnos ennek az oktatási formának nem kedvezett, hogy térségünkben több helyen is (pl. Sajószentpéteren, Szendrőben) megalakultak egy országos középiskolai hálózat tagintézményei, amelynek fő profilja a felnőttoktatás, ahol sajnos kedvezőbb feltételek mellett szerezhetnek érettségi bizonyítványt az ott tanulók. Számkra kezdetben ez az esti tagozaton tanulók számának csökkenését, majd később (2008-ban) a tagozat teljes megszüntetését eredményezte.

Az iskola átlagos gimnáziumként működött a 80-as évek végéig, amikor a válság jelei kezdtek mutatkozni. A demográfiai hullám csúcsán csökkent a tanulói létszám, továbbtanulási mutatókban gyenge eredmények születtek, belső feszültségek zilálták szét a pedagógiai munkát. 1990-ben kísérlet történt az elmozdulásra, a hagyományos gyors- és gépíró fakultációra

alapozva gyors- és gépíró szakiskolai képzés indult és megkezdődött a számítástechnika oktatása is. Ez némi fellendülést eredményezett, mert megnőtt a tanulólétszám és korszerűsíteni lehetett a gyors- és gépíró szaktantermet, valamint számítógép szaktantermet lehetett létrehozni pályázati pénzeszközökből. Ez a folyamat különböző okok miatt megállt, és elkezdődött a stagnálás, majd a létszámcsökkenés folyamata. A zsugorodás azt eredményezte, hogy 1996-ra 7 osztályos nappali tagozattal működött a gimnázium. A tanárok kötelező óraszámai csak az esti tagozaton tartott órákkal együtt voltak meg.

Változásra volt szükség, amihez hozzájárult a térségben élők helyzete is. A környék lakossága apró falvakban él, s a megélhetésüket a mezőgazdaság és a bányászat biztosította. A rendszerváltás után a bányák bezárása, a mezőgazdaság hanyatlása és a közeli nagyobb településeken lévő ipari üzemek csődje miatt sok szülő munkanélkülivé vált, ezért megélhetésük is bizonytalan lett. Emiatt merült fel a környék társadalmában az az igény, hogy az iskola olyan képzési formával bővítse a profilját, amelyet a tanulók elvégezve nagyobb eséllyel tudnak elhelyezkedni a munkaerőpiacon. A szülői igényeket figyelembe vétele, valamint az edelényi Munkaügyi Központtal folytatott konzultáció következményeként az iskola 1996-ban profilbővítést határozott el. Ennek érdekében az önkormányzat jóváhagyta az intézmény új pedagógiai programját, amely az informatikai és a természetvédelmi szakképzés beindítását tartalmazta, s ezt a változást az iskola élére került új igazgató is támogatta. A tantestület is egyetértett a változtatás szükségszerűségével, s ezután az edelényi önkormányzat képviselőtestülete az 1996. október 22-i ülésén módosította az intézmény alapító okiratát. Ettől kezdődően az iskola elnevezése Izsó Miklós Gimnázium és Szakképző Iskola lett. A profilbővítés helyes lépésnek bizonyult, melyet a tanulói létszám jelentős és folyamatos emelkedése is bizonyított.

Az informatikai szakképzés az 1997/1998-as tanévben kezdődött meg. Ekkor indult el 9. évfolyamon egy informatikai szakközépiskolai osztály 34 fővel, valamint 13. évfolyamon egy osztályban a számítástechnikai szoftverüzemeltető képzés. Ezután a gimnázium 2003-ban a magyarországi Cisco Hálózati Akadémia (Cisco Networking Academy Program, CNAP) lokális akadémiája lett, s ez alapján kezdődött meg a 2003/2004-es tanévben a hálózati szakemberek képzése. A hallgatók a képzés során nemcsak a CISCO cég által kidolgozott tananyagot sajátíthatták el, hanem számítástechnikai-rendszerprogramozó szakképesítést is szereztek. 2005. március 30-tól ECDL akkreditált vizsgaközpont is lettünk, melynek keretén belül ECDL tanfolyamok szervezésével, vizsgáztatással foglalkozunk.

A szakképzések beindulása azt eredményezte, hogy az iskola iránti érdeklődés egyre fokozódott és ennek eredményeként a tanulók létszáma nagymértékben megnövekedett. Ennek ellenére a fokozatosan romló gazdasági helyzet és a csökkenő gyermeklétszám miatt egyre nehezebbnek bizonyult az edelényi Önkormányzat számára intézményeinek fenntartása, így több éves halogatás után döntöttek az oktatási intézmények átszervezéséről. Ennek következményeként Edelény Város Önkormányzatának Képviselő-testülete a 189/2008. (VI.30.) sz. határozata szerint döntött arról, hogy közoktatási intézményeit átszervezi, többcélú közoktatási intézményt hoz létre, melynek rövidített elnevezése: Városi Oktatási Központ. Az intézmény Edelény város óvodáinak, általános iskoláinak, gimnáziumának és szakképző iskolájának, valamint Szuhogy község óvodájának és általános iskolájának teljes, funkcionális, adminisztratív, szervezeti, gazdasági integrációját eredményezte 2008. július 01-től. Az összevonás célja:

- a humán erőforrással való hatékony gazdálkodás,
- horizontális és vertikális szakmai, pedagógiai együttműködés,
- szakszerűség, hatékonyság, gazdaságosság megteremtése volt.

A 2008/2009-es tanévben fordulópont következett be a szakképzésben. A régi OKJ helyett az új lépett életbe, aminek következményeként a képzési struktúránkat teljesen át kellett szervezni, a korábbi szakmák helyett újak modulrendszerű oktatását kellett bevezetnünk (pl. a számítástechnikai szoftverüzemeltető szakma az új OKJ-ben már csak részsakképesítésként szerepel, így iskolarendszerben nem is oktatható, a számítógéprendszer-programozó szakma nem is létezik már benne). A változás következtében már 9. és 10. évfolyamon elkezdjük a különböző szakmák alapozó tantárgyait oktatni. Képzési rendszerünket tovább szeretnénk bővíteni egyéb, az informatika szakmacsoportba tartozó szakmák oktatásával. Ebben a közeljövőben szerepet fog játszani az, hogy a Városi Oktatási Központ csatlakozott a Sajómenti TISZK-hez. A Területi Integrált Szakképző Központok célja a szak- és felnőttképzés integrált fejlesztése, s ezáltal lehetővé válik a szakképzésre fordított források koncentrált, hatékonyabb felhasználása, a munkaerő-piaci keresletre rugalmasan reagáló intézményrendszer és képzési struktúra kialakítása. Bár még a TISZK kialakulóban van, de már számunkra érzékelhető hatása van: az elmúlt évben megtörtént iskolánk felújítása, melyre már nagy szükség volt, hiszen az épület állaga lerobbant, leamortizálódott, kívül-belül sürgős felújításra szorult, hiszen ez is szerepet játszott a tanulólétszám csökkenésében.

2. Az oktatásban használt számítástechnikai eszközök fejlődése

Az iskolában a számítástechnika oktatása a szakképzés beindulása előtt, 1991-ben pályázati pénzekből vásárolt számítógépeken kezdődött meg. A diákok fakultációs tárgyként választhatták a Számítástechnikai ismereteket, amely kiváltotta a technika tantárgy tanulását és érettségizni is lehetett belőle un. gyakorlati érettségi tantárgyként. (Előtte Könyvtár fakultáció volt, ennek folytatásaként működött tovább a Számítástechnikai ismeretek.) A hat darab 386-os számítógépet egy kisebb teremben helyezték el (I/25). Később ezeket kiegészítették nyolc darab 486-os géppel, amelyeket 2001-ig használtak. A számítógépeken DOS operációs rendszer futott. Idővel megtörtént a számítógépek hálózatba kapcsolása is, a hálózati munkát Novell Netware 3.1x operációs rendszer felügyelte, irányította.

Ezt követően nagyobb mértékű eszközbeszerzés a szakképzés elindulásakor, 1997-ben történt. Ekkor került az iskola tulajdonába a Sulinet program keretében 18 darab Packard-Bell márkájú számítógép, melyekre Windows 95-ös operációs rendszer és Office 97 volt telepítve. Ezek a gépek az I/23-as tanteremben kerültek elhelyezésre és hálózatba voltak kapcsolva, a hálózati tevékenységet Windows NT 4.0 operációs rendszer irányította. Az Internet csatlakozást is a Sulinet szolgáltatás biztosította, az intézmény elsődleges domain neve izsoedeleny.sulinet.hu volt. 8 db fix IP-címmel rendelkezünk, a belső hálózatot egy informatika tanár mint rendszergazda felügyelte. A szerver biztosított minden hálózati szolgáltatást. A teremben található volt még egy hasonló paraméterű tanári gép is. A számítógépek egészen 2005 januárjáig használatban voltak, amikor az év elején az intézmény benyújtotta ECDL vizsgaközponti akkreditációs kérelmét, s az előírt pályázati feltételek miatt ezeket a számítógépeket korszerűbbekre kellett lecserélni. Ezért 2005. január végéig 20 darab számítógépet szereztek be. A sikeres akkreditáció után ebben a teremben folytak az ECDL tanfolyamok órái és vizsgái.

1999-ben az igények növekedésével egy újabb számítástechnika tanterem létesítésére került sor (I/22), ahol 18 darab tanulói és 1 darab tanári számítógépet helyeztek el. A gépeken Windows 98 operációs rendszert és Office 97-et használtak. Ezek a gépek 2005 decemberéig folyamatosan üzemeltek, amikor az informatikai normatíva felhasználásával az iskolának sikerült lecserélnie azokat – 17 darab Albacom Aactiva asztali számítógép konfigurációt vásároltunk, amely magába foglalta a számítógépet, az optikai egeret és a magyar nyelvű billentyűzetet. A gépek előretelepített Windows XP Home operációs rendszerrel rendelkeztek. A

normatíva felhasználásával korszerű gépek kerültek ebbe a terembe, melyeket szakképzési támogatásból vásárolt 4 darab hasonló paraméterű géppel egészítették ki.

A negyedik számítástechnika terem 2000-ben alakították ki. Itt 12 darab tanulói és 1 tanári gép került elhelyezésre. A számítógépeken Windows 98 operációs rendszer és Office 97 futott. Az itt található számítógépeket 2006 áprilisában sikerült lecserélni gyorsabb, modernebb gépekre.

2001-ben a gimnázium pályázaton nyert 7 darab számítógépet, amelyekkel a 25-ös terem elavult 386-os és 486-os gépeit váltották le. Ezeken a gépeken szintén a Windows 98 operációs rendszer és az Office 97 futott.

Az új, CISCO képzés beindítása szükségessé tette új számítógépek beszerzését, ezért 2003-ban 10 darab új számítógépet vásároltak és ezeket a képzésre kijelölt teremben üzemelték be. A CISCO gyakorlati képzés megvalósításához szükséges volt még 6 darab CISCO 2600-as típusú router és 3 darab CISCO 2950-es típusú 24 portos switch beszerzésére és ugyanebben a teremben egy rack állványon való elhelyezésére. A képzés iránti növekvő igény miatt szükségessé vált a teremben lévő számítógépek számának a bővítése. Ez 2006 áprilisában valósult meg, amikor 3 hasonló paraméterekkel rendelkező számítógép üzembe helyezésére került sor.

Az informatika szakképzés népszerűségének növekedése következtében az informatika szakközépiskolai osztályok létszáma miatt a gyakorlati oktatást csoportbontással kellett megoldanunk, így kénytelenek voltunk egy újabb számítógép-termet kialakítani (fsz. 16). Ebbe pályázati úton 16 számítógépet sikerült beszereznünk, melyekre Linux operációs rendszer került, de felette virtuális PC-n Windows XP is futott.

Természetesen kisebb-nagyobb fejlesztések (memóriabővítés, egér, billentyűzet, monitor csere) a felsoroltakon felül folyamatosan történtek, hiszen ez elengedhetetlen olyan igénybevétel mellett, mint ami egy oktatási intézményben nap mint nap jellemző.

3. A számítógépes hálózat fejlődése

A számítógépes hálózat kiépítése 1999-től folyamatosan történt egészen 2001-ig, az új gépek beszerzésének az ütemében. A számítógépeket koaxiális kábellel kötötték össze, és sorosan fűzték fel azokat a hálózatra. Az így létrejött iskolai intranet hálózathoz három kivétellel az intézményben lévő összes munkaállomás csatlakozott. A hálózatot két szerver szolgálta ki. Az első számú szerver Pentium II. 200 MHz processzorral, 64 MB memóriával, 3,2 GB HDD-vel és CD-ROM-mal felszerelt gép volt. Ez a gép fájlserverként és proxyként mű-

ködött, valamint ez volt az elsődleges tartományvezérlő. A második számú szerver egy Pentium III. 450 MHz processzorral, 128 MB memóriával, 10,2 GB HDD-vel, CD-ROM-mal és CD-íróval rendelkező számítógép volt. Ez a gép volt a másodlagos tartományvezérlő, s mivel a belső hálózaton az IP címek kiosztása DHCP segítségével történt, ez a gép DHCP szerverként is üzemelt. Mindkét szerveren a Windows NT 4.0 operációs rendszer futott. (Már ekkor voltak kísérletek Windows 2000 és Linux szerverek üzemeltetésére, mely próbálkozásoknak később lett eredménye.)

Ez a hálózat idővel elavulttá vált és megbízható működése csak jelentős erőfeszítésekkel volt fenntartható, ezért az iskola vezetése úgy döntött, hogy az egész hálózatot átépíteti, ami 2005 januárjában valósult meg. A számítógépeket UTP kábelekkel kötötték össze és a soros topológiáról áttértek a csillagpontosra. Ennek során minden számítástechnika teremben, a tanárban és a könyvtárban elhelyezésre került 1-1 darab megfelelő portszámú switch. Ekkor történt meg egy új szerver beszerzése is, amely Intel Pentium IV-es processzorral, 512 MB DDR2 memóriával, 2 darab RAID-be szervezett 160 GB-os HDD-vel, DVD íróval, CD-ROM-mal és gigabites hálózati kártyával lett felszerelve. A szerveren Windows Server 2003 operációs rendszer futott. A szerver tartományvezérlőként, valamint fájlserverként működött, a tanulók és a tanárok mappáit, dokumentumait tárolta. Külön szerveren futott tűzfal szolgáltatás.

Internetes kapcsolattal iskolánk már a Sulinet előtt 2 évvel is rendelkezett, külön telefonvonalon keresztül működött betárcsázással, amit 14,44 Kb/s sebességgel sikerült megvalósítani. A Sulinetes kapcsolat 2 Mb/s sebességű volt kezdetben, melyet bizonyos időközönként duplájára bővítettek. Volt a helyi kábeltévé szolgáltató által biztosított kábeltéves kapcsolatunk is az előzőektől függetlenül kb. 3 éven keresztül.

III. Az átalakítás előtti hálózat bemutatása

1. Felépítése, jellemzők, paraméterek

A 2005 januárjában megtörtént átépítés eredménye egy működőképes hálózat lett, bár látni fogjuk, hogy mivel egy meglévő rendszert kellett módosítani, a problémákat nem lehetett teljes egészében kiküszöbölni.

Az oktatás számára berendezett 5 számítógépterem mellett munkaállomások voltak elhelyezve az igazgatói és gazdasági irodákban, a tanárban és a szertárakban. Így több mint 100 számítógép csatlakozását és együttes munkáját kellett felügyelni a hálózat üzemeltetése során, amely egy 100 Mb/s sebességű, duplikált (egy tanári és egy tanulói alhálózatra felosztott) Ethernet-hálózat volt.

Az Ethernet hálózatok legfontosabb jellemzői²

Az Ethernet jellemzőit az IEEE 802.3-as (1983) szabvány írja le, amely sín topológiájú, elosztott vezérlésű hálózatként definiálja, eredetileg 10 M/s-os sebességgel. Az „Ethernet” név a kábelre (az éterre) utal, amely négyféle lehet:

- 10Base5 (vastag Ethernet) esetében vastag koaxiális kábel, amely akár 2,5 km hosszú is lehet (500 méterenként egy ismétlővel), s melyre a csatlakozás vámpír csatlakozókon keresztül lehetséges. A 10Base5 megnevezés azt jelenti, hogy 10Mb/s sebességgel üzemel alapsávú jelekkel, és legfeljebb 500 méter hosszú szegmensek kialakítását teszi lehetővé. Egy-egy szegmensre max. 100 állomás csatlakozhat.
- 10Base2 (vékony Ethernet) olcsóbb és egyszerűbben telepíthető, de csak 185 méter a megengedett legnagyobb szegmens hossza, és mindössze 30 állomás csatlakozhat egy szegmensre. A csatlakozásra BNC-csatlakozókat és T elosztókat használnak.
- 10Base-T esetén sodrott érpáras kábelt alkalmaznak, minden állomástól egy kábel megy egy központi elosztóhoz (hub), melynek a hossza legfeljebb 100 méter lehet. Ez a legolcsóbb rendszer.
- 10Base-F kábelezési séma fényvezető szálakat használ. Ez a megoldás a csatlakozók és a lezáró elemek magas ára miatt meglehetősen drága, általában épületek vagy

² Az 1. sz. irodalomjegyzék 308-330. oldala alapján

egymástól nagy távolságban lévő elosztók összeköttetésére alkalmazzák (max. szegmens hossz 2000 méter). Biztonsági szempontból is előnyös, hiszen a fényvezető szál sokkal nehezebb lehallgatni, mint a rézvezetéket.

Nagyobb hálózatok kialakítása érdekében több kábelszegmenst ismétlőkkel lehet összekötni, amely eszköz veszi a jeleket, regenerálja, majd mindkét irányban továbbküldi azokat. Természetesen az állomások számának növekedésével a forgalom is jelentősen megnő, ez a hálózat telítődését, teljesítményének leromlását fogja eredményezni. Ennek elkerülésére az egyik megoldás az, ha magasabb sebességre állunk át – létezik 100 Mb/s-os átvitelt biztosító gyors (fast) Ethernet, 1000 Mb/s sebességgel továbbító gigabit Ethernet, sőt a 10 gigabites Ethernet szabvány is megjelent 2002-ben 802.3ae néven. A multimédia forgalom megnövekedése miatt azonban még ezek a hálózatok is telítődhetnek, a megnövekedett forgalom kezelésére létezik egy másik megoldás is: kapcsolt hálózatok kialakítása. Ennek a rendszernek az alapja a kapcsoló (switch), ami egy nagysebességű hátlapot, valamint általában 4-32 vonali illesztőkártya helyét tartalmazza. A vonali kártyák 1-8 csatlakozóval rendelkeznek, ezekre a csatlakozókra kapcsolhatók a host számítógépek többnyire 10BaseT típusú sodrott érpárral. A kapcsolók alapvető feladata az, hogy az Ethernet kereteket a megfelelő portjára irányítsa, ezáltal minden portján külön ütközési tartományokat képez, így a hálózat teljesítményét jelentősen javítja.

Az Ethernet LAN-ok alapját a CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – vivőjel-érzékeléses többszörös hozzáférés ütközésérzékeléssel) protokoll adja, amely működése a következő:

- Amikor egy állomás adni készül, először behallgat a csatornába, hogy eldöntse, használja-e azt egy másik állomás. Ha a csatorna foglalt, akkor addig vár, amíg az ismét szabad nem lesz.
- Amikor az állomás szabad csatornát érzékel, elküld egy keretet. Ha ütközés következik be, azaz két állomás egyszerre kezdett adni, akkor az ütközés érzékelését követően azonnal felfüggesztik tevékenységüket, megszakítják a forgalmazást, véletlen hosszúságú ideig várnak, majd feltételezve, hogy időközben egyetlen állomás sem kezdett adásba, megkezdi a továbbítást.

Az Ethernet már majdnem három évtizede létezik, de egyelőre komoly vetélytársa nem akadt. Ennek legfőbb oka az, hogy egyszerű és rugalmas. A gyakorlatban az egyszerűsége abban rejlik, hogy megbízható, olcsó és könnyű karbantartani. A meghajtókon kívül nem kell más szoftvert telepíteni, nem kell kezelni semmilyen konfigurációs táblázatot, amit el

lehetne rontani. Az új hosztokat csak csatlakoztatni kell és már működnek is. Az Ethernet jól együttműködik az egyeduralkodóvá vált TCP/IP-vel, az IP tökéletesen illeszkedik a szintén összeköttetés nélküli Ethernethez. Képes volt a fejlődésre: a sebessége több nagyságrenddel nőtt, elosztók, kapcsolók jelentek meg, s mindezek ellenére nem igényelte a szoftver megváltoztatását.

Iskolánkban a számítógép-termék berendezései összefoglalva a következőképpen néztek ki:

1. táblázat: Az informatika termekben található számítógépek konfigurációi

A terem jelölése (emelet/teremszám)	Gépszám (+1 tanári gép termen- ként)	A gépek főbb paraméterei
I./22.	20 db	- Intel Pentium (3 GHz) CPU - 256-512 MB RAM - 120 GB HDD - DVD-ROM - 17"-os CRT monitor - Windows XP operációs rendszer
I./23. (ECDL vizsgaterem is)	18 db	- Intel Celeron (2,4 GHz) CPU - 256-512 MB RAM - 160 GB HDD - DVD-ROM - 17"-os CRT monitor - Windows XP operációs rendszer
I./25. (Cisco labor is)	14 db	- Intel Celeron (2,4 GHz) CPU - 512 MB RAM - 160 GB HDD - CD-ROM - 17"-os CRT monitor - Windows XP operációs rendszer
Fsz./16.	16 db	- Intel Pentium Dual Core (2,4 GHz) CPU - 1 GB RAM - 160 GB HDD - DVD-ROM - 19"-os LCD monitor - Linux operációs rendszer
II./39.	12 db	- Intel Celeron (2,2 GHz) CPU - 256 MB RAM - 40 GB HDD - CD-ROM - 15"-os CRT monitor - Windows XP operációs rendszer



2. ábra: Rack állványon elhelyezett hálózati eszközök

A Cisco laborban számítógépek mellett egy rack állványon voltak elhelyezve a gyakorlati képzés megvalósításához szükséges hálózati eszközök: a 6 db CISCO 2600-as típusú router és 3 db CISCO 2950-as típusú 24 portos switch, továbbá egy zárható szekrényben 2-2 db WRT54GL és WRT54G2 típusú Linksys Wireless router. Ebben a teremben minden számítógéphez 2 UTP végpont volt kiépítve, melyek a router állványon lévő patch panelen végződtek. Az egyik UTP csatlakozás az Ethernet hálózati kapcsolatot biztosította, a másik pedig a router-ek és switch-ek programozásához szükséges konzol kapcsolat kialakítását tette lehetővé.

A vezetékes hálózatban a hálózati eszközök közötti információ-átvitelt az Ethernet szabványnak megfelelő Cat5e típusú 100Mbit/s átviteli sebességű árnyékolatlan csavart érpár (UTP) biztosította, melynek végein RJ-45 csatlakozó található. Minden teremben egy-egy 100 Mbit/s átviteli sebességű, 20-24 portos switch biztosította a munkaállomások csatlakozását.

A hálózat működését 2 szerver felügyelte:

1. Linux Server, melynek paraméterei: E8400 Core 2 Duo CPU, 4 GB RAM, 2x500 GB RAID1 HDD, 3x100 Mbit/s LAN csatlakozási lehetőség.
 Feladatai:
 - alapvetően fájlszerverként funkcionált (Samba File Server),
 - a hálózaton belül DHCP szerepet is betöltött,
 - NAT feladatot is ellátott.
2. DELL Server – DELL PowerEdge SC420 típusú, melynek paraméterei: Intel Pentium IV 3 GHz-es CPU, 2GB RAM, 500 GB HDD.
 Feladatai:
 - a korlátozott hálózatban tűzfalként működött (Linux Shoreline Firewall),
 - proxy szerver feladatokat is ellátott (Squid Proxy Server).

A helyi hálózat számítógépeit (munkaállomásait) a fájlszerver szolgálta ki: biztosította részükre a munkájukhoz szükséges közös adatállományokat, megosztásokat. Néhány számítógép még szerver nélkül is használható, de közös adatállományokat, megosztásokat igen nehézkes kialakítani, több számítógép felett már gyakorlatilag nélkülözhetetlen. A fájlszerver feladatai:

- Biztonságosan tárolja a felhasználók adatait akár egyéni, akár csoportmunka adatokról van szó.
- Ellátja a központosított nyomtatáshoz szükséges feladatokat, a dolgozók megosztott nyomtatókra nyomtathatnak.
- Szabályozza a hozzáférést az adatokhoz, a különböző beosztású felhasználók különböző adatokhoz férhetnek hozzá.
- Gyakran e-mail hozzáférést is kínál a felhasználóknak, fogadja a nekik címzett e-maileket, illetve továbbküldi az általuk feladottakat.
- Általában folyamatos üzemű.
- Rendszeres mentéssel minimalizálhatja az adatvesztés esélyét, ami általában éjszaka történik.

A tűzfal és a proxy szerver egy komplett megoldást jelentett a helyi hálózat és az Internet biztonságos kapcsolatának megvalósítására – egy felügyelt rendszer a kívülről történő behatolások megakadályozására és a belülről való kijutás szabályozására. Minden, ami az Internetről a lokális hálózatra bejut, illetve onnan az Internetre kikerül, át kell hogy haladjon a tűzfalon, így jól kézben tarthatók a folyamatok. Az Internet-elérés naplózásával, kimutatások segítségével lehetővé válik a felhasználók internetezésének ellenőrzése, kiszűrhető a nem tanulás céljából folytatott internetezés.

A proxy szerver helyben tárolja az Internetről letöltött állományokat, ismételt letöltés kérésekor a helyben tárolt állományt adja vissza. Ezt gyorsító-tárazásnak nevezik, megnöveli az internetezés sebességét. A tűzfal igény esetén tartalomszűrést is végez, ez azt jelenti, hogy korlátozhatók a felhasználók által megtekintett, letöltött oldalak, fájlok, tartalmak.

Mindkét szerver folyamatos működését szünetmentes tápegység oldotta meg. Külön szerverterem nem volt, a szerverek és az Internet-csatlakozás végpontjai a 23-as teremben voltak elhelyezve.

Az Internet eléréséhez egy 4 Mbit/s sebességű Sulinet kapcsolat volt kiépítve, illetve volt egy T-Comos kapcsolat is, amely 3 Mbit/s sebességű volt. Az Internet elérését megvalósító eszközök külön router szekrényben voltak elhelyezve, a Sulinetes kapcsolathoz egy Cisco 1700-as router, egy D-Link



3. ábra: Az Internet-csatlakozás végpontjai a 23-as teremben

DSL modem és egy 2950-es Cisco switch, a T-Comos kapcsolódáshoz egy D-Link DSL modem és egy Linksys WRT54G router. Alapértelmezett átjárónak a Samba File Server szolgált (azt mindkét alhálózatból el lehetett érni).

A munkaállomások és az egyéb hálózati eszközök számára C-osztályú IP-címek lettek kiosztva DHCP segítségével – a DHCP szerver-feladatokat szintén a Samba File Server látta el. A DHCP³ (Dynamic Host Configuration Protocol – dinamikus állomás-konfigurációs protokoll) lényege az, hogy egy külön kiszolgáló osztja ki az IP-címeket azoknak a hosztoknak, akik ezt kérik. Az IP-címeket egy külön készletből egy rögzített időtartamra kapják bérletbe, s a bérleti idő lejártá előtt újítást kell kérnie a DHCP-kiszolgálótól az állomásnak. Ha nem sikerül újítási kérelmet küldenie, vagy a kérelmet a kiszolgáló elutasítja, akkor az állomás nem használhatja tovább a korábban megkapott IP-címet (RFC 2131 dokumentum – 5. sz. irodalomjegyzék).

A belső hálózatban, mint láthattuk, privát IP-címek voltak kiosztva – minden számítógépnek egyedi. Privát, belső használatra három IP-címtartomány van lefoglalva, ezeket az RFC 1918 szabvány tartalmazza (3. sz. irodalomjegyzék). Az egy A osztályú, a 16 B osztályú és a 256 C osztályú tartomány közül annak megfelelően választhatjuk ki, hogy melyiket használjuk, hogy mekkora a hálózatunk. Az alkalmazásukra egyetlen kikötés van, hogy az Interneten nem jelenhet meg olyan csomag, ami ezeket a címeket tartalmazza. A három fenntartott címtartomány a következő:

10.0.0.0 – 10.255.255.255 /8	(16 777 216 hoszt)
172.16.0.0 – 172.31.255.255 /12	(1 048 576 hoszt)
192.168.0.0 – 192.168.255.255 /16	(65 536 hoszt)

A privát IP-címet a hálózaton belüli forgalom irányításához használják. Amikor viszont egy csomag elhagyja a hálózatot az internet-szolgáltató felé, ezt a címet nem használhatja, helyette nyilvános IP-címmel kell rendelkeznie. Ezt a feladatot a NAT⁴ (Network Address Translation – hálózati címfordítás) látja el. A NAT-ot az RFC 3022 írja le (4. sz. irodalomjegyzék). Ha egy csomag el akarja hagyni a hálózatot, akkor áthalad egy ún. NAT-dobozon, ami átalakítja a belső IP-forrás csomópont címét a hálózat tényleges, nyilvános IP-címére. A NAT-dobozt gyakran tűzfalal együtt, egy eszközben valósítják meg, mert a tűzfal a biztonság érdekében megvizsgálja, hogy mi jön be a hálózatba és mi lép onnan ki. (Szokták még a NAT dobozt a hálózati routerrel is egybeépíteni). Természetesen a válasz visszaérkezésekor a nyil-

³ 1. sz. irodalomjegyzék alapján (497. oldal)

⁴ 1. sz. irodalomjegyzék alapján (489. oldal)

vános cím helyett ismét a célállomás privát címe kerül a csomagba. A helyes működéshez, egy-egy kapcsolat azonosításra nem elegendőek az IP-címek, a NAT emellett még portszámokat is használ (forrás és cél portot), melyek egyértelműen megadják, hogy a csomagokat kinek kell továbbítani.

A NAT címfordítás 3 helyen volt megvalósítva. Alapesetben a két Internet-kapcsolat bejövő routere végezte – ezen routerek funkciói:

- betárcsázás,
- a folyamatos Internet-kapcsolat fenntartása,
- címfordítás.

A Sulinetes kapcsolat esetén a NAT címfordítást a router végzi úgy, hogy a switch egyes portjaihoz különböző IP-cím tartományokat rendel hozzá a következőképpen:

2. táblázat: A Sulinet Közháló Program üzemeltetési paraméterei

1. Publikus szegmens	
Automatikus címkiosztás DHCP-vel	nincs
Szerverek címtartománya	195.199.220.113 – 195.199.220.117
Hálózati maszk	255.255.255.248
Default router	195.199.220.118
Switch port kiosztás	1-5 (10/100Base-T, auto)
Módosítható tűzfal szabály kezdeti állapota	minden port tiltott
2. Privát szegmens	
Automatikus címkiosztás DHCP-vel	van
Munkaállomások címtartománya	192.168.64.1 – 192.168.64.253
Hálózati maszk	255.255.255.0
Default router	192.168.64.254
Switch port kiosztás	6-18 (10/100Base-T, auto) Gi1-2 (10/100/1000Base-T, auto)
3. Védett szegmens	
Automatikus címkiosztás DHCP-vel	van
Munkaállomások címtartománya	172.16.225.97 – 172.16.225.125
Hálózati maszk	255.255.255.224
Default router	172.16.225.126
Switch port kiosztás	19-23 (10/100Base-T, auto)

A T-Comos kapcsolat esetén a router egyszerű NAT-olást végzett a szolgáltató felől dinamikus IP címet kapva. A korlátozott hálózaton a Samba File Server is végzett címfordítást, erre azért volt szükség, hogy az erre a hálózatra csatlakozó állomások csak a T-Comos, korlátozott Internetet vehessék igénybe. Ez persze nem azt jelentette, hogy a két alhálózat között nem volt átjárhatóság. Ezt a Samba File Server biztosította intraneten keresztül, ezáltal munkacsoportok tudtak együtt dolgozni.

A vezeték nélküli hálózatok elterjedésével iskolánkban is egyre nagyobb igény merült fel arra, hogy wireless kapcsolattal is lehessen a helyi hálózathoz csatlakozni, illetve az Internetet elérni.

A vezeték nélküli hálózatokról általában⁵

A vezetékes hálózatokon kívül léteznek olyan technológiák, melyek lehetővé teszik az eszközök közötti átvitelt kábelek használata nélkül. Ezeket vezeték nélküli technológiáknak (WiFi, wireless, WLAN) nevezzük. A vezeték nélküli eszközök elektromágneses hullámokat használva cserélik az információkat egymás közt. Számos szabványt fejlesztettek ki annak érdekében, hogy a vezeték nélküli eszközök kommunikálni tudjanak egymással. Ezek meghatározzák pl. a használt frekvencia tartományt, az adatátviteli sebességet, az információátvitel módját. A legtöbb működése az IEEE 802.11 szabványon nyugszik – ez határozza meg a WLAN környezetet. Az alapvető vezeték nélküli hálózatokban több olyan állomást találhatunk, amelyek egymással rádiójelek szórásával kommunikálnak a 2,4 GHz vagy az 5 GHz frekvenciatartományban. A vezetékes hálózatokkal szemben számos előnyük van, ezzel magyarázható az utóbbi években a rohamos elterjedésük. Ezek a következők:

- Bárhol és bármikor lehetővé teszik a hálózati kapcsolódást.
- Telepítésük meglehetősen könnyű és olcsó, az otthoni és üzleti felhasználású WLAN eszközök ára folyamatosan csökken, ennek ellenére az adatátviteli sebességük és képességük egyre növekszik, lehetővé téve a még gyorsabb és megbízhatóbb vezeték nélküli kapcsolatokat.
- Lehetővé teszi a hálózatok könnyű bővíthetőségét a kábeles kapcsolatok okozta hátrányok nélkül. Az új és visszalátogató ügyfelek könnyen és gyorsan tudnak kapcsolódni.

Persze ezek mellett vannak hátrányai is a WiFi hálózatoknak:

⁵ 7. sz. irodalomjegyzék 7. fejezete alapján

- A WLAN technológiák a rádiófrekvenciás spektrum szabadon használható sávjait használják, melyek használata nem szabályozott, számos eszköz üzemel ezeken a frekvenciákon. Ennek eredményeképpen ezek a frekvenciasávok nagyon zsúfoltak, és a különböző eszközök jelei gyakran zavarják egymást, interferálhatnak a WLAN kommunikációval.
- Legnagyobb probléma a biztonság: a WLAN-ok könnyű hálózati hozzáférést biztosítanak – bárki megfigyelheti a kommunikációs adatfolyamot annak ellenére, hogy nem neki szánták. E biztonsági problémákat különböző technikákkal lehet kiküszöbölni, mint például titkosítás és hitelesítés.

Alapvetően két különböző WLAN kiépítési forma létezik:

Ad-hoc: A vezeték nélküli hálózatok legegyszerűbb formája, amikor két vagy több vezeték nélküli állomást kapcsolunk össze egyenrangú hálózatot létrehozva: minden állomás a hálózat egyenrangú résztvevője, hozzáférési pontot (AP) nem tartalmaznak. Az egyszerű ad-hoc hálózatokkal az eszközök állományokat és egyéb információkat cserélhetnek anélkül, hogy hozzáférési pont (AP) vásárlásának költségeivel és konfigurálásának bonyolultságával számolni kellene.

Infrastrukturális mód: Nagyobb hálózatoknál egy önálló eszköz alkalmazása szükséges a kommunikáció irányításához. Ezt a szerepet a hozzáférési pont (Access Point, AP) látja el, amely eldönti, ki és mikor kommunikálhat. Egy ilyen típusú vezeték nélküli hálózatban az egyes STA-k (vezeték nélküli ügyfelek) nem képesek egymással közvetlenül kommunikálni. A kommunikációhoz minden eszköznek engedélyt kell kérnie az AP-től. Az AP irányít minden kommunikációt és törekszik arra, hogy minden STA-nak egyenlő joga legyen a közeghez való hozzáféréshez.

A vezeték nélküli technológia az úgynevezett vivőérzékeléses többszörös hozzáférésű - ütközés elkerüléses (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA) közeghozzáférési módszert használja. A CSMA/CA lefoglalja a párbeszédre használandó csatornát. Amíg a foglalás érvényben van, más eszköz nem adhat ugyanazon csatornán, így a lehetséges ütközések elkerülhetők.

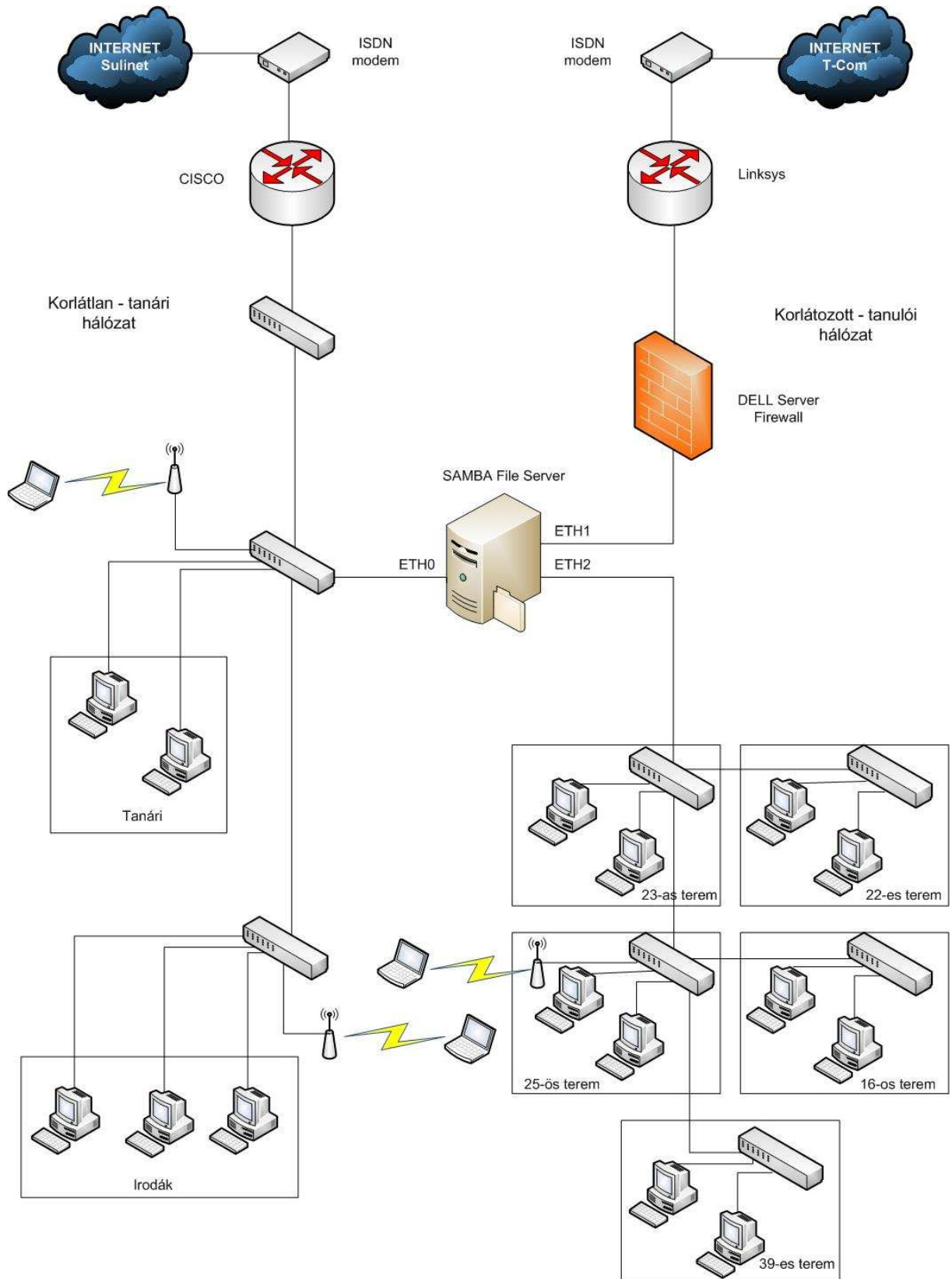
Mint már említettem, a legnagyobb probléma a biztonság kérdése. A vezeték nélküli hálózat használata korlátozásának egyik módszere, hogy pontosan megmondjuk, mely eszközök csatlakozhatnak. Ezt a MAC-címek szűrésével érhetjük el: csak azon eszközök engedélyezettek a csatlakozásra, melyek MAC címeit előzetesen rögzítették a forgalomirányító (mint AP) adat-

bázisában. Egy másik módszer a csatlakozások szabályozásához a hitelesítés alkalmazása. A hitelesítés az a folyamat, mely során hitelesítési információk alapján dől el a belépés engedélyezése. Annak eldöntésére használják, hogy a kapcsolódni kívánó eszköz megbízható-e. A hitelesítés leggyakoribb formája a jelszó és felhasználói név használata. Mindkét lehetőséggel megakadályozható a támadók hálózathoz való hozzáférése, de az átvitt adatok elfogásának lehetősége még fennáll. Mivel egy vezeték nélküli hálózatnak nincsenek pontosan definiálható határai és az adatátvitel a levegőn keresztül történik, egy támadó számára egyszerű a vezeték nélküli keretek elfogása vagy más néven lehallgatása. A titkosítási folyamat oldhatja meg ezt a problémát: ez az adatok átalakítását jelenti, így az elfogott információk használhatatlannak lesznek.

A régi hálózatban a hozzáférési pontok különböző helyeken található switch-ekhez voltak csatlakoztatva úgy, hogy a WiFi lefedettsége a teljes épületre kiterjedjen. A biztonság megvalósítására, az illetéktelen hozzáférések kiszűrésére WPA2-es titkosítást használt – dinamikus kulcsok használatával kódolta és fejtette vissza az adatokat (minden alkalommal új kulcsot hozott létre, amikor egy állomás kapcsolódott a hozzáférési ponthoz). A WLAN része volt a hálózatnak – a DHCP szervertől kapott IP-címet.

A rendszerfelügyelet a 23-as teremben zajlott, a helyi terminálon lehetett a szervereket kezelni, illetve az intranet hálózaton belül elérhető volt távoli asztal segítségével. Minden egyes gépen lokális felhasználó (jellemzően tanuló) és admin volt létrehozva.

A régi hálózat logikai felépítését a következő ábra szemlélteti:



4. ábra: A régi hálózat logikai felépítése

A kiosztott IP-címek a következők voltak:

Sulinetes Internet

- nyilvános IP-címe: 195.199.220.113
- alhálózati maszk: 255.255.255.248 /29
- alapért. átjáró: 195.199.220.118
- elsődleges DNS kiszolgáló: 195.199.255.4
- másodlagos DNS kiszolgáló: 195.199.255.57

A tanári hálózat

- privát IP-címe: 192.168.1.0 /24
- alapért. átjáró, DNS kiszolgáló (router): 192.168.1.1
- a DHCP szerver által kiosztott IP-címek: 192.168.1.100 – 192.168.1.250

T-Comos Internet

- nyilvános IP-címe: 81.183.230.231
- alhálózati maszk: 255.255.255.0 /24
- elsődleges DNS kiszolgáló: 84.2.44.1
- másodlagos DNS kiszolgáló: 84.2.46.1

A tanulói hálózat

- privát IP-címe: 192.168.3.0 /24
- alapért. átjáró, DNS kiszolgáló (router): 192.168.3.1

A DELL szerver által végzett címfordítás eredményeként a tanulói hálózat

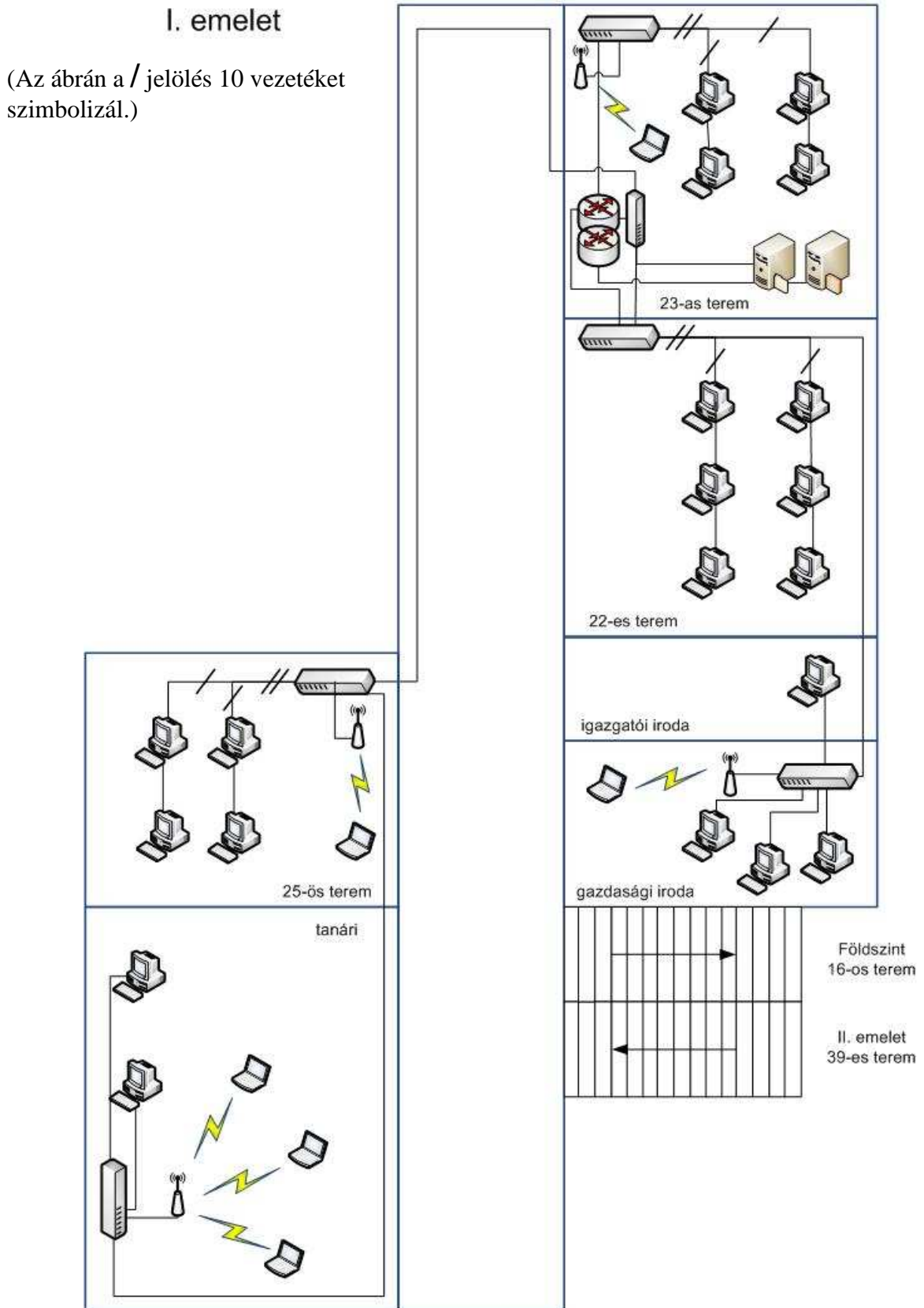
- privát IP-címe: 192.168.0.0 /24
- alapért. átjáró, DNS kiszolgáló (router): 192.168.0.1

A SAMBA szerver által végzett címfordítás eredményeként az ETH2-re csatlakozó tanulói hálózat

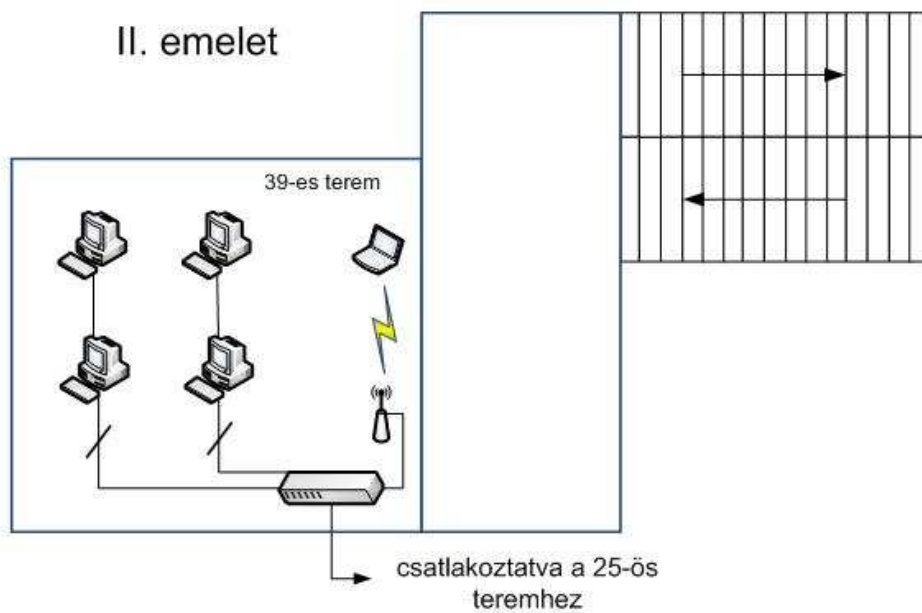
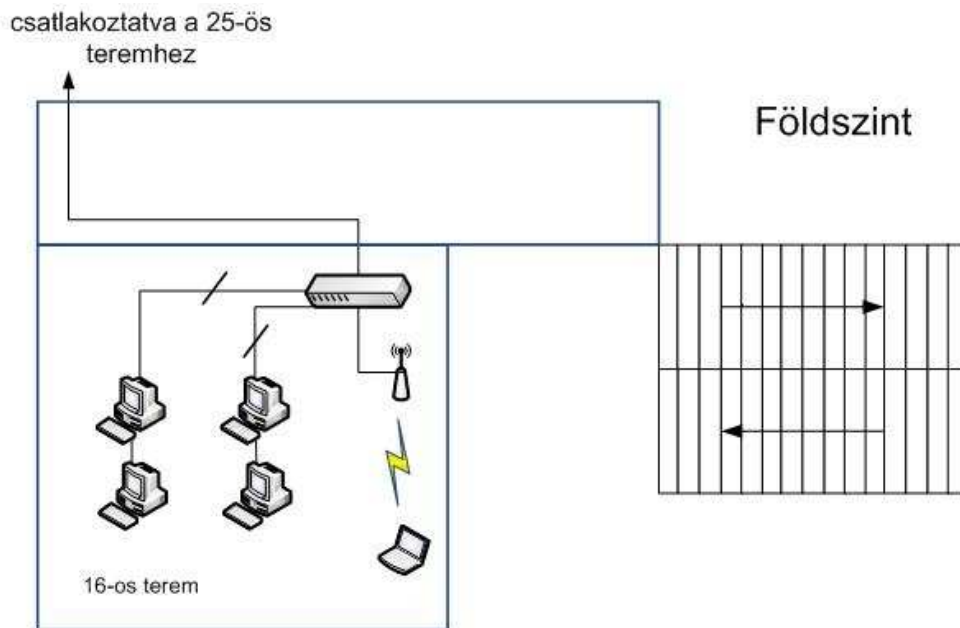
- privát IP-címe: 192.168.2.0
- a DHCP szerver által kiosztott IP-címek: 192.168.2.100 – 192.168.2.250

-

A hálózat fizikai vázát az alábbi ábrák szemléltetik:



5. ábra: A régi hálózat fizikai váza – I. emelet



6. ábra: A régi hálózat fizikai váza – földszint, II. emelet

2. A hálózat hátrányos tulajdonságai

Többéves használat után egyértelművé vált, hogy a hálózat működése ebben a formában nem kielégítő, egyre több probléma merült fel, melyek megoldása csak egy teljes átalakítással vált lehetővé. Ezek a problémák a következők voltak:

- A hálózat nem volt strukturálva a folyamatos módosítások következtében – a bővítés mindig ott történt meg, ahol éppen szükséges volt, ez általában egy újabb switch beüzemelését jelentette. Ennek következtében a hálózat átláthatatlan lett, a switch-ek össze-vissza voltak elhelyezve, hiba esetén körülményes volt a hibaelhárítás (adott esetben egy switch kiesésekor akár több teremben is megszűnt a hálózati kapcsolat).
- Az épület villamos hálózata is mindig az aktuális igényeknek, helyzetnek megfelelően lett bővítve, így a bejövő elektromos hálózat nem bírta a terhelést. Ez főleg áramszünet esetén okozott problémát, mivel a gépek újraindításakor a hidegindítási áram meghaladta a bejövő áramellátás kapacitását, ez pedig a biztosítékok leoldását eredményezte.
- Nem volt külön szerver-terem – a szerverek és hálózati eszközök nem voltak védve az illetéktelen hozzáférésektől.
- Nem voltak biztosítva a megfelelő üzemeltetési körülmények sem: légkondicionálás nem volt, nem volt kiépítve külön elektromos hálózat sem – áramszünet esetén, mivel az elektromos hálózat nem bírta a terhelést és leoldottak a biztosítékok, hamar lemerültek a szünetmentes tápegységek akkumulátorai függetlenül attól, hogy kis idő elteltével helyreállt az áramszolgáltatás.
- Minden egyes gépen lokális felhasználó volt létrehozva, ezt minden gépen külön-külön kellett elvégezni bármely szoftver telepítése esetén, ami jelentős időt igényelt. A jogosultságokat, hozzáférési jogokat is egyesével kellett beállítani.
- A gépeken nem lehetett nyomon követni a felhasználókat: adott gépen mikor, ki, mit csinált, illetve csak körülményesen, papír alapon működött a „naplózás”.
- A korlátozott Internet kapcsolat esetén bármilyen forgalom adott sebességre volt korlátozva – csak egységesen lehetett módosítani a sávszélességet.
- A bővíthetőség folyamatosan problémákba ütközött, hiszen azt nem lehetett strukturáltan elvégezni.

- Alapvető gondot okozott a sebesség, mivel ilyen körülmények között a rendelkezésre álló Internet kapcsolat lassúnak bizonyult.

Kapóra jött az a pályázati lehetőség, melynek keretén belül iskolánkat teljes egészében felújították: az Új Magyarország Fejlesztési Terv Észak-Magyarországi Operatív Program keretében közel 230 millió forintos támogatást nyert Edelény Város Önkormányzata „Az *edelényi Izsó Miklós Gimnázium és Szakképző Iskola*⁶ korszerűsítése és bővítése” című projekt megvalósítására. A projektben többek között alternatív energiát hasznosító fűtésrendszer kialakítása, az épület teljes hőszigetelése, komplex akadálymentesítése történt meg. A termeket korszerű IKT eszközök fogadására alkalmasra alakították ki, a bővítés eredményeként aulával, zsibongóval és 8 új tanteremmel oldották meg a helyhiány miatti problémákat. A felújítás és bővítés mintegy 6 és fél hónap alatt készült el, az épület műszaki átadása 2010. november 19-én történt meg.

⁶ Az összevonás előtt iskolánk neve ez volt.

IV. Az új, kiépítendő hálózat tervezésénél figyelembe vett szempontok, elképzelések

A felújítás során, az új informatikai hálózat kialakításakor ezen hátrányok kiküszöbölésére törekedtünk, illetve a jelenkor, valamint a jövő követelményeit kívántuk megvalósítani (pl. sávszélesség, strukturáltság).

Az Ethernet technológia előnyös tulajdonságai, az egyszerű, gyors és hatékony működése következtében a kialakítandó hálózatot is ennek megfelelően kívántuk létrehozni. Természetesen mindez csak akkor válhat valóra, ha megfelelően tervezett és összeállított hálózatban használják. A jó hálózat megvalósításának kulcsa a hálózat megépítését megelőző tervezés. Ez a hálózat használatára vonatkozó információk összegyűjtésével kezdődik, amelynek a következőket kell tartalmaznia (a 7. sz. irodalomjegyzék 3. fejezete szerint):

1. A hálózathoz csatlakoztatandó állomások száma és típusa:
 - Hol lesznek elhelyezve a végfelhasználók?
 - Milyen típusú hardvert fognak használni?
 - Hol lesznek a kiszolgálók, a nyomtatók és a többi hálózati eszközök?
2. A használandó alkalmazások:
 - Milyen alkalmazásokat fognak futtatni a hálózaton?
3. A megosztási és Internet kapcsolat követelményei:
 - Kinek és mely fájlokhoz és hálózati erőforrásokhoz, például nyomtatókhoz kell majd hozzáférni?
 - Mi az elfogadható sebesség (sávszélesség) a végfelhasználók számára?
 - Az összes felhasználó igényli ezt az áteresztőképességet?
 - Milyen hatása van az alkalmazásoknak az áteresztőképességre?
4. Biztonsági és titoktartási megfontolások:
 - A hálózaton küldött adat személyes vagy bizalmas természetű?
 - A jogosulatlan hozzáférés ezekhez az információkhoz okozhat-e károkat?
5. Megbízhatósági és rendelkezésre állási elvárások:
 - Milyen jelentősége van a hálózatnak?
 - Szükséges a 100%-os rendelkezésre állás?
 - Mennyi leállási idő megengedett?
6. A vezetékes és vezeték nélküli kapcsolódás követelményei:

- Hol és hány vezetékes kapcsolódási pont szükséges?
- Minden végfelhasználó igényel vezeték nélküli kapcsolatot?
- Az intézményen belül mennyire terjedjen ki a vezeték nélküli hálózat lefedettsége?

Mivel már egy létező hálózat átalakításáról, átépítéséről volt szó, ezek az információk részben adottak voltak.

1. Az állomások számát nem szándékoztuk bővíteni, alapvetően csak az elhelyezésükben terveztünk változásokat: az informatikai szakképzés miatt a számítógép-termeket egy emeleten kívántuk elhelyezni, amely a hálózat szemszögéből is előnyösebb volt. A gépek típusában menet közben történt változás, két terem 17 – 17 teljesen új géppel (Intel Core 2 Duo E5004 CPU, 2 GB RAM, 500 GB HDD, 19”-os LCD monitor) sikerült felszerelni szakképzési támogatásból, ezáltal több elavult munkaállomást ki lehetett iktatnunk. Mivel egy pályázat (TÁMOP-3.2.1/B-09/2-2010-0005) útján egy digitális középiskolai programhoz is csatlakoztunk a munkálatok idején, ennek keretében további 10, az előzőekhez hasonló munkaállomással, 20 lappal, illetve egy nagyteljesítményű szerverrel is korszerűsíteni tudtuk gépparkunkat.

A hálózat kialakítása során a kiszolgálók és hálózati eszközök elhelyezésénél a szükséges üzemeltetési körülményeket figyelembe véve egy külön szerver-terem kialakítását terveztük.

2. Az alkalmazások is maradtak a régiiek, hiszen az oktatásban, a követelményekben minden változatlan maradt, csupán igyekeztünk arra törekedni, hogy a régebbi programokat (operációs rendszer, Office programcsomag) újabb verzióval tudjuk lecserélni. Ez az új gépeken megvalósulhatott, viszont a régiiek nem vagy csak részben voltak rá alkalmasak.

3. A kettős hálózat kialakítását próbáltuk elkerülni és arra törekedtünk, hogy a hálózaton az adott számítógéptől függetlenné váljanak a jogosultságok, ehelyett a felhasználóhoz legyen hozzárendelve a jogosultsági szint. Úgy kell majd létrehozni, hogy ez mindenre kiterjedjen: adott könyvtárak hozzáférhetőségére, az Internet használatára – sávszélességre, a látogatható oldalakra, az adott gépen végezhető műveletekre és arra is, hogy mely számítógépen tudjon bejelentkezni egy adott felhasználó.

4. Mivel a felhasználói jogosultságokat a felhasználók csoportokba szervezésével kívántuk megvalósítani, megoldottá válhatott az adatok biztonságos kezelése.

5. Tanítási, ill. munkaidőben a hálózat működése magas prioritással bír, a 100%-os rendelkezésre állás alapvető elvárás a felhasználók központi adminisztrálása és az adatok hálózati

meghajtókon való tárolása miatt. A digitális középiskola működése következtében az Internet kapcsolat, illetve a tananyagot biztosító szerver elérhetőségét munkaidőn kívül, éjszaka és hétvégén is biztosítani kell minimális leállási idővel (hiszen ennek tanulói felnőtt, családos, dolgozó emberek, csak ilyenkor tudnak a digitális tananyaghoz hozzáférni).

A cél az volt, hogy minél jobban megközelítsük a 100%-os rendelkezésre állást. Ezért is kellett a kettős hálózatot megszüntetni, hiszen a két alhálózat külön használta a két Internet kapcsolatot, s ha valamelyik megszakadt, akkor azon az alhálózaton az Internet elérhetetlenné vált. Erre azért is szükség volt, mert az új operációs rendszereknek és az Office programoknak folyamatosan el kell érniük a közhálót (Sulinet), mivel a licenszelésük külön szerverekhez van kötve. A szoftvereknek ezeket el kell érni (a Sulinet központban találhatóak – www.tisztaszoftver.hu) – a kettős hálózatnál azon a hálózaton, amely nem éri el a Sulinetet és más Internet kapcsolattal nem rendelkezik, az új szoftvereket nem lehetett volna használni.

6. Vezetékes kapcsolódási pontokat az informatika termeken és irodákon kívül minden más tanteremben terveztünk legalább egyet elhelyezni. A szaktantermekben és irodákban azok felhasználásától függően határoztuk meg a végpontok számát.

A vezeték nélküli hálózatot úgy terveztük megvalósítani, hogy annak lefedettsége továbbra is a teljes iskola területére kiterjedjen.

A hálózat telepítésének tervezése során számos tényezőt kell figyelembe venni, mielőtt a hálózati eszközökhöz csatlakoztatnánk az állomásokat. Néhány szempont, amit érdemes volt megfontolnunk:

1. A telepítendő hálózat fizikai környezete:

- Hőmérsékletszabályzás (a megfelelő működés érdekében minden eszköznek egy meghatározott hőmérsékletet és páratartalmat kell biztosítani) – az informatika termeket, a szerver termet, valamint azokat az irodákat, ahol több számítógépet fognak használni, légkondicionáló berendezéssel szándékoztunk felszerelni. Az áramellátás is ennek megfelelően lett tervezve, figyelembe véve az előzetes problémákat.
- Hozzáférhetőség és az áramforrás elhelyezkedése.

2. A hálózat fizikai kiépítése:

- Az eszközök (forgalomirányítók, kapcsolók, állomások) fizikai elhelyezkedése.
- Az eszközök csatlakoztatásának módja.

- A kábelek helye és elhelyezkedése.
 - A végberendezések (állomások, kiszolgálók) hardverbeállítása
3. A hálózat logikai konfigurációja:
- IP-címzési séma
 - Elnevezési séma
 - Megosztási beállítások
 - Jogok

Egy vezeték nélküli hálózat megvalósításakor is a telepítést gondos tervezésnek kell megelőznie. Ezek közé tartozik:

- A használandó vezeték nélküli szabvány meghatározása.
- Az eszközök leghatékonyabb elhelyezésének meghatározása térerő méréssel.
- Egy telepítési és biztonsági terv elkészítése.

Mindezek megvalósítását az V. fejezetben mutatom be részletesen.

Mivel alapvető problémát az eredeti hálózat strukturátlansága okozott, ezért a bővíthetőség elérése és a káosz kialakulásának elkerülése érdekében strukturált hálózat kialakítása volt az alapvető célunk.

Csavartérpáros strukturált kábelezés⁷

Régebben, amikor egy épület adat és hangátviteli rendszerének kábelezésére került sor, különféle típusú kábeleket, falicsatlakozókat és fali dugókat használtak. Például telefon rendszerre csavart érpáras kábelt, nagygépes rendszereknél koax kábelt, helyi számítógépes hálózatoknál csavart érpárt vagy különféle impedanciával rendelkező koax kábelt, de általában nem olyanra volt szükség, ami már az épületben létezett. Természetesen az előbb felsorolt hálózatok csatlakozói és dugaszolóaljzatai sem voltak kompatibilisek egymással. Ennek az lett a következménye, hogy az épületben szükségessé váló legkisebb változás - akár csak egy új felhasználó megjelenése vagy egyik szobából a másikba való költözése - is problémát jelentett a hálózat átalakításában és használatában.

A legtöbb esetben az igények vagy a technikai feltételek változása az adatátviteli hálózat, de igen gyakran a telefonhálózat teljes átalakítását is szükségessé tette. Mindezen problémák kiküszöbölésére fejlesztették ki az ún. strukturált kábelezési rendszereket.

⁷ 8. sz. irodalomjegyzék alapján

Az épületkábelezésben a csavartérpáros kábelek terjedése figyelhető meg. Ennek oka az, hogy ezt a kábeltípust tulajdonságai sokkal többféle alkalmazásra teszik lehetővé, mint a korábban használt kábeleket. Telefonhálózat kiépítésére éppen úgy megfelel, mint a leggyakoribb számítógép-hálózat típusokhoz. A csavartérpáros kábelhálózat előnyei legjobban a strukturált hálózatoknál jelentkeznek.

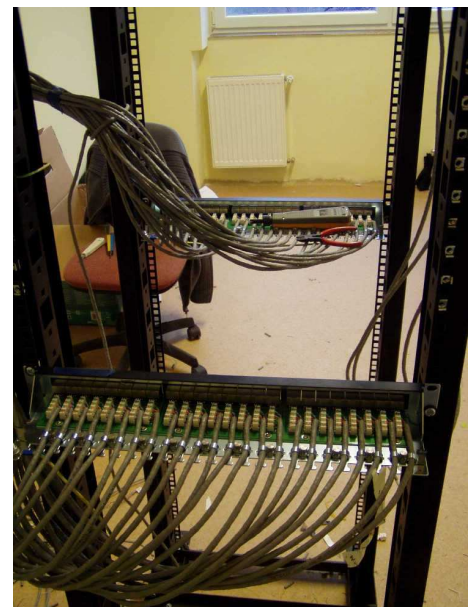
A strukturált kábelezési rendszer egy épület vagy épületcsoport informatikai kábelhálózata.



7. ábra: A végpontok bekötése folyamatban

A hálózat összekapcsolhat hang- és adatátviteli berendezéseket, telefonközpontokat és információ-feldolgozó eszközöket, melyek külső adatátviteli hálózatokkal tartják a kapcsolatot. A strukturált kábelezési rendszer tartalmazza a kábeleket, rendezőket és csatlakozókat, valamint azokat az eszközöket, melyek szükségesek a külső telefon, adathálózatok és a végberendezések csatlakoztatásához. Nem része a kábelezési rendszernek a telefonközpont (PABX), a számítógép-hálózati aktív elemek (pl. HUB), a telefonkészülékek és a munkaállomások. A jól megtervezett és megépített rendszer képes az épületben felmerülő összes lehetséges informatikai kábelezési igény kielégítésére.

A strukturált hálózat kialakításánál úgy kell eljárni, hogy az épület helyiségeiben kellő számú csatlakozót (végpontot) kell elhelyezni, azokat összekötni az épület egy központi részén elhelyezkedő rendezővel. Minden egyes végponthoz ugyanolyan kábelt, csatlakozót és rendezőelemet kell használni, ez biztosítja a végpontok egyenértékűségét, ezzel a rendszer átstrukturálásának lehetőségét. A végpontok a rendezőben összeköthetők, vagy a rendező környezetében elhelyezett különböző berendezések (telefonközpontok, számítógép-hálózati aktív elemek) csatlakozópontjaira kapcsolhatók. Az összekötéshez használt kábelek az ún. patch kábelek, vagyis átkötő kábelek. A végpontokon lévő csatlakozókat az



8. ábra: Csatlakozás a rendezőfelületre

elektronikai berendezésekkel (pl. számítógépekkel) összekötő kábeleket nevezzük lengőkábeleknek. A végpontok és a rendező távolsága korlátozott (max. 90 m). Egy bizonyos méretnél nagyobb épület nem kábelezhető egy rendező köré, több rendező alkalmazása válik szükségessé. Közülük egynek kitüntetett szerepe van, központi rendezőnek nevezzük, szemben a többi rendező szinti rendező megnevezésével. A központi rendezőt és a szinti rendezőket összekötő kábeleket felszálló kábeleknek, vagy gerinckábeleknek hívjuk. A felszálló kábeleknek a hossza és jellege a kiszolgált elektronikai rendszertől függ, pl. más típusú felszálló kábelt kell használni a számítógép-hálózathoz, mint a telefonhálózathoz. A strukturált hálózathoz többféle fizikai megjelenésű rendező létezik. A legelterjedtebb az RJ45 csatlakozókat tartalmazó patch panelekből felépített rendező. A patch panelek szabványos, 19"-os rack szekrénybe közvetlenül beszerelhetők. A számítógép-hálózati aktív elemek többsége szintén közvetlenül szerelhető a rack szekrénybe és általában RJ45 csatlakozókkal rendelkezik. A csatlakozások átrendezése viszonylag olcsó RJ45 patch kábelekkel szerszám nélkül megoldható. Az RJ45-ös patch panelek alternatívája a betűző szerszámokkal köthető rendezőfelület. Előnye az olcsóbb ár, ami különösen 10 Mb/s sebességig számottevő mértékű, afölött a speciális patch kábelek magas ára rontja a költségviszonyokat. Hátránya a bonyolultabb, szerszámot és szakértelmet igénylő csatlakoztatás. A rack szekrényekbe helyezhető elemek magassága egy egységnek (Unit, $U = 1.75'' = 4,45 \text{ cm}$) egész számú többszöröse.

A strukturált kábelezés a hagyományos kábelezéssel szemben az egységesség elvét alkalmazza. Jellemzője, hogy minden végpont azonos tulajdonságokkal rendelkezik és szabadon változtatható a funkciója a rendezőn történő átkötés segítségével. Az alkalmazott végberendezésektől és adapterektől függően egy végpontra csatlakoztatható számítógép (soros adatátviteli vonalon összekötve más számítógéppel, vagy perifériákkal, vagy hálózatba kötve), telefon, video-, vagy audio berendezés. Az alkalmazások sora egyre bővül, de a hálózat azonos marad. Új rendszerek alkalmazásakor csak adaptereket kell beszerezni, a megépített hálózat alkalmas lesz az összeköttetés létrehozására. A strukturált kábelezés előnye továbbá az is, hogy könnyen áttekinthető és adminisztrálható. A kábeleken belül az érpárszínezés egy adott szisztémát követ, így a rendszer építése és az esetleges hibakeresés is könnyebb.

A strukturált kábelhálózat megvalósítása drágább a hagyományos kábelrendszereknél. A prognosztizált üzem- és elévülési időn belül azonban költségtakarékosan, nagy üzembiztonsággal és rugalmassággal üzemeltethető. A kábelrendszer tervezésekor és alkalmazásakor arra kell törekedni, hogy a legtöbb rendszert ki tudja szolgálni az épületben.

A strukturált kábelhálózat tervezésének első lépése a csatlakozópontok (végpontok) számának és elhelyezésének meghatározása. A végpontok számára vonatkozóan az ajánlások 4-6 négyzetméterenként 1 iker végpont kialakítását javasolják. Ettől eltérni csak a helyiségek jelenlegi és jövőbeli funkciójának biztos ismeretében célszerű.

A végpontok száma és elhelyezése alapján lehet dönteni a hálózat csomópontjainak kialakításáról. A kivitelezés költségét és idejét a beépített UTP kábelek hossza befolyásolja. A csatlakozók fizikai elhelyezkedéséből adódóan ún. kábelezési súlypontok alakulnak ki, melyek közelébe célszerű a rack szekrényeket telepíteni. A rendezőszekrények számának és elhelyezésének megállapításakor az épület fizikai méreteit, költségtakarékos kábeltelepítési-, valamint üzemeltetési szempontokat kell figyelembe venni. A rendezőszekrényeknek jól megközelíthető, az intézmény munkáját csak a szükséges mértékben zavaró helyen kell lenniük. A hálózatot üzemeltető, vagy a javításokat, installálásokat végző szakembereknek a hálózat stratégiai elemeihez a nap bármely szakában hozzá kell tudni férniük.

A hálózati csomópontokban elhelyezkedő rendezők, valamint az őket összekötő felszálló kábelek méretezése a csomópontokhoz tartozó végpontok számának és jellegének figyelembevételével történhet.

A csavartérpáros hálózatok árnyékolatlan (UTP) vagy árnyékolt (STP) változatban épülnek. Habár az UTP hálózatok a szokásos alkalmazások esetén kielégítik a zavarsugárgátlásra és zavarérzékenységre vonatkozó szabványokat, az erős elektromágneses sugárzást létrehozó berendezések környezetében gyakrabban építenek STP hálózatokat.

A csavartérpáros hálózatok kiépítésénél alkalmazott kábelek és csatlakozóelemek az alkalmazni kívánt számítógép-hálózatok adatátviteli sebességének megfelelően választhatók. Jelenleg elsősorban az 1000 Mb/s átviteli sebességre alkalmazható CAT 5E hálózatok épülnek.

Ha a csavartérpáros hálózatot csak számítógépes alkalmazásra építik ki, akkor annak előnyei például a koaxiális kábelre alapozott Ethernet hálózattal szemben:

- A csillag topológia miatt a számítógép-hálózat egy elemének meghibásodása nem okozza az egész hálózat leállítását.
- Áttekinthetőbb struktúra, könnyebb adminisztráció.
- Egyszerűbb hibakeresés.
- Kábelhálózat-váltás nélkül lehet áttérni nagyobb átviteli sebességre, vagy más számítógép-hálózat-típusra.

- A számítógépes aktív elemek sokkal szélesebb választékban és alacsonyabb áron állnak rendelkezésre a csavartérpárhoz szükséges RJ45 csatlakozókkal, mint a koax kábelhez szükséges BNC csatlakozókkal.

V. A jelenleg működő hálózat bemutatása

A felújítás után egy strukturált, csillag topológiájú Ethernet hálózat került kialakításra. A kábelezés az eredeti építési tervekben Cat5e UTP és koax kábelrel volt tervezve, ezt az építés során sikerült Cat6 típusú UTP kábelre módosítani. Ennek következtében a jövőben a nagyobb sávszélességű eszközök (1000 Mb/s vagy több) kihasználtsága is lehetővé válhat. A hálózati eszközöket a szerver-teremben helyeztük el, melyek jelenleg 96 db gigabites és 72 db 100 Mb/s sebességű végpontot tudnak biztosítani. Az ehhez felhasznált hálózati eszközök típusai:

- TP-Link TL-SG1024 24 Portos Gigabit Ethernet Switch 4 db
- TP-Link TL-SL1226 24+2G Gigabit Switch 3 db
(24 db 100 Mb/s-os végpontot és 2 Gb/s-os végpontot tud biztosítani)

A rendezőben 24 portos Cat6 patch panelek segítségével történt meg a végpontok rendezése.

Számítógép-termek

6 informatika terem alakítottunk ki (102-107) a terveknek megfelelően egy közös folyosón. Ugyanezen a szinten került elhelyezésre a szerver-terem is. Megvalósult az az elképzelés is, hogy minden tanteremben legyen vezetékes hálózati végpont, továbbá minden egyes végpont központilag a szerver-teremben lett végződtetve.

A számítógép-termek funkciói és az elhelyezett végpontok, illetve számítógépek száma:

- 102-es és 103-as terem:*
- akkreditált ECDL vizsgaterem,
 - 17-17 számítógép (16 tanulói + 1 tanári) és hálózati nyomtató lett itt elhelyezve,
 - MS Windows 7 operációs rendszer és Office 2010 irodai programcsoport fut rajtuk.
- 104-es és 105-ös terem:*
- Cisco labor,
 - 17-17 számítógép (16 tanulói + 1 tanári) található benne,



9. ábra: A szerver-terem

- MS Windows XP operációs rendszer és Office 2003 irodai programcsoport fut rajtuk,
- mindkét teremben található egy-egy Cisco torony, melyen 3 switch és 6 router helyezkedik el.

Ezekben a termekben, a többitől eltérően a labor-jellegből adódóan egyedi, dupla kábelelés lett kialakítva minden egyes géphez – 2 UTP végpont: az egyik UTP csatlakozás az Ethernet hálózati kapcsolatot biztosítja, a másik pedig a router-ek és switch-ek programozásához szükséges konzol kapcsolat kialakítását teszi lehetővé. Az itt található számítógépek a teremben elhelyezett router-toronyban végződnek egy-egy önálló alháló-



10. ábra: A 105-ös terem

zatot alkotva, amely nem különül el az iskolai hálózattól, de ha az oktatás megköveteli, leválasztható onnan, így az iskolai hálózat működésének megzavarása nélkül végezhető minden hálózattal kapcsolatos gyakorlat. (Ezt úgy valósították meg, hogy a router-tornyot is duplikált kábelezéssel kötötték be a szerver terembe.)

- 106-os terem:*
- oktatóterem nagyobb létszámú csoportok számára,
 - 26 tanulói és 1 tanári számítógépet tartalmaz,
 - Windows XP operációs rendszer és Office 2003 fut rajtuk.
- 107-es terem:*
- az informatika oktatás mellett nyelvi laborként is funkcionál,
 - 14 tanulói és 1 tanári munkaállomás áll rendelkezésre,
 - Windows XP operációs rendszer és Office 2003 fut rajtuk.

A termék használatát a rongálások és a nem a rendeltetésnek megfelelő alkalmazások elkerülése végett az alábbiak szerint igyekszünk szabályozni:

Az informatika termék használati rendje⁸

Jelen szabályzat szerves és elválaszthatatlan része az iskola Informatikai szabályzatának. A szabályzat nem ismerése nem mentesíti a felhasználót a megsértése esetén alkalmazható szankcióktól, esetleges büntetőjogi következményei alól!

⁸ Kivonat az irodalomjegyzék 9. sz. pontjából

Az intézmény informatikai rendszerét az Iskola üzemelteti, a termek és a gépek használatára a hozzáférést az Iskola adja ki. A jelentős anyagi és szellemi értéket képviselő rendszer használatával járó kötelességeket a felhasználóknak vállalni kell, még akkor is, ha azokkal nem ért egyet.

Felhasználók jogai, kötelességei, a termekre vonatkozó előírások:

- Az eszközök használata és kezelése közben be kell tartani minden olyan előírást, amely az adott készülék vagy eszköz használati és kezelési utasításában szerepel.
- A felhasználó köteles:
 - betartani a szoftverek, dokumentumok használatára és létrehozására vonatkozó jogszabályokat,
 - betartani, a munka és tűzvédelmi előírásokat, szabályokat,
 - az eszközök meghibásodását, az észlelt sérüléseket azonnal jelenteni a tanárnak,
 - betartani a felügyelő személy utasításait.
- Tilos az eszközök közelében, így a teremben ételt, italt fogyasztani, tárolni!
- Tilos az eszközöket és azok részeit áthelyezni, mozgatni, burkolatukat, csatlakozásait megbontani!
- Tilos a számítógépekre a telepített szoftvereken kívül bármilyen más szoftvert telepíteni vagy eltávolítani!
- Tilos a Rendszergazda tudta nélkül bármilyen külső programot futtatni.
- Tilos a „C” meghajtóról bármit törölni.
- Tilos nagyméretű állományokat (>100MB) a gépeken elhelyezni, a szerverre feltölteni, nagyméretű fájlokat az Internetről le illetve feltölteni.
- Tilos a gépek konfigurációs beállításait és az operációs rendszer beállításait módosítani, „személyre szabni”.
- Tilos bármilyen külső hardvert, adathordozót a gépekhez csatlakoztatni engedély nélkül. Erre engedélyt a Rendszergazda vagy a felügyelő személy adhat.
- Tilos bármilyen jogszabályba ütköző cselekményt folytatni.
- Tilos a hálózatot szükségtelenül terhelni. (Torrent, p2p kapcsolat, FTP, stb..)
- A teremben a felhasználók, diákok csak felügyelet mellett tartózkodhatnak. Felügyelő személynek a tanárok és a rendszergazda minősül.
- A felügyelő személy köteles a felhasználók tevékenységét ellenőrizni, a terem használati rendjét betartatni.

- Tilos a terembe táskát bevinni, szemetelni, firkálni, rongálni. Ha bárki ilyen tevékenységet észlel, azonnal köteles jelenteni a felügyelő tanárnak.
- A szándékos károkozás, jelszóval való visszaélés, vírusfertőzés előidézése esetén az elkövetőt kitiltjuk a felhasználók közül, illetve fegyelmi eljárást indítunk ellene.
- Tilos a teremben a mobiltelefon használata, annak kikapcsolt állapotban kell lennie.
- Tilos a teremben külön engedély nélkül bármilyen, nem az Iskola tulajdonában lévő számítástechnikai eszköz (laptop, PDA, stb..) használata, annak az informatikai rendszerre történő csatlakoztatása, akár vezetékes, akár vezeték nélküli hálózaton keresztül.
- Az óra vagy foglalkozás végén a felügyelő személy köteles ellenőrizni a teremben lévő eszközöket, azok kikapcsolt állapotát. Ha a felügyelő személy elhagyta a termet, az ajtót be kell zárni.
- A rendszergazda karbantartás vagy hibaelhárítás céljából, illetve a hálózat normális működése érdekében bármikor, bármelyik gépet igénybe veheti, sürgős esetben az ott folyó munkát megzavarhatja.
- A rendszergazda a gépekről előzetes figyelmeztetés nélkül eltávolíthatja az oda nem tartozó programokat, adatokat, megváltoztathatja a beállításokat.
- Ha a termet nem informatikai oktatásra használják, a teremhasználati rend betartása ez esetben is kötelező mind a diákokra, mind az órát tartó tanárra nézve.

Sajnos ezt a teremszabályzatot az előző évek rossz tapasztalatai miatt kellett létrehozunk, s betartására nagy figyelmet fordítunk.

Hálózati kiszolgálók

A hálózat működését jelenleg 5 szerver felügyeli.

1.) ITAK webserver: HP ProLiant ML110 G6 típusú

- Intel Pentium G6950 CPU (2 magos, 2,8 GHz)
- 2 GB DDR3 RAM
- 160 GB HDD
- gigabites LAN csatlakozó
- Linux Ubuntu szerver operációs rendszer



Feladata: a digitális középiskola Integrált Tanulási és Adminisztrációs Környezetének (ITAK) központja, azaz a diákok számára a tananyagot, a tutorok(= tanárok) számára az adminisztrációs felületet biztosítja.

2.) PDC szerver (Primary Domain Controller): Fujitsu Siemens Primergy TX100 S1 típusú

- Intel Xeon x3220 2,4 GHz CPU (4 magos)
- 4 GB DDR3 RAM
- 2*500 HDD RAID1
- gigabites LAN csatlakozó
- Windows Server 2008 R2 Standard (64 bites) operációs rendszer



- Feladatai:
- Fő tartományvezérlő (Active Directory): a hálózat minden egyes publikált erőforrásának egy helyben történő adminisztrálási lehetőségét nyújtja, amibe beleértendők a fájlok és megosztások, perifériák, gép-kapcsolatok, adatbázisok, felhasználók, csoportok és egyéb tetszőleges objektumok és szolgáltatások.
 - DNS szerver: komplett névfeloldás a feladata (NetBIOS).
 - WINS szerver: a Windows-os munkacsoportos névfeloldás központi nyilvántartásáért felelős.
 - DHCP szerver
 - Levelező kiszolgáló
 - Központi vírusvédelem biztosítása: Kaspersky Antivirus for Windows Server.
 - Kaspersky Antivirus Update Server: feladata a vírus-adatbázis frissítésének rendszeres letöltése (ezt központosítja, ezáltal nagymértékben csökkenti az Internet-forgalmat).

3.) **SDC szerver** (Secondary Domain Controller) paraméterei:

- Intel Pentium Core 2 Duo E8400 CPU
- 4 GB RAM
- 500 GB HDD
- gigabites LAN csatlakozó
- Windows Server 2008 R2 Standard (64 bites) operációs rendszer

Feladata: tartalék tartományvezérlő – az elsődleges meghibásodása esetén átveszi a fő működési feladatokat (Active Directory, DNS, DHCP), így a hálózat folyamatos üzemképességét biztosítja.

- ### 4.) **SAMBA fájlserver:** DELL PowerEdge SC420 (korábbi tűzfal és proxy szerver) – a paraméterei változatlanul maradtak, Linux Ubuntu operációs rendszer fut rajta.



Feladata: csak mint Samba File Server üzemel, a korábbi fájlserveren elhelyezett adatok elérését biztosítja.

5.) **ISA szerver** paraméterei:

- Intel Pentium 3 GHz CPU
- 2 GB RAM
- 160 GB HDD
- 2 db gigabites LAN csatlakozó
- Windows Server 2003 R2 operációs rendszer, ISA Server 2006 fut rajta.

Feladatai:

- tűzfal
- NAT címfordítás
- sávszélesség korlátozás
- proxy szerver
- VPN szerver

A tartományvezérlővel összhangban dolgozik, az Internet-kapcsolathoz történő hozzáférést szabályozza. Mivel a tartomány tagja, így a felhasználók hitelesítését a PDC-ről és az SDC-ről lekérdezve tudja végrehajtani. Ezzel lehetővé válik a felhasználói szintű forgalomszabályozás. A VPN, azaz virtuális magánhálózat kiszolgáló segítségével a megfelelő jogosultságú felhasználók otthonról is elérhetik az iskola belső hálózatát.

A szerverek folyamatos működését egy 750, egy 650 és egy 550 wattos APC szünetmentes tápegység biztosítja.

Internet-elérés

Mindkét Internet-kapcsolat megmaradt, de a T-Comost kibővítettük nagyobb, 15 Mb/s sebességűre. A Sulinetes kapcsolatnál ugyanazok az elérést megvalósító eszközök lettek beépítve, a T-Comosnál csak a D-Link modem maradt.

Mivel az új hálózat kialakításánál elsődleges szempont a hálózat megosztásának megszüntetése volt, ezért a meglévő két Internet kapcsolatunkat egy új terhelésmegosztó routerrel (TP-Link TL-R488T) fogtuk össze. Ez 4 WAN portot és 1 LAN portot tartalmaz, segítségével akár 4 Internet csatlakozás is integrálható, amelyek között terheléelosztással szabályozza a forgalmat. Segítségével az Internet rendelkezésre állása jelentősen megnövekedett, hiszen bármely kapcsolat megszakadása esetén a többire irányítja a forgalmat (ebből a



felhasználók csak esetleges lassulást tapasztalhatnak). A router feladata még a T-Comos be-tárcsázás elvégzése, ezzel felváltotta a régi Linksys router szerepét.

További előnye még ennek a megoldásnak, hogy mivel egy oktatási intézmény vagyunk, a különböző Microsoft termékeket a Sulinetes közhálón kell licenszelni és aktiválni, így az intézmény összes számítógépe kapcsolatban tud állni a Sulinetes kulcsszerverekkel (először a Windows 7-nél és az Office 2010-nél jelentkezett ez a licenszelési mód).

A Sulinet felől statikus IP-címzéssel érkezik az Internet, a T-Comosnál DHCP-vel kiosztott fix IP-címek vannak.

Mivel az iskolánkban digitális középiskola is működik, ezért üzemeltetnünk kell egy publikus webszervert is (ITAK: <http://edg.apertus.hu>). Ezt a webszervert az Internet felől mindenkinek elérhetővé kellett tenni, továbbá az iskolai belső hálózatról is biztosítani kellett az elérhetőségét anélkül, hogy az Internet-kapcsolatot igénybe vennénk. Ez indokolta a DMZ (demilitarized zone) létrehozását, amihez egy Linksys WRT54GL router lett beüzemelve.

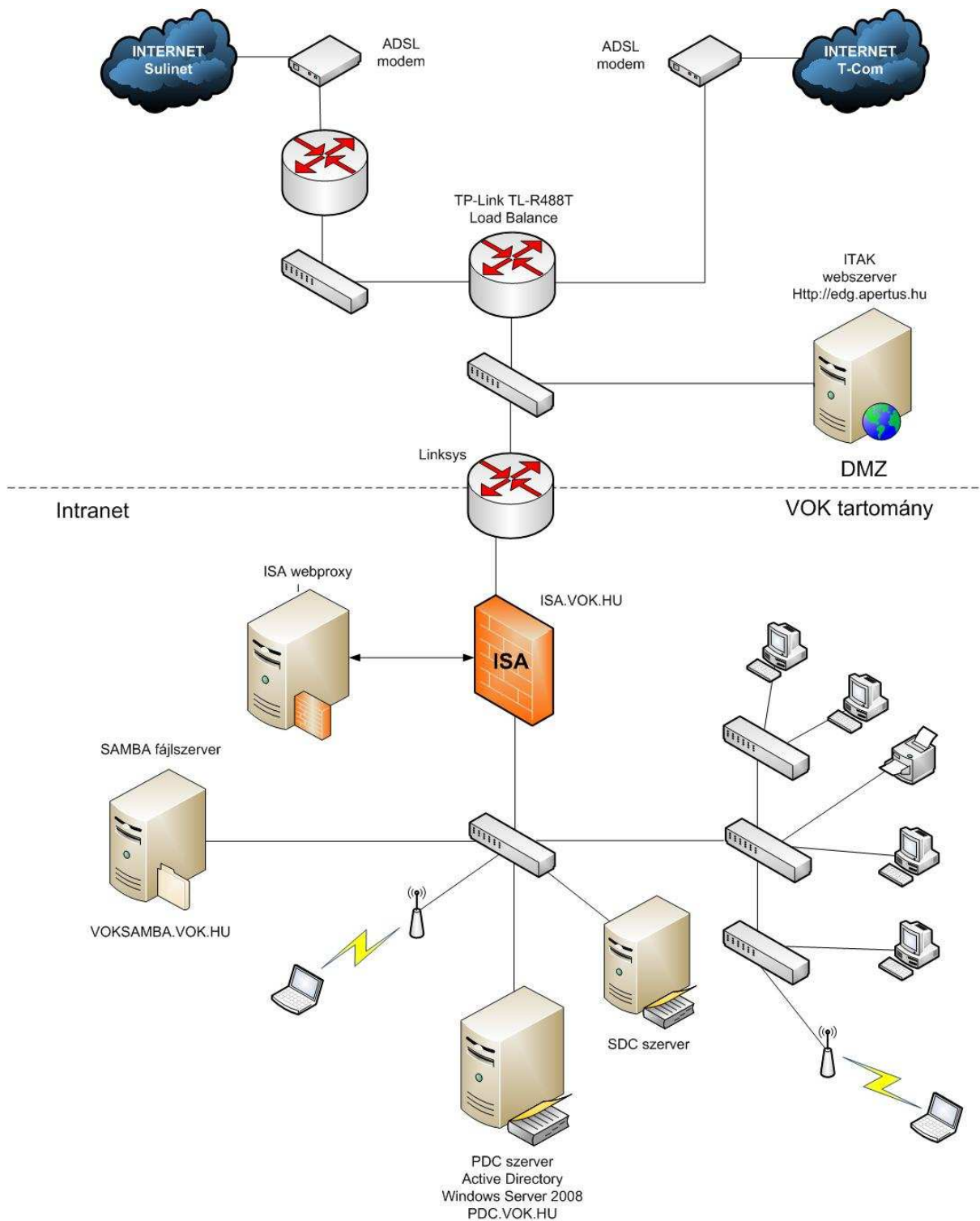
A demilitarizált zóna az a terület, amely a belső és a külső hálózat – rendszerint az Internet – között helyezkedik el és az Internet felől érkező felhasználók számára hozzáférhető kiszolgálókat tárolja. Ezen túl a védett, belső hálózatba irányuló forgalmat tűzfalakkal lehet megsűrni, amelyek a fokozott védelmet igénylő területek elérésének korlátozására használhatók – elkülönítik és védik a kiszolgálókon elhelyezett erőforrásokat a szervezeten kívüli felhasználóktól, megakadályozzák a külső és belső véletlenszerű vagy akár rosszindulatú támadásoktól. Általában a belső eszközök meghatározott kéréseire érkező válaszokat engedik be a belső hálózatba.

A Linksys router tehát az Internet felől láthatatlanná teszi a belső hálózatot (NAT címfordítást végez), a belső LAN portja csatlakozik az ISA szerver külső LAN portjához.

Telefonhálózat

Az intézmény régi hálózatának nem volt része a telefonhálózat, egy önálló rendszer volt kiépítve, ami akkor a gazdasági irodában elhelyezett telefonközpontba csatlakozott. Az újonnan kiépített strukturált hálózatnál a telefonközpont is a szerver-teremben kapott helyet. A telefonközpont vonalai a központi rendezőn vannak kivezetve, a helyiségekben elhelyezett telefonkészülékek csatlakoztatásához a strukturált hálózat vezetékeit használjuk. Mivel a hálózat kialakításánál az elsődleges szempontok között volt az is, hogy minden helyiségben legyen végpont és ezek is a központi rendezőn vannak végződötve, így igény esetén az intézmény bármely helyiségébe biztosítható telefonvonal.

A jelenleg működő informatikai hálózat logikai struktúrája:



11. ábra: A működő hálózat logikai felépítése

A kiosztott IP-címek a következők:

A Sulinetes és a T-Comos Internet nyilvános IP-címei, alhálózati maszkjai, alapértelmezett átjárójának, illetve elsődleges és másodlagos DNS kiszolgálójának IP-címei a korábbi hálózatnak megfelelően változatlanul megmaradtak.

A hálózati eszközök által használt IP-címek a következők:

TP-Link TL-R488T router hálózat felé eső port: 192.168.1.5 /24

Linksys router:

- külső port: 192.168.1.100 /24
- belső port: 192.168.0.1 /24
- alapértelmezett átjáró: 192.168.1.5 /24
- DNS kiszolgáló: külső szolgáltató DNS címei (4 db)

ISA tűzfal (webproxy):

- külső port: 192.168.0.2 /24
- belső port: 172.16.0.2 /16
- alapértelmezett átjáró: nincs (ne keressen Internetet)
- DNS kiszolgáló: 172.16.0.1 /16 (PDC szerver)

SAMBA fájlserver:

- IP-címe: 172.16.0.3 /16
- alapértelmezett átjáró: 172.16.0.2 /16
- DNS kiszolgáló: 172.16.0.1 /16 (PDC szerver)

PDC szerver:

- IP-címe: 172.16.0.1 /16
- alapértelmezett átjáró: 172.16.0.2 /16
- DNS kiszolgáló: local host

SDC szerver:

- IP-címe: 172.16.0.4 /16
- alapértelmezett átjáró: 172.16.0.2 /16
- DNS kiszolgáló: 172.16.0.1 /16 (PDC szerver) vagy saját maga, ha átveszi a PDC szerepét

ITAK webszerver:

- IP-címe – külső: 81.183.230.231
- IP-címe – belső: 192.168.1.3

- alapértelmezett átjáró: 192.168.1.5
- DNS kiszolgáló: 84.2.44.1, 84.2.46.1 (T-Com)

DHCP által (PDC szerver) a belső hálózatban kiosztott IP-címek: 172.16.1.0 – 172.16.1.255

A másodlagos tartományvezérlőn üzemelő DHCP szerver a 172.16.2.0 – 172.16.2.255 közötti címeket osztja ki.

A VPN kliensekhez a DHCP szerver a 172.16.3.0-s tartományból fix IP-címeket rendel.

Vezeték nélküli hálózat

A terveknek megfelelően sikerült a vezeték nélküli hálózati lefedettséget az egész épületre biztosítani úgy, hogy négy hozzáférési pontot létesítettünk az épületen belül. A biztonság érdekében WPA2 titkosítást állítottunk be (dinamikus kulcsokat használva). A beállított jelszó a bonyolultsági szabályoknak megfelelő, ami nem nyilvános, csak az arra jogosultak használhatják (az iskola diákjai nem).

Felhasználói jogosultságok, hozzáférések a hálózatban

A teljes belső hálózat egy önálló tartományként üzemel, melynek munkáját a PDC (leállása esetén az SDC) vezérli. A tartományban központi adminisztráció van, a hálózatban működő összes eszköz, illetve az ott dolgozó felhasználók fiókjait a tartományvezérlők adminisztrálják. Szervezeti egységek vannak létrehozva, a különböző felhasználók és a számítógépek ezekbe vannak besorolva (a felépítése hasonló egy könyvtárszerkezethez). A különböző felhasználói fiókok csoportokhoz vannak hozzáadva, a különféle felhasználói és hozzáférhetőségi jogok ezekhez a csoportokhoz vannak hozzárendelve. Például a következő csoportok vannak az alábbi jogosultságokkal:

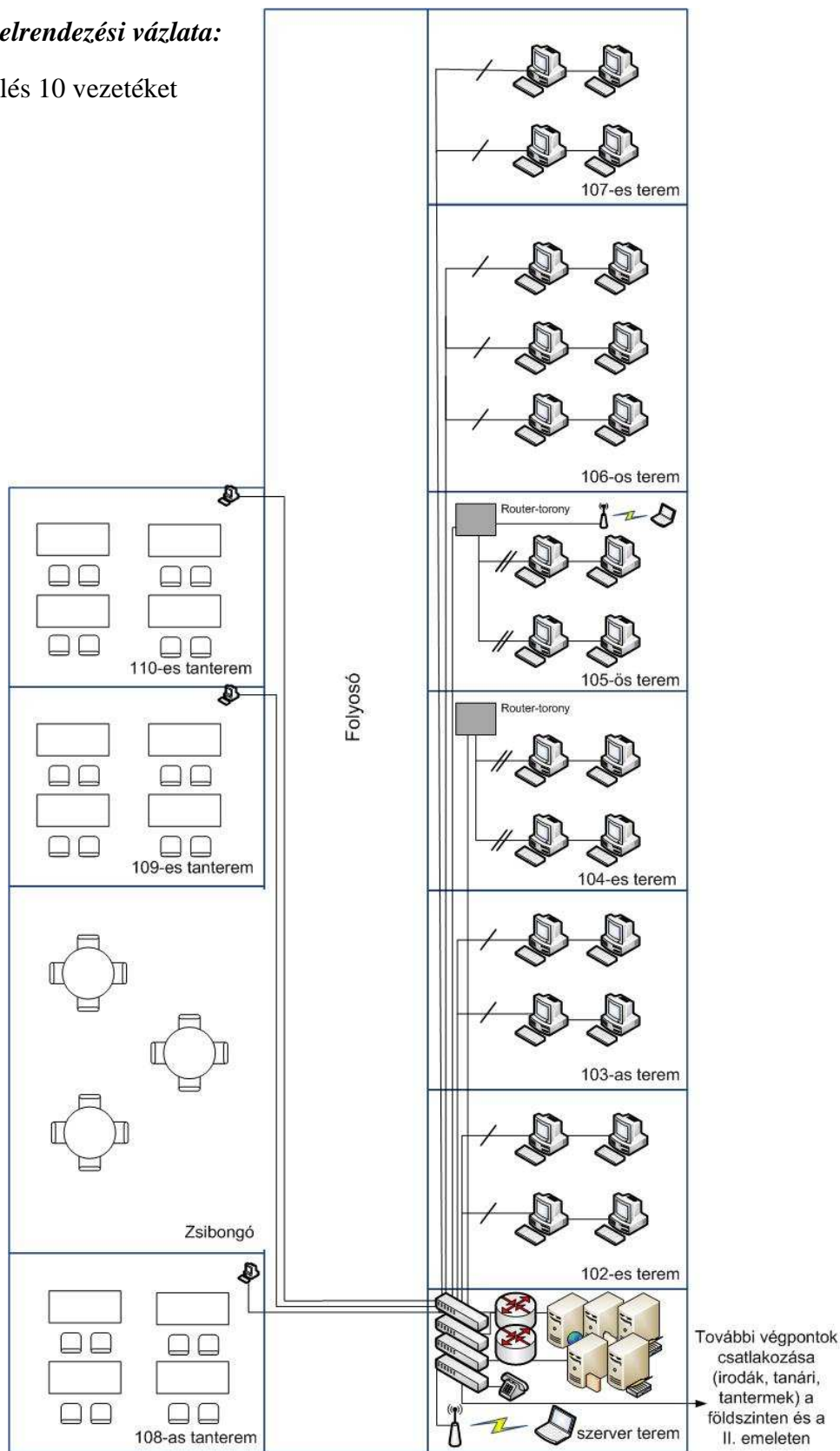
- korlátlan Internet funkciója a korlátlan Internet használat,
- tanárok hozzáférés a tanárok megosztásaihoz,
- tanulók korlátolt Internet használat és hozzáférés a tanulói megosztásokhoz,
- rendszergazdák tagjai korlátlan hozzáféréssel rendelkeznek a hálózat összes számítógépéhez és felhasználói fiókjához.

Léteznek különböző csoport-házirendek, melyek a különféle szervezeti egységekhez vannak hozzárendelve. Ezek szabályozzák a felhasználók tevékenységét az adott számítógépen, segítségükkel irányítható például az, hogy egy adott felhasználó egy adott munkaállomás milyen erőforrásait használhatja. A Windows Server 2008-ban léteznek alapértelmezett házirendek,

melyeket a rendszergazda a körülményeknek megfelelően módosíthat. Általában van egy alap, ami mindenkire vonatkozik, s ezen belül lehet további korlátozásokat megadni.

A hálózat fizikai elrendezési vázlat:

(Az ábrán a / jelölés 10 vezetékét szimbolizálja.)

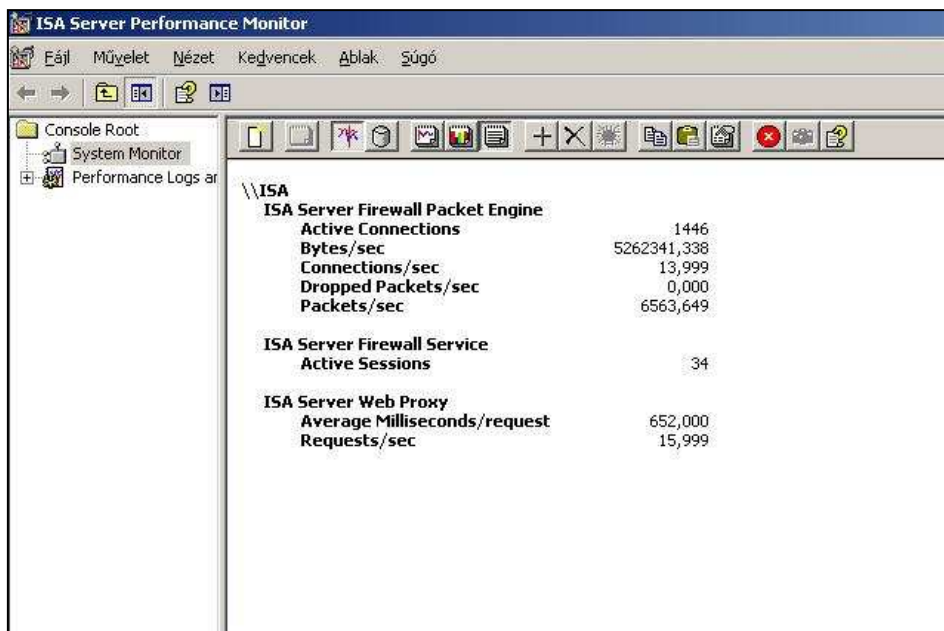


12. ábra: A működő hálózat központi részének fizikai váza

A hálózat tesztelése

Az elkészült hálózat műszaki átvétele során ellenőrizték, hogy a telepítés megfelel-e a meghatározott adatátviteli kategória szabványban rögzített előírásainak, melyet a fenntartó felé a kivitelező tájékoztatásunk szerint mérési jegyzőkönyvvel igazolt. Ezt a vizsgálatot hordozható kábel-analizátorral végrehajtott mérésekkel végezték és megállapították, hogy a telepítés minősége megfelel a műszaki követelményeknek.

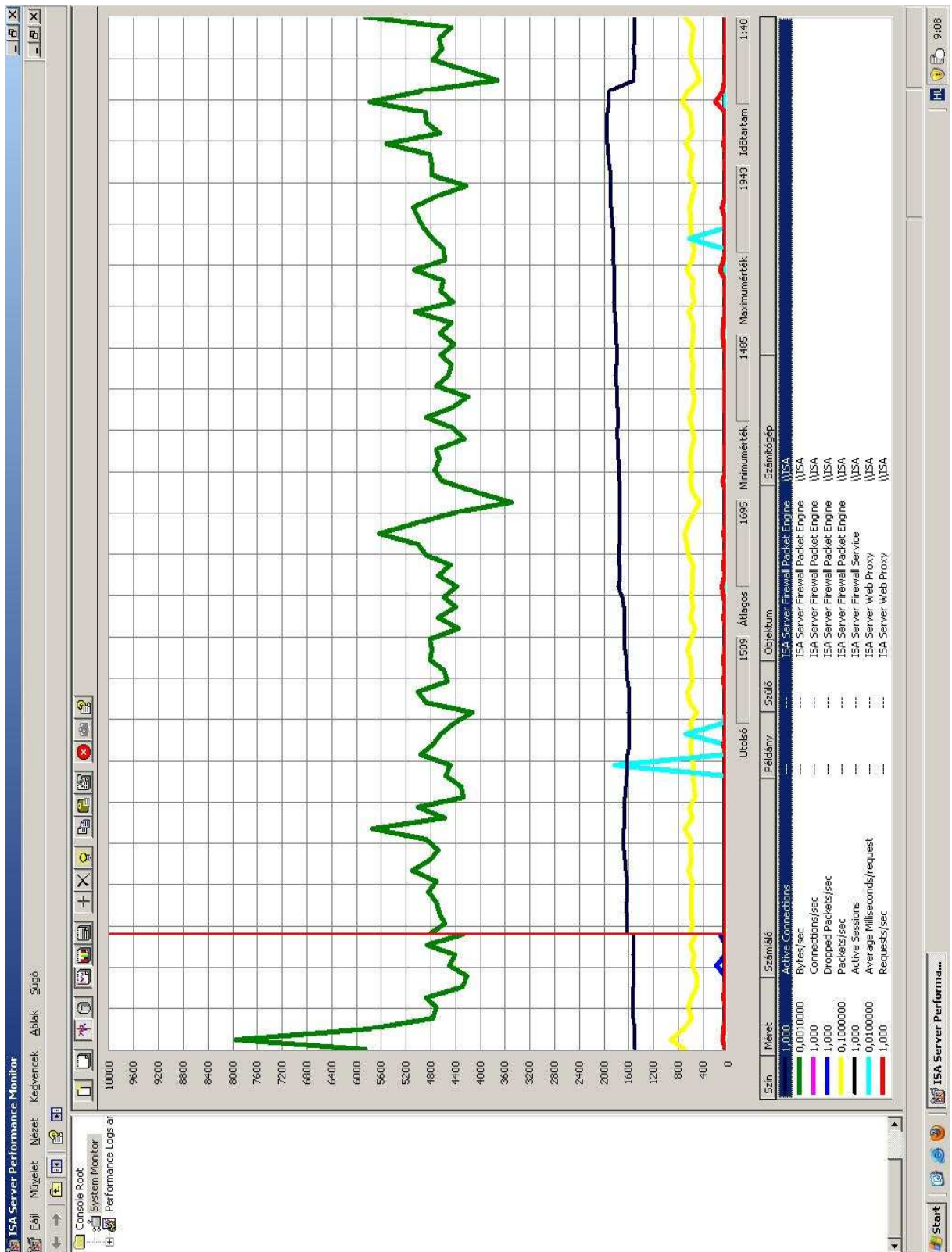
A hálózati eszközök beüzemelése során minden egyes végpont elérhetőségét UTP kábelteszterrel (Fluke MicroScanner Pro) ellenőriztük. A hálózat üzembe helyezése után szűrőpróbaszerűen adatátviteli tesztelést is végeztünk, ezzel a tényleges sávszélességet vizsgáltuk. Ezt egy nagyméretű fájl hálózaton történő mozgatásával oldottuk meg és az elvárásoknak megfelelő átviteli sebességet tapasztaltunk. Az Internet-kapcsolatot különböző végpontokról web-alapú sávszélesség méréssel (speedtest.net) teszteltük, mely alapján megállapítottuk, hogy a szolgáltató által biztosított sebesség rendelkezésre áll minden végpontnál. Működés közben azóta is különböző programok segítségével vizsgáljuk a hálózat terheltségét és igyekszünk szoftveres beállításokkal optimálisan tartani a hálózat működését. Ilyen szoftver például az ISA Server-be beépített Performance Monitor, mely segítségével visszajelzést kapunk az Interneten zajló adatforgalomról:



The screenshot shows the ISA Server Performance Monitor console. The left pane displays the console tree with 'Console Root', 'System Monitor', and 'Performance Logs ar'. The main pane shows performance data for the ISA server:

\\ISA	
ISA Server Firewall Packet Engine	
Active Connections	1446
Bytes/sec	5262341,338
Connections/sec	13,999
Dropped Packets/sec	0,000
Packets/sec	6563,649
ISA Server Firewall Service	
Active Sessions	34
ISA Server Web Proxy	
Average Milliseconds/request	652,000
Requests/sec	15,999

13. ábra: Az ISA Server Performance Monitor által készített jelentés a hálózati forgalomról



14. ábra: Az ISA Server Performance Monitor által készített grafikon az Internetes kapcsolatokról, adatforgalomról

A vezeték nélküli hálózat lefedettségének mérésére különleges, célirányú eszköz nem áll rendelkezésünkre, annak működését statikusan vizsgáltuk. Az épület különböző részeiben hordozható eszköz (laptop) segítségével ellenőriztük a kapcsolat felépítését és minőségét. Eredménye: az épület minden egyes helységében legalább jó közepes minőségű vezeték nélküli csatlakozás áll rendelkezésre.

VI. A hálózat továbbfejlesztésének lehetőségei

Egy jól megtervezett, újonnan kialakított hálózat esetén a továbbfejlesztés lehetőségei szűkösek, hiszen a korszerűsítés során törekedtünk arra, hogy a hálózattal szemben elvárt követelményeket a lehetőségekhez mérten maximálisan teljesítsük. Ennek megfelelően alakítottuk ki a strukturált hálózatot, amely mindazon elvárásoknak megfelel, ami egy iskolai környezetben a hálózattal szemben előfordulhat. Persze ennek ellenére a fejlesztésre adódik mindig lehetőség, hiszen a korszerűsítés során a meglévő hálózati eszközök, számítógépek teljes cseréjére anyagi korlátok miatt nem volt lehetőség, így ezekkel az eszközökkel a hálózat a nagyobb teljesítményre nem képes.

A hálózati eszközök beszerzése és a kábelhálózat kiépítése csak a korszerűsítési folyamat kezdetét jelentik. A hálózatoknak emellett megbízhatóknak és folyamatosan rendelkezésre állóknak kell lenniük. A megbízhatóság redundáns hálózati összetevők, például egy helyett két forgalomirányító használatával, megvalósítható. Ebben az esetben alternatív útvonalak jönnek létre, így ha az egyik forgalomirányító esetében problémák lépnek fel, az adatok egy másik útvonalon juthatnak el a célállomáshoz. A megbízhatóság növelése nagyobb rendelkezésre állást is biztosít. A hálózat megbízhatóságát a hibatűrő képesség kialakításával is javíthatjuk. A hibatűrő rendszerek tartozékai a szünetmentes tápegységek (nálunk ezek beépítésre kerültek), a redundáns váltakozó áramú tápegységek, a menet közben cserélhető eszközök, a kettőzött illesztőkártyák és a tartalék rendszerek. Amikor valamelyik eszköz meghibásodik, a redundáns vagy tartalék rendszer átveszi a meghibásodott eszköz szerepkörét, hogy a megbízhatóság lehető legkisebb mértékben sérüljön. A hibatűrő rendszerek közé tartoznak a tartalék kommunikációs kapcsolatok is.

A mi hálózatunkat jelenleg két irányban szeretnénk továbbfejlesztetni:

1.) Az *Internet kapcsolat sávszélessége*

Elsősorban a feltöltési sávszélességünk alacsony (2 Mb/s). Ezen probléma elhárításának jelenleg technikai akadálya van, amely a szolgáltató részéről jelentkezik: a T-Comnak helyileg nincsenek meg a megfelelő eszközei, mellyel nagyobb sávszélességet tudnának biztosítani. Egyeztetést folytattunk velük optikai kábel esetleges kiépítéséről, amivel nagyságrendekkel meg lehetne növelni (akár 10-szeresére) a sávszélességet. Ez a tanulói létszám növekedésével, a mindennapos Internet-használat elterjedésével, az egyre nagyobb információ

mennyiség mozgatásával mihamarabb szükségessé válik. Egyelőre a megoldás a szolgáltató fejlesztésére vár.

2.) *Teljes Gigabit Ethernet hálózatra való áttérés a belső hálózatban*

A strukturált hálózat alkalmas erre, a kapcsoló eszközök nagyobb része szintén. A megvalósításhoz az alacsonyabb sávszélességű eszközök cseréjére lenne szükség, illetve a számítógéppark korszerűsítésénél is figyelembe kell venni, hogy az új számítógépek alkalmasak legyenek a gigabites sávszélességre. Jelenleg csak néhány van ilyen. Sajnos a legutolsó beszerzésnél erre nem figyeltek oda, így a legújabb gépeink csak 100 Mb/s sebességre képesek, mely gépeknél megoldást az utólagos gigabites hálózati kártya beépítése jelenthet (ez a többi, gigabites hálózati kártyával nem rendelkező gépnél is szóba jöhet). Ez jelenleg az anyagi vonzata miatt kivitelezhetetlen.

A sávszélesség problémához kapcsolódik az ITAK webszerver elhelyezésének kérdése is, hiszen szolgáltatnunk kell, de az alacsony feltöltési sávszélesség miatt nagyobb létszámú látogató esetén (például vizsgaidőszakban, amikor szinte minden digitális középiskolai hallgató tanulmányozza a tananyagot) lassúvá, akadozóvá válik az elérése. Erre jelenleg egy megoldás mutatkozik: az ITAK webszerver szerverfarmon történő elhelyezése. A szerverfarm, szerverhotel vagy szerver hoszting szolgáltatás megoldást kínál azok számára, akik - tetszőleges típusú - saját szerverrel rendelkeznek, de a biztonságos elhelyezést, állandó felügyeletet, folyamatos, villámgyors kapcsolatot viszont már nem tudják garantálni. A külső szolgáltató által biztosított szerverfarmon a működtetéshez megfelelő üzemeltetési körülményeket kínálnak az ott elhelyezett szerverek számára:

- A szerverek működéséhez minden szempontból optimális körülményeket, szünetmentes áramellátást, stabil rendelkezésre állást és állandó, nagysebességű internetkapcsolatot biztosítanak.
- A szerverek elhelyezése légkondicionált, por- és páramentes környezetben történik.
- A géptermekekben lehetőséget biztosítanak a PC-házaz és rack szekrényes szerverek elhelyezésére, valamint ha szükséges, akár ráccsal elkerített, privát terület bérlésére (co-location) is.
- A szervertermek biztonságáról portaszolgálat, belépőkártyás azonosító- és video megfigyelőrendszer gondoskodik – megakadályozva az illetéktelenektől való hozzáférést.
- A szerverekhez történő hozzáférést a hét minden napján, napi 24 órában biztosítják.
- A szerverek működését operátorok napi 24 órában felügyelik.

Ezáltal akár a 100 Mb/s feltöltési sebesség is megvalósulhatna az ITAK webservertől. Ilyen lehetőséget számunkra Miskolcon lehetne igénybe venni, ha a szükséges pénzügyi fedezettel rendelkeznénk. Ezt pályázati pénzből csak részben tudjuk megteremteni, a kiegészítésére egyelőre nincs mód.

VII. Összegzés

A néhány hónapos használat tapasztalatai alapján elmondható, hogy a jelenleg működő iskolai hálózatunk a kor színvonalának megfelelő, stabilan, jól funkcionál, átlátható és a strukturáltság következtében könnyen módosítható, továbbfejleszhető. Beváltotta a hozzáfűzött reményeket, mind a diákok, mind a tanárok és az iskola technikai dolgozói elégedettek a használata során, megszűntek a napi szinten felmerülő hálózati problémák, amelyek korábban megkeserítették az életünket. Ez természetesen köszönhető a rendszergazdának is, aki szaktudásával, hozzáértésével, több éves szakmai tapasztalatával, rugalmas hozzáállásával, gyakorlatias szemléletmódjával részt vett a hálózat megtervezésében, kiépítésében, illetve nap mint nap az üzemeltetési feladatokat is ellátja. Készségesen áll a felhasználók rendelkezésére és a felvetődő problémákat minden esetben kezeli.

VIII. Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik hozzájárultak a dolgozatom elkészítéséhez: témavezetőmnek, dr. Almási Béla egyetemi docensnek a segítségét és útmutatásait, továbbá Nagy Attilának, az edelényi Városi Oktatási Központ rendszergazdájának, aki nagy szakértelemmel és türelemmel hozzájárult szakdolgozatom tartalmi részének kivitelezéséhez. Hálával tartozom azon kollégáimnak is, akik támogatást nyújtottak abban, hogy dolgozatom nyelvileg helyesen megírt, jól fogalmazott, választékosan kifejezett legyen.

IX. Irodalomjegyzék

1. Andrew S. Tanenbaum: Számítógép-hálózatok, Panem Könyvkiadó Kft. 2004
2. Dr. Békési József, Róde Péter: Hálózati ismeretek, Műszaki Könyvkiadó 2003
3. RFC 1918 dokumentum: Address Allocation for Private Internets, Silicon Graphics, Inc. 1996
4. RFC 3022 dokumentum: Traditional IP Network Address Translator, Intel Corporation 2001
5. RFC 2131 dokumentum: Dynamic Host Configuration Protocol, Bucknell University 1997
6. RFC 1034 dokumentum: Domain Names – Concepts and Facilities, ISI 1987
7. CCNA Discovery 4.0 tananyag Otthoni és kisvállalati hálózatok kezelése című kurzusa, Cisco Systems, Inc. 2007-2008
8. http://www.szgti.bmf.hu/~zbalogh/tav/telepites/strukturalt_kabelhalozatok.pdf
9. A Városi Oktatási Központ Házirendje