

Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky

Katedra informačního a znalostního inženýrství



Budování a využívání menších počítačových sítí

Bakalářská práce

2016

Autor práce: Marek Kyzivát

Vedoucí práce: PhDr. Otakar Pinkas

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Budování a využívání menších počítačových sítí vypracoval samostatně. Použitou literaturu a další podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze dne

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval panu PhDr. Otakaru Pinkasovi za vedení této bakalářské práce a jeho vstřícnost. Dále bych rád poděkoval svému příteli Bc. Bohumilu Pocovi za poskytnutí rad a předání zkušeností využitých v této práci a cenných i pro budoucnost.

Abstrakt

Práce popisuje původní stav počítačové sítě Základní školy a Mateřské školy Ohradní (ZŠMŠ Ohradní) v Praze 4 a následně její rekonstrukci, na které jsem se z velké části podílel. ZŠMŠ Ohradní se skládá ze čtyř pavilonů a z jedné budovy na druhé straně ulice. Cílem této práce je zhodnotit původní stav sítě a poukázat na nedostatky, které jsme zjistili. Nedostatky jsme odhalili zátěžovými testy v provozu, měřeními datové kabeláže a celkovou analýzou. Původní síť měla přenosovou rychlost pouze 100Mb/s. Spolu s kolegou Pocem jsem správcem této sítě.

Dále představím novou podobu sítě, která má zjištěné nedostatky napravit a zároveň poskytnout nové možnosti na základě novějších technologií. Popíši její strukturu, adresní rozdělení, aktivní a pasivní prvky, a nakonec provozované služby. Nová síť disponuje připojením 1Gb/s a v brzké budoucnosti bude páteř sítě dosahovat rychlosti 10Gb/s.

Přínosem rekonstrukce je rychlejší, stabilnější a modernější síť, která usnadní práci zaměstnancům ZŠMŠ Ohradní. K celkovému zlepšení sítě jsem přispěl hlavně měřeními. Podílel jsem se na návrhu a realizaci nové podoby datové sítě. Spolupracoval jsem s kolegou Pocem na konfiguraci aktivních prvků a síťových služeb rekonstruované sítě.

Klíčová slova

Počítačová síť, bezdrátová síť, síťové služby, zabezpečení, server, úložiště, active directory, dhcp

Abstract

The thesis describes the initial state of the computer network Basic Schools and Kindergartens Ohradní (ZŠMŠ Ohradní) in Prague 4 and then its reconstruction, which I largely contributed. ZŠMŠ Ohradní consists of four pavilions and from one building on the other side of the street. The aim of this study is to assess the initial state of the network and point out the shortcomings that we discovered. We found deficiencies in the operation stress tests, measurements and data cabling overall analysis. Original networks connectivity was 100Mb/s. Together with a colleague, we are network administrators.

Furthermore, I am going to introduce a new form of network, which has identified deficiencies improved, by using on newer technologies. I will describe its structure, address allocation, active and passive components, and operated services. New network is capable of 1Gb/s, and its spine is going to be 10Gb/s soon.

Benefits of this reconstruction is faster, more stable and more modern network that will facilitate the work of employees of ZŠMŠ Ohradní. To these improvements, I have mainly contributed by measurements. I participated in the design and implementation of new form of data network. I collaborated with fellow Poc to the configuration of active elements and network services in reconstructed network.

Keywords

Computer network, wireless network, network services, security, server, storage, active directory, dhcp

Obsah

ÚVOD	1
1. POPIS BUDOV ZÁKLADNÍ A MATEŘSKÉ ŠKOLY	2
1.1 POPIS BUDOVY ZÁKLADNÍ ŠKOLY	2
1.2 POPIS BUDOVY MATEŘSKÉ ŠKOLY	3
2. POPIS PŮVODNÍ SÍTĚ	3
2.1 FYZICKÁ TOPOLOGIE SÍTĚ	4
2.2 ADRESACE SÍTĚ	4
2.2.1 Učitelská síť	5
2.2.2 Žákovská síť	5
2.3 AKTIVNÍ PRVKY	5
2.3.1 Směrovače	5
2.3.2 Přepínače	5
2.4 PASIVNÍ PRVKY	6
2.5 SERVER	7
2.5.1 Hardware	7
2.5.2 Operační systém	8
2.6 KONCOVÉ STANICE	8
2.6.1 Stanice učitelů	8
2.6.2 Stanice přístupné žákům	9
2.6.3 Zabezpečení koncových stanic	9
2.7 SOFTWARE VYBAVENÍ	9
2.8 TISK	9
2.9 PŘIPOJENÍ K INTERNETU	9
2.10 ZPĚTNÁ VAZBA UŽIVATELŮ	10
2.11 SHRNUTÍ	10
3. POPIS REKONSTRUOVANÉ SÍTĚ	10
3.1 POŽADAVKY ZÁKAZNÍKA	10
3.1.1 Připojení k internetu	10
3.1.2 Koncové stanice	10
3.1.3 Softwarové vybavení	10
3.1.4 Efektivní využití sítě	11
3.1.5 Tisk	11
3.1.6 Wi-Fi	11
3.2 ŘEMESLNÉ PRÁCE	11
3.3 FYZICKÁ TOPOLOGIE SÍTĚ	12
3.4 ADRESACE SÍTĚ	12
3.4.1 Lokální síť (LAN)	12

3.4.2	<i>Virtuální lokální síť (VLAN)</i>	13
3.4.3	<i>MERAKI síť</i>	14
3.4.4	<i>Připojení k internetu</i>	14
3.5	AKTIVNÍ PRVKY	14
3.5.1	<i>Směrovač</i>	14
3.5.2	<i>Firewall</i>	15
3.5.3	<i>Přepínače</i>	16
3.5.4	<i>WiFi můstek</i>	18
3.5.5	<i>Přístupové body</i>	19
3.6	PASIVNÍ PRVKY	21
3.7	SERVER	21
3.7.1	<i>Hardware</i>	21
3.7.2	<i>Virtualizace</i>	22
3.7.3	<i>Virtualizované operační systémy</i>	23
3.8	KONCOVÉ STANICE	23
3.8.1	<i>Softwarové vybavení</i>	23
3.8.2	<i>Zabezpečení koncových stanic</i>	24
3.9	TISK	24
3.10	PŘIPOJENÍ K INTERNETU	25
3.11	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ	26
3.11.1	<i>Nákladové hledisko a jeho přijatelnost</i>	26
3.12	CELKOVÉ HRUBÉ NÁKLADY NA REKONSTRUKCI SÍTĚ ZŠMŠ OHRADNÍ	27
3.12.1	<i>Materiál a pasivní prvky</i>	27
3.12.2	<i>Aktivní prvky a počítače</i>	27
3.13	SHRNUTÍ	28
4.	PROVOZOVANÉ SLUŽBY NA SÍTĚ	28
4.1	DHCP	28
4.2	ACTIVE DIRECTORY (AD)	28
4.2.1	<i>Uživatelské účty</i>	29
4.2.2	<i>Počítače</i>	30
4.3	MYQ	32
4.3.1	<i>Správa MyQ</i>	33
4.4	ESET REMOTE ADMINISTRATOR (ERA)	37
4.5	TERMINÁLOVÝ SERVER	38
4.6	SOUBOROVÝ SERVER	39
ZÁVĚR		40
BIBLIOGRAFIE		41
SEZNAM OBRÁZKŮ		43
SEZNAM TABULEK		44

Úvod

Bakalářskou práci na téma budování a využívání menších počítačových sítí jsem zvolil především z důvodu mých znalostí tohoto tématu. V současné době jsem studentem na čtvrtém kurzu Cisco CCNA a již mám za sebou několik rekonstrukcí počítačových sítí velikosti škol a menších kanceláří. Působím jako jeden ze správců sítí na všech školách, na kterých jsme rekonstruovali nebo vytvářeli počítačové sítě.

Smyslem této práce je poukázat na chyby a nedostatky sítě na ZŠMŠ Ohradní, kde jsme se stali správci sítě a ukázat možnost řešení těchto nedostatků za předpokladu, že má organizace dostatek financí, jelikož náprava takových nedostatků je dost nákladná. Dále jsou od správce vyžadovány určité znalosti z oboru a vybavení pro tvorbu sítě.

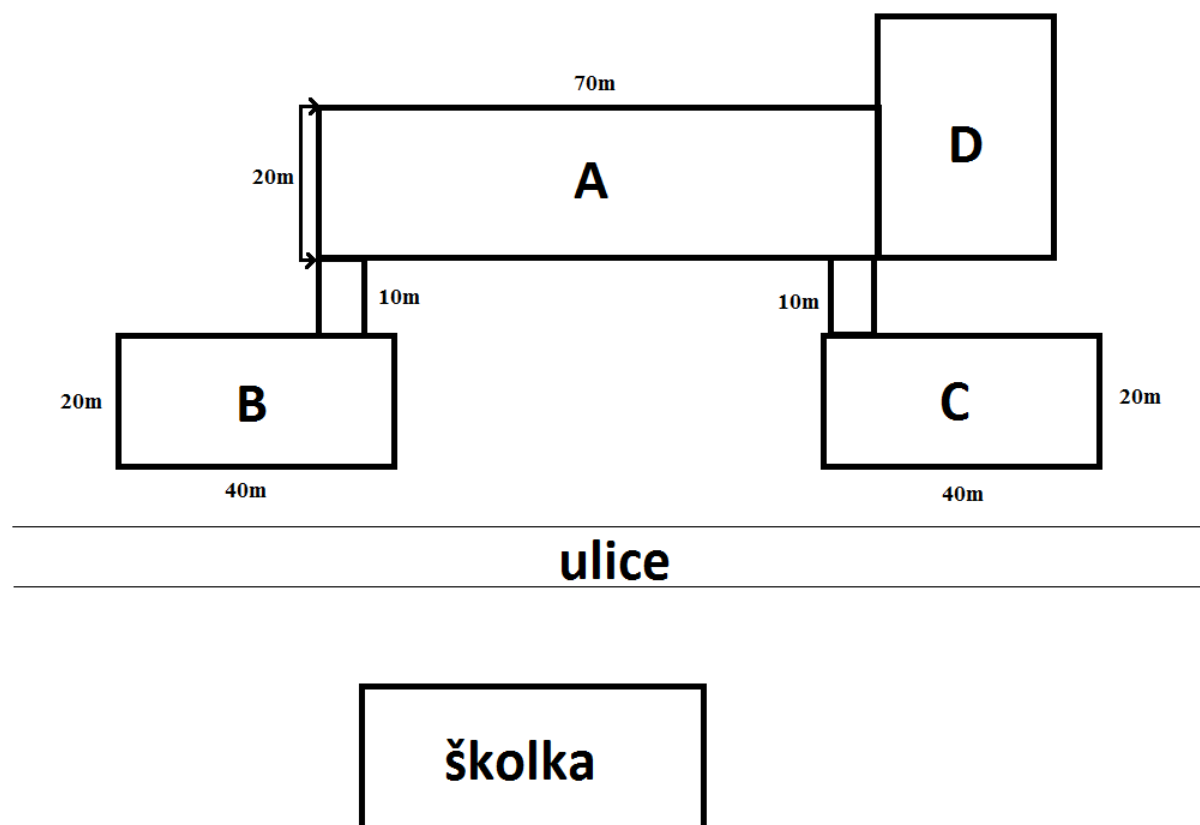
Nedostatky jsme odstranili rekonstrukcí téměř celé datové sítě na základě předchozích měření a zjištění. Pozitivní výsledek rekonstrukce je jasně znatelný měřením sítě a zpětnou vazbou uživatelů.

Práce je rozdělena do tří hlavních částí. V první části popíši stav původní sítě, použité aktivní a pasivní prvky, topologii, výsledky měření a zpětné vazby uživatelů. V třetí části se věnuji stejným tématům, nýbrž v námi rekonstruované síti. Ve čtvrté části představím provozované služby na této síti.

Veškeré obrázky použité v této práci jsou mnou vytvořené nebo pořízené.

1. Popis budov základní a mateřské školy

Základní a Mateřská škola se skládá ze dvou oddělených budov. Jedna z budov je základní škola a druhá budova je mateřská škola, která se nachází na druhé straně ulice. Školu momentálně navštěvuje 475 žáků a 44 pedagogických zaměstnanců. Obě budovy nyní zvlášť popíši. Na obrázku 1 je znázorněné rozmístění budov s jejich přibližnou délkou.



Obrázek 1 Rozložení budov

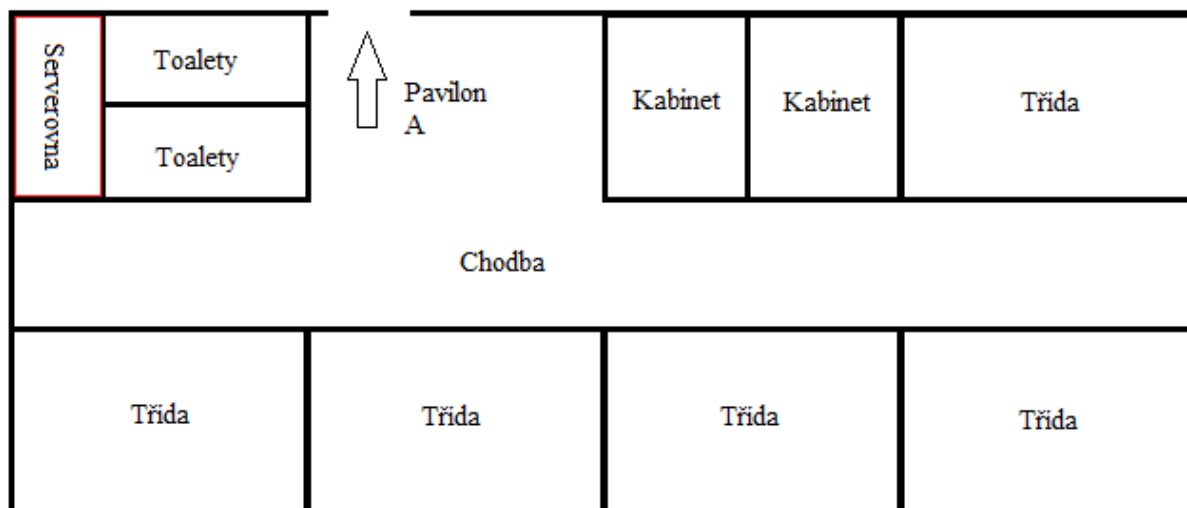
1.1 Popis budovy základní školy

Budova základní školy se skládá ze čtyř pavilonů. Každé patro je vysoké zhruba 3,5m

Pavilon A má tři podlaží. V přízemí se nachází šatny. V prvním podlaží se nachází vedení školy, dvě počítačové učebny, dva kabinety a tři třídy. Třetí podlaží má devět tříd a pět kabinetů.

Pavilon B má dvě podlaží. V prvním je pět tříd a pět kabinetů. Ve druhém se nachází šest tříd a čtyři kabinety.

Pavilon C má tři podlaží. Ve třetím podlaží se nachází serverovna, pět tříd a dva kabinety. Ve druhém podlaží je pět tříd a jeden kabinet. V prvním podlaží jsou tři třídy a jeden kabinet.



Obrázek 2 Umístění serverovny v C3

V pavilonu D se nás týká pouze přízemí, ve kterém se nachází jídelna. Zde je počítač vedoucí jídelny a další dva počítače, které slouží jako výdejový a objednávkový terminál.

Pro určení polohy v objektu budu používat zkratky jako A1, kde písmeno značí pavilon a číslo podlaží.

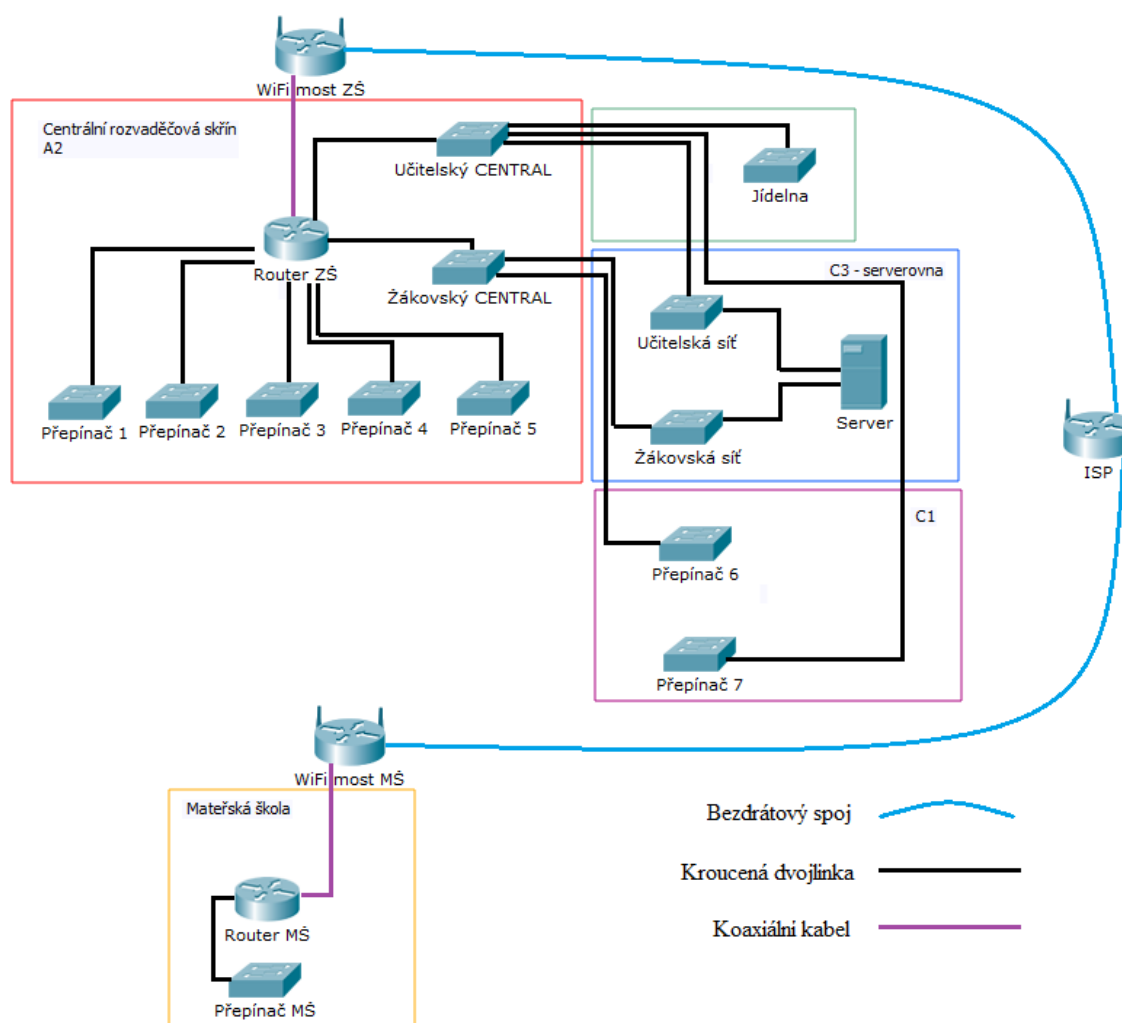
1.2 Popis budovy mateřské školy

Budova mateřské školy je oddělena ulicí od základní školy. Mateřská škola má dvě podlaží. Ve druhém podlaží se nachází kancelář vedoucí mateřské školy, ve které jsou dva počítače.

2. Popis původní sítě

Tato síť byla tvořena na základě dostupných finančních a technických prostředků v době jejího vzniku a správy. Finanční možnosti během působení předchozího správce se jednoznačně podepsaly na veškerém vybavení v této síti. Síť jsme jako správci převzali v této podobě v září roku 2015.

2.1 Fyzická topologie sítě



Obrázek 3 Fyzická topologie původní sítě

Za každým přepínačem, který se nacházel v centrální rozvaděčové skříni, se nacházely počítače, které byly rozmístěné po celé škole, kromě počítačů v C1 a jídelně. V C1 byly zapojené pouze dva počítače do žákovské sítě. V jídelně byly připojené tři počítače.

2.2 Adresace sítě

Síť postrádala spravovatelné aktivní prvky, proto se předchozí správce rozhodl segmentovat síť pomocí dvou oddělených sítí, jelikož nemohl použít VLAN. Jednalo se o síť žákovskou a učitelskou. Směrovač měl nakonfigurované dvě ethernetové rozhraní, které obsluhovali DHCP s jinou konfigurací. Komunikace mezi těmito sítěmi byla zakázána.

2.2.1 Učitelská síť

Adresa sítě	Maska sítě	Výchozí brána	Server
192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.0.254	192.168.0.1

Tabulka 1 Adresace učitelské sítě

Do této sítě byly připojeny počítače vedení školy a počítače umístěné v kabinetech, které využívali učitelé.

2.2.2 Žákovská síť

Adresa sítě	Maska sítě	Výchozí brána	Server
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.254	192.168.1.1

Tabulka 2 Adresace žákovské sítě

V této síti byly připojeny počítače, ke kterým měli přístup žáci. Jednalo se o počítače z počítačových učeben a tříd.

2.3 Aktivní prvky

2.3.1 Směrovače

Směrovače v původní síti byly věnovány poskytovatelem připojení. Název tohoto zařízení je mi neznámý. Jeho rozhraní, které fungovala jako výchozí brány a DHCP servery disponovala přenosovou rychlostí 1Gb/s.

2.3.2 Přepínače

Přepínače v původní síti tvořily převážně modely Asus GX1024X, které disponovaly dvaceti čtyřmi rozhraními pro koncovky RJ-45 o maximální rychlosti 100Mb/s. Tyto přepínače, byly nespravitelné, tudíž nepodporovaly žádnou možnost konfigurace, a tak nebylo možné vytvořit VLAN nebo agregaci spojů mezi přepínači. Tyto přepínače se nacházely v centrální rozvaděčové skříni v pavilonu A2. Podrobný popis přepínače najdete zde. [1]

Rád bych zmínil problém, který nastal v centrální rozvaděčové skříni. Následkem přeplnění skříně zařízeními a kabely, se přepínače přehřívaly a poměrně často odmítly na krátkou dobu pracovat. V této skříni se nacházely všechny přepínače, nepočítám-li malé přepínače u koncových stanic.

Na škole nastal případ, kde nevystačily datové zásuvky, nebo jeden z kabelů v zásuvce nefungoval a pro usnadnění práce byl použit malý přepínač, který zvládal komunikovat rychlostí 100Mb/s. Tato rychlost se dále dělila například mezi dva počítače.

V jidelně byl například použit malý přepínač s pěti rozhraními, jehož název si již nepamatuji, který uměl komunikovat rychlostí pouhých 10Mb/s.

2.4 Pasivní prvky

Kabeláž původní sítě byla strukturovaná. Veškeré propojovací panely, zásuvky i datová kabeláž byly nestíněné. Kabely byly taženy ve velkém počtu při sobě v lištách i s elektrickými rozvody, a tudíž muselo docházet k přeslechům i elektromagnetickému rušení. Kabeláž byla tvořena kabely UTP Cat5e a sama o sobě měla být schopna přenášet data rychlosti 1Gb/s, což nebylo možné kvůli přepínačům, které tuto schopnost neměly.

Rád bych zmínil přístroj, pomocí kterého jsme prováděli měření kabeláže.

Jedná se o Fluke Cable IQ, což je unikátní kvalifikační tester, který dokáže určit, jaká je skutečná fyzická propustnost testované kabeláže. Jestliže si nejste jisti, zda na vaší síti můžete provozovat např. gigabitový Ethernet nebo VoIP, přístroj Fluke CableIQ vám to pomůže zjistit. Je schopen určit jaké konkrétní přenosové protokoly vaše stávající kabeláž podporuje. Navíc je tento přístroj vybaven generátorem tónu, který společně se sondou IntelliTone umožní jednoduchou identifikaci kabelů v kabelovém svazku. Stejně jako ostatní měřicí přístroje od Fluke Networks disponuje Cable IQ intuitivním ovládacím rozhraním a je chráněn velmi odolnou schránkou. Přístroj je napájen čtyřmi AA bateriemi a vydrží přibližně 20 hodin.

Klíčové vlastnosti

- měření propustnosti kabeláže (10BaseT, 100BaseT, 1000BaseT, VoIP)
- kontrola zapojení jednotlivých párů
- měření délky segmentu
- generátor tónu k identifikaci kabelů v kabelovém svazku (nutno dokoupit sondu)
- možnost stahování výsledků do notebooku nebo stolního počítače
- uložení protokolu o měření do PDF souboru
- paměť na 250 měření

Popis tohoto zařízení pochází z tohoto zdroje. [2]

Měření jsou vyhodnocena na základě různých parametrů. Například správnost zapojení je kontrolována pomocí parametru *wiremap*, který kontroluje správnost zapojení jednotlivých vodičů, stínění a průchodnost signálu po celé délce kabelu. To znamená, že dokáže upozornit na přerušení některého z vodičů nebo detekovat jejich zkrat.

Pro měření délky kabelu přístroj vyšle puls, který se na vzdálené jednotce odrazí zpět a následně je zaznamenán čas, za který puls celou dráhu urazí. Na základě procentuálního poměru rychlosti signálu v kabelu k rychlosti světla ve vakuu je pak vypočítána délka měřeného spoje. Jedná se však o délku

kroucených párů (elektrickou), nikoliv kabelu (fyzickou). Na 85m může být odchylka mezi elektrickou a fyzickou délkou až 5m v závislosti na kroucení každého páru.

Popis hlavních parametrů pro měření kabeláže naleznete zde. [3]

Pomocí přístroje *CableIQ* jsme při mapování sítě narazili na kabely, které přesahovaly délku sto metrů a přístroj je vyhodnotil jako nevhodné, jelikož maximální délka kroucené dvojlinky tohoto typu by neměla přesahovat 100 metrů. Veškeré spoje ke koncovým stanicím vedly z centrální rozvaděčové skříně, takže vedly prakticky přes celou školu.

Dále jsme pomocí tohoto přístroje odhalili chyby, které by bránily v komunikaci po daném kabelu. Například, při mapování nevyužité datové zásuvky v jedné třídě jsme zjistili, že třetí vodič kabelu je přerušen. Díky této vadě by kabel nefungoval, jelikož pro základní komunikaci alespoň o rychlosti 10/100Mb/s jsou zapotřebí dva páry s vodiči 1,2,3 a 6.

Objevili jsme nevhodně zvolený kabel pro propojení centrální rozvaděčové skříně s přepínačem v jídelně. Tento kabel visel venku z okna počítačové učebny do kanceláře v jídelně. Jednalo se o obyčejný nestíněný kabel kroucené dvojlinky, který byl již v dezolátním stavu. Na celém kabelu místy chyběly velké kusy ochranného obalu a byly vidět jednotlivé vodiče. Tento kabel není uzpůsobený k tomu, aby dlouhodobě odolával venkovním podmínkám, jako jsou změny teplot, déšť, UV záření a další.

2.5 Server

Jako server byl využit stolní počítač. Na serveru byly uloženy výukové programy, jejich instalace a některá data uživatelů. Dále popíši hardwarové komponenty tohoto počítače.

2.5.1 Hardware

Procesorem v tomto počítači byl Intel Core Quad Q6600. Jak je již z názvu patrné, jedná se o čtyřjádrový procesor, který pasuje do patice 775.

Vzhledem k tomu, že server nevykonával nic náročného, prakticky se na něj ukládalo jen pár dat, tak byl tento procesor dostačující požadavkům na něj kladeným.

Operační paměť v tomto počítači tvořily NonECC DDR2 paměťové karty na frekvenci 800Mhz. V základní desce byly zapojeny dvě karty o velikosti 2GB v dual channelu, takže celková kapacita činila 4GB.

ECC paměti na rozdíl od NonECC mají navíc modul, který slouží pro uložení informací o kontrolním součtu, pomocí kterého umí napravit chyby vzniklé na paměti. Podrobný popis rozdílu mezi NonECC a ECC pamětmi naleznete zde. [4]

V serveru byly zapojené dva disky o velikosti 500GB v *RAID1*. Žádný způsob zálohy dat z disků zde neexistoval nebo nám nebyl znám.

RAID1 spočívá v zrcadlení disků, to znamená, že se na oba disky paralelně ukládají stejná data. V případě poruchy jednoho z disků jsou data dále dostupná z disku druhého. Typy zapojení RAID naleznete zde. [5]

Tyto pevné disky byly mechanické a disponovaly rychlostí 5400 otáček za minutu. Vyrovnávací paměť těchto disků byla 8MB a připojené byly přes konektor SATA 3.

Server měl dvě síťové rozhraní pro připojení do obou sítí. Jedno rozhraní bylo integrované na základní desce a druhé bylo do serveru přidáno pomocí PCI Express karty. Obě rozhraní byla schopna komunikovat rychlostí 1Gb/s.

2.5.2 Operační systém

Na počítači byl nainstalovaný *CentOS*. Jedná se o systém podléhající licenci GPL (všeobecná veřejná licence), takže byl zdarma. Jedná se o volně dostupnou linuxovou distribuci. Na tomto systému běžel doménový řadič, ke kterému se hlásily koncové stanice učitelů.

2.6 Koncové stanice

Koncové stanice ve škole tvořily převážně PC a pár notebooků, které si učitelé přenášeli mezi různými třídami, kde učili. Počítače běžely na systému *Windows XP Professional* 32bitové verze. Zhruba 80 % počítačů disponovalo pouze jednojádrovými procesory a 1GB operační paměti, zbylých 20 % disponovalo již dvoujádrovými procesory a 2GB operační paměti.

Některé notebooky již běžely na operačním systému *Windows 7*, ale vzhledem k tomu, jak byly koupeny, disponovaly buď verzí *Home Premium* nebo *Professional*.

V počítačových učebnách byly k dispozici počítače typu all-in-one C320 od firmy Lenovo. Tyto počítače disponují dotykovou obrazovkou, 4GB operační paměti, dvoujádrovým procesorem a diskem o velikosti 500GB. Bohužel byly koupené s licencí na operační systém *Windows 7 Home Premium*. Počítače byly připojeny k síti pomocí UTP kabelu, ale mají i možnost připojení přes WiFi.

2.6.1 Stanice učitelů

Počítače učitelů se nacházely v kabinetech a k těmto počítačům existoval pouze jeden lokální účet pro přihlášení, který byl ve všech kabinetech stejný. Učitelé se tak museli dělit o plochu a další složky v počítači se svými kolegy. Emaily byly nastavené do programu *Outlook Express*, kde byli přihlášení všichni učitelé z daného kabinetu, tudíž si mohli učitelé číst emaily navzájem.

Předchozí správce sítě připravil na plochu každého počítače script, který měl zálohovat data z plochy daného počítače na server, nicméně ten v okamžiku našeho nástupu nefungoval.

2.6.2 Stanice přístupné žákům

Jedná se o počítače, které se nacházely v počítačových učebnách nebo ve třídách a žáci k nim měli přístup. Tyto počítače měly přístup k internetu a do složky s výukovými programy na serveru. I žáci měli jednotné přihlašovací údaje, jednalo o lokální profily.

2.6.3 Zabezpečení koncových stanic

Počítače chránil antivirový program *Avira*. Jednalo se o bezplatnou verzi tohoto programu. Dále samozřejmě běžel firewall jako součást operačního systému Windows, ale jelikož většina počítačů běžela na *Windows XP*, které mají již dva roky vypovězenou podporu a nevychází pro ně aktualizace, tak některé počítače podlehlly virům.

2.7 Softwarové vybavení

Kromě výukových programů bylo veškeré softwarové vybavení řešeno formou freewaru. Textové editory, tabulky a prezentace byly dostupné uživatelům programem *OpenOffice*.

2.8 Tisk

V původní síti se u většiny koncových stanic nacházely malé tiskárny HP LaserJet XY, které byly určeny jen pro danou koncovou stanicí. Tyto tiskárny uměly tisknout jen černobíle a škola prakticky neměla kontrolu nad využitím tiskáren. Učitelé na těchto tiskárnách tiskli materiály všeho druhu. Údržba těchto tiskáren byla časově zdouhavá a nepraktická, jelikož se na škole vyskytovalo několik modelů těchto tiskáren.

2.9 Připojení k internetu

Původní připojení internetu, bylo zprostředkováno pomocí WiFi spoje na střeše budovy školy. Jednalo se o spoj mezi touto anténou a anténou poskytovatele, která byla dále připojena k optické lince. Anténa poskytovatele se nacházela na zhruba 200m vzdáleném panelovém domě. Rychlost tohoto připojení činila 8Mb/s stahování a 8Mb/s nahrávání. Linka byla garantovaná, takže těchto 8Mb/s bylo stálých. Nicméně když ve třídě na projektoru někdo pustil video z internetu ve větší kvalitě a zároveň probíhala výuka v počítačové učebně, tak se stal internet nepoužitelným, jelikož připojení s rychlostí 8Mb/s pro všechny uživatele zkrátka nestačilo.

MŠ a ZŠ, měly separované připojení k internetu, to znamená, že i MŠ měla stejné připojení sama pro sebe.

2.10 Zpětná vazba uživatelů

Z předešlých faktů je jasné, že zpětná vazba uživatelů nebyla kladná. Počítače byly podle nich příliš pomalé a internet byl často nepoužitelný. Práci na školních počítačích se převážně vyhýbali.

2.11 Shrnutí

Síť byla tvořena v době, kdy škola nemohla poskytnout finance, například na aktivní prvky s rychlostí přenosu vyšší než 100Mb/s, tudíž byla adekvátní cenové relaci, ve které se musel správce pohybovat. To ovšem neomlouvá nedostatky sítě například v délce kabeláže nebo realizaci venkovního spoje kabelem UTP pro vnitřní použití. Tato síť vznikla někdy před rokem 2011.

3. Popis rekonstruované sítě

Po analýze původní sítě jsme byli požádáni o zlepšení stavu sítě na základě požadavků zákazníka. Rekonstrukci jsme zahájili již v průběhu školního roku 2015/2016 drobnějšími úpravami tak, aby se stihly provést například za víkend a síť mohla v pracovním týdnu normálně fungovat, ovšem hlavní část rekonstrukce začala s příchodem letních prázdnin v roce 2016.

3.1 Požadavky zákazníka

V této části popíši, na co zákazník kladl důraz, zkrátka to, s čím byla škola nespokojená a co chtěla zlepšit. Na základě těchto požadavků jsme předložili návrhy na zlepšení, které byly následně schváleny a realizovány.

3.1.1 Připojení k internetu

Zákazník požadoval zavedení rychlejšího připojení k internetu. Jak jsem již psal v popisu původní sítě, rychlost připojení 8Mb/s nestačila pro potřeby takto velké školy. Zákazník dokonce označil internet za nefunkční.

3.1.2 Koncové stanice

Koncové stanice na škole již byly zastaralé. Mnohdy se zasekávaly nebo se muselo dlouho čekat na jednoduchý úkon. Zkrátka byly již staré a pomalé. Požadavkem tedy bylo sehnat počítače s dostatečným výkonem za přijatelnou cenu nebo případně použitelné počítače obohatit o potřebný hardware.

3.1.3 Softwarové vybavení

Škola chce svým žákům i zaměstnancům poskytnout přístup k nejnovějším softwarovým řešením, aby jim zlepšila gramotnost v informačních technologiích a zároveň jim usnadnila práci. Požadavkem tedy bylo aktualizovat operační systémy ze systému *Windows XP* na operační systém *Windows 10*.

Dalším požadavkem bylo nainstalování a zajištění licencí pro kancelářskou sadu aplikací *Microsoft Office*.

3.1.4 Efektivní využití sítě

Tímto požadavkem bylo myšleno vytvoření možností a podmínek pro uživatele, které jim usnadní práci. Dále v tomto požadavku samozřejmě nechybělo školení zaměstnanců školy, aby věděli, jaké mají možnosti.

3.1.5 Tisk

Tento požadavek se týkal návrhu centralizovaného tisku jak pro zaměstnance, tak pro žáky školy.

3.1.6 WiFi

Jelikož si zaměstnanci i žáci školy přinášejí vlastní zařízení, která mají možnost připojení přes WiFi, byl vznešen požadavek na pořízení a instalaci přístupových bodů.

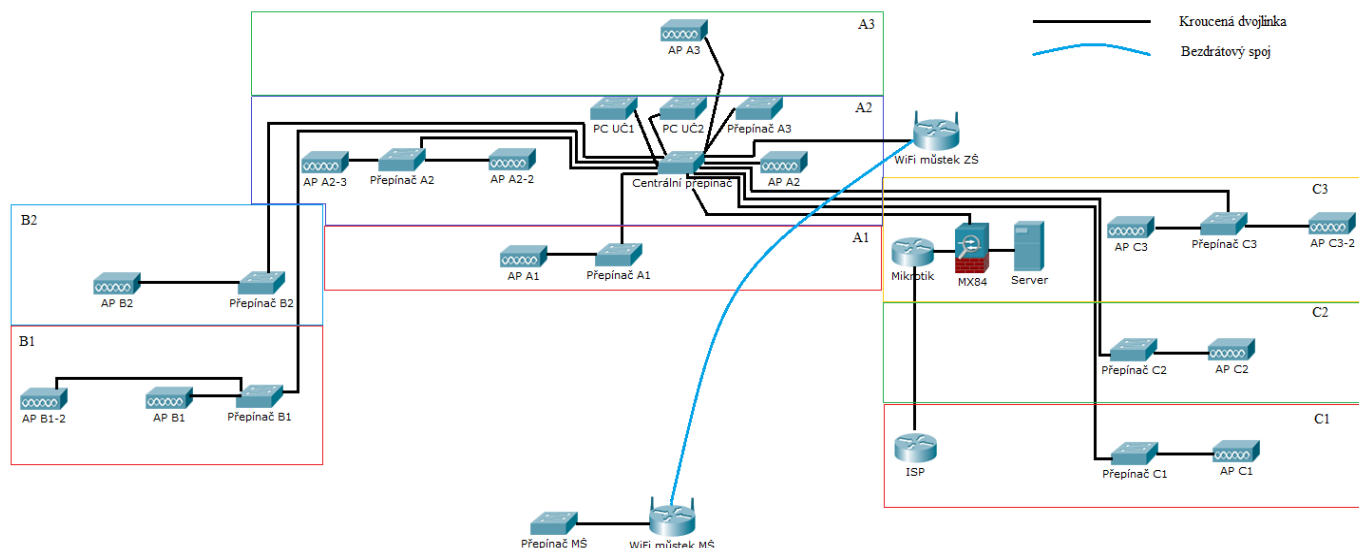
3.2 Řemeslné práce

Dříve, než jsme mohli začít tvořit síť, bylo nutné vytvořit vhodné podmínky. Toto zahrnovalo přípravy tras pro kabely, tedy bylo nutné navrtat lišty a udělat průrazy mezi stěnami. V místech, kde se měly nacházet koncové stanice, bylo třeba upevnit datové zásuvky a na druhé straně připevnit rozvaděčové skříně, ke kterým jsme mnohdy museli přivést připojení k elektrické síti. V této fázi jsme párkrát narazili na obtíže. Například mně se podařilo dvakrát navrtat světelný obvod, jelikož jeho kabely byly schované hluboko uvnitř stěny a nebyly zde viditelné známky toho, že se v těchto místech elektřina nacházela.

Z tohoto důvodu bylo nutné pořídit přístroj, který umí detekovat různé materiály a elektrický proud. Kolega Puc vybral přístroj *Bosch PMD 10*, který je cenově dostupný a je schopný ve stěně najít vedení pod proudem. Pomocí tohoto přístroje jsme tak dále předcházeli problémům jako je tento nebo vrtání v místech, kde se nacházel překlad, do kterého nelze vrtat. [6]

V termínu rekonstrukce jsme však nestihli připravit A3, proto nebylo možné zavést novou kabeláž. Tato část budovy nyní běží po staré kabeláži, která je svedena do centrální rozvaděčové skříně.

3.3 Fyzická topologie sítě



Obrázek 4 Fyzická topologie rekonstruované sítě

3.4 Adresace sítě

Námi provozovaná síť na této škole zahrnuje celkem tři podsítě. Jedná se o *lokální síť*, která zahrnuje školní počítače a poskytuje jim přístup k internetu a k datům na server.

Dále v této síti figuruje *virtuální lokální síť* neboli *VLAN*, která obsluhuje telefony, jelikož škola přechází na technologii *VoIP* (*Voice over Internet Protocol*), přeloženo volání přes internet. Tato síť nespadá pod naši správu, jen ji využíváme.

Dále je zde síť, která je spravována přes *MERAKI Dashboard*, což je cloudová služba, která nám umožňuje spravovat námi instalované přístupové body (Access Pointy) a hardwarový firewall.

Tyto sítě dále jednotlivě podrobněji popíši.

3.4.1 Lokální síť (LAN)

Tato síť obsluhuje veškeré školní počítače a tiskárny. Do této sítě samozřejmě patří i aktivní prvky sítě jako jsou přepínače, které jsou spravovatelné a mají vlastní IP adresu, směrovač a servery.

Adresa sítě	Maska sítě	Výchozí brána
192.168.8.0	255.255.252.0	192.168.11.254

Tabulka 3 Adresace LAN po rekonstrukci

V následující tabulce je seznam všech serverů, tiskáren a spravovatelných zařízení v této síti, mají statické IP adresy.

Zařízení	IP adresa	Zařízení	IP adresa
Server1	192.168.11.1	Přepínač B1	192.168.11.246
Server2	192.168.11.2	Přepínač B2	192.168.11.247
Tiskárna ředitelství	192.168.11.30	Přepínač A2-chodba	192.168.11.248
Tiskárna B1	192.168.11.31	Přepínač C1	192.168.11.249
Tiskárna B2	192.168.11.32	Přepínač C2	192.168.11.250
Tiskárna A3	192.168.11.33	Přepínač C3	192.168.11.251
Tiskárna C3	192.168.11.34	Přepínač A2-UC2 vedení	192.168.11.252
WiFi můstek ZŠ	192.168.11.181	Přepínač A2-UC2 centrální	192.168.11.253
WiFi můstek MŠ	192.168.11.182	Výchozí brána MX 84	192.168.11.254
NAS	192.168.11.201		
Přepínač A2-UC2	192.168.11.244		
Přepínač A1	192.168.11.245		

Tabulka 4 Adresy síťových zařízení

3.4.2 Virtuální lokální síť (VLAN)

Tato virtuální síť vede od poskytovatele služby. Od jeho zařízení tuto virtuální síť *trunkujeme* napříč našimi přepínači, a porty v přepínačích, které mají sloužit pro připojení VoIP telefonů a telefonní ústřednu, jsou nastavené jako *access port* pro danou VLAN. Rozsah a adresa této sítě je určena poskytovatelem, nikoliv námi a nijak do ní nemůžeme zasahovat.

Pomocí technologie VLAN máme možnost logicky segmentovat síť, zvýšit bezpečnost dat a ušetřit prostředky aktivních síťových prvků. Podmínkou pro zavedení této technologie je nutnost vlastnit spravovatelné aktivní prvky, které to umožňují.

VLAN funguje na principu značkování dat, které se v síti posílají a na základě těchto značek jsou data přeposílány dál do rozhraní na zařízení, kde je daná VLAN povolená, tím zmenšíme broadcastové domény.

Jestliže je VLAN správně nasazena, může být použita na druhé vrstvě OSI modelu k oddělení jednotlivých uživatelů nebo skupin uživatelů. Tato segregace umožňuje návrhářům sítě účinněji omezit komunikaci na druhé vrstvě tak, aby části sítě nepřijímaly nechtěnou komunikaci mezi zařízeními, jako je například skenování portů nebo ARP útoky. [7] (volně přeloženo ze strany 11, RFC dokument 5517)

Příklad konfigurace uvedu u popisu přepínačů v sekci aktivních prvků.

3.4.3 MERAKI síť

Jedná se o síť, která je spravována pomocí cloudové správy Cisco Meraki. V základu jsou přístupové body připojeny do naší lokální sítě, ale je možné jednotlivé SSID zapojit do libovolných VLAN. V tento moment naše přístupové body vysílají šest SSID.

SSID *Ucitele* a *Vedeni*, předávají DHCP ze serveru. Tudiž klienti na těchto SSID mají IP adresy z naší lokální sítě a mohou přistupovat k datům na serveru.

Ostatní SSID jako například *Hoste* rozdávají DHCP přímo z přístupového bodu. Tito klienti jsou součástí sítě 10.0.0.0/8, která je izolovaná od naší lokální sítě pomocí firewallu na přístupových bodech a zároveň nedovoluje připojeným klientům komunikovat mezi sebou. Tyto SSID mají zároveň limitovanou rychlost připojení, která se dá v cloudové správě nastavit jak na celý přístupový bod jako takový nebo na klienta a dokonce na jednotlivé služby na internetu, jako třeba pro přehrávání videí na youtube.com a dalších webových stránkách.

Veškerá správa zařízení Cisco Meraki se provádí po přihlášení na této stránce. [8] Ukázkou správy předvedu u konkrétních zařízení v aktivních prvcích.

3.4.4 Připojení k internetu

Jedná se o síť, která je mezi námi poskytovatelem připojení k internetu. Zde máme síť 94.113.249.144/28 a máme čtrnáct veřejných IP adres. Momentálně využíváme jednu veřejnou IP adresu pro připojení k terminálovému serveru a vzdálené obsluhu některých služeb v lokální síti, zbylé jsou určeny pro budoucí možné využití.

3.5 Aktivní prvky

3.5.1 Směrovač

Mikrotik RB2011UiAS-2HnD-IN slouží pro směrování požadavků z jednotlivých veřejných IP adres na konkrétní podsítě. Tento směrovač umí také vysílat SSID, ale jelikož máme v serverovně dobrý signál z přístupového bodu na chodbě, tak ho nepoužíváme. Na následujícím obrázku je seznam nakonfigurovaných rozhraní a jejich momentální vytížení.

Interface Ethernet EoIP Tunnel IP Tunnel GRE Tunnel VLAN VRRP Bonding LTE												
Add New ▼												
15 items												
		Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx	FP Tx Packet (p/s)	FP Rx Packet (p/s)
☐	R	E1	Ethernet	1598	0 bps	583.6 kbps	0	470	0 bps	446.5 kbps	0	388
☐		E10 GW tel	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐	S	E2-nova sit slave	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
;;; slave E4 for wifi												
☐	S	E3- SI E4	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
;;; master new net												
☐		E4-new server	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐	S	E5 sl E4	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐	R	E6-Radek	Ethernet	1598	505.2 kbps	849.3 kbps	412	672	0 bps	708.1 kbps	0	585
☐	S	E7-nulkova-slaveE6	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
;;; port pro internet skoly do meraki												
☐	R	Meraki	Ethernet	1598	13.7 kbps	19.8 kbps	14	21	0 bps	20.1 kbps	0	23
☐	R	dhcp klient tel VLAN Port 9	Ethernet	1598	1087.6 kbps	1056 bps	710	2	0 bps	992 bps	0	2
☐		sfp1	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐		Telefony	VLAN	1594	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐		data tel	VLAN	1594	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐	R	tel	VLAN	1594	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0
☐		wlan1	Wireless (At	1600	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps	0	0

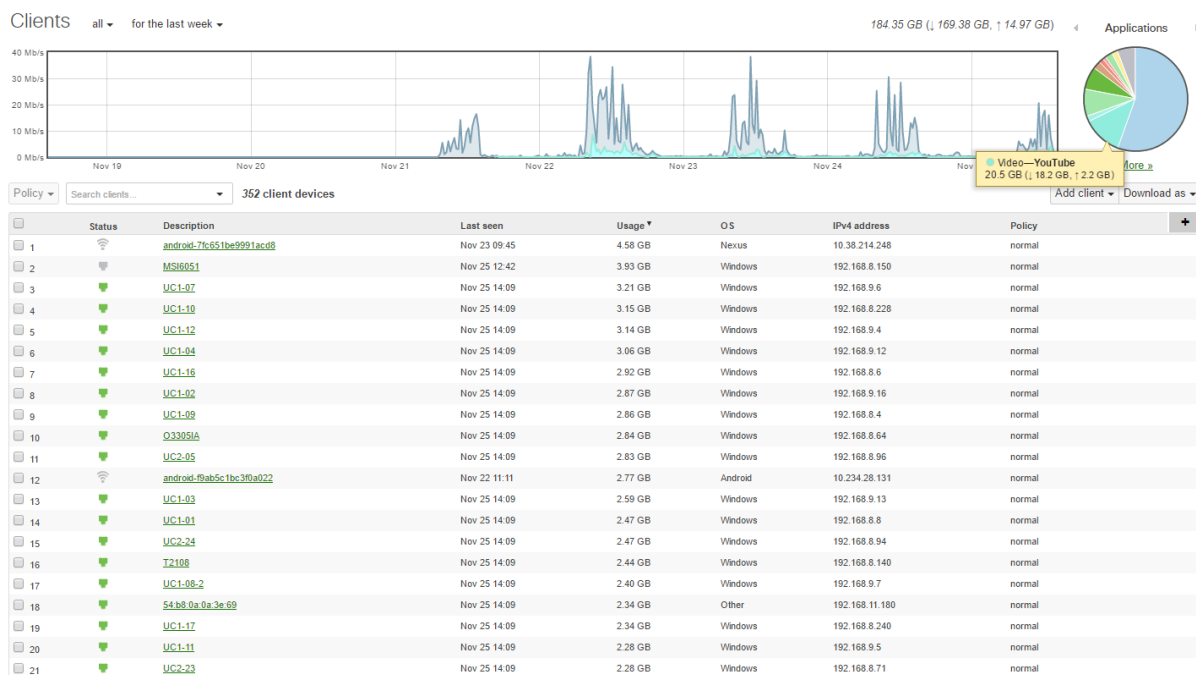
Obrázek 5 Mikrotik - rozhraní

3.5.2 Firewall

Cisco Meraki MX84 slouží jako výchozí brána, DHCP server a hardwarový firewall pro lokální síť školy. Zároveň slouží jako WiFi koncentrátor pro přístupové body v případě výpadku spojení s Meraki cloudem. Dále zajišťuje správnou kontinuitu spojení klienta s přístupovým bodem, při jeho pohybu po škole.

S tímto zařízením, máme přehled o každém připojeném zařízení v této síti a je zde přehledně vidět, jak síť vytěžuje. Díky jeho schopnostem rozeznávání aplikací na sedmé vrstvě OSI modelu, vidíme konkrétní aplikace, jakými klient síť zatěžuje.

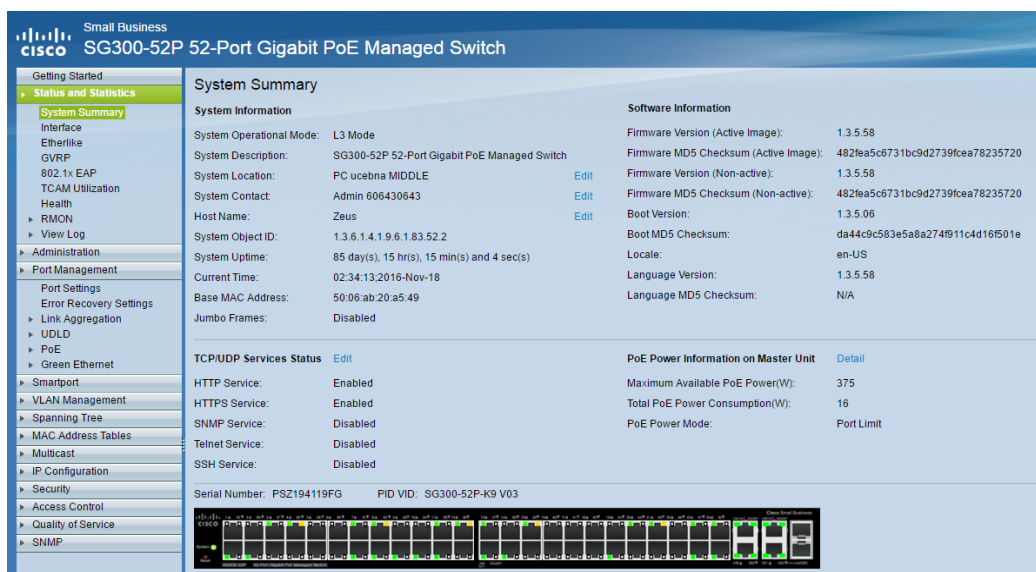
Na následujícím obrázku je seznam klientů v lokální síti i klientů připojených na přístupové body, seřazených podle přenesených dat. Dále je zde vidět, kolik dat klienti použili při používání youtube.com za týden.



Obrázek 6 Vytížení připojení všemi klienty

3.5.3 Přepínače

Jako přepínače jsme zvolili modely SG300 ve dvou provedeních od společnosti Cisco. Každý z těchto modelů, které jsme na škole použili, má gigabitové porty s vlastností PoE, což nám umožňuje napájení různých zařízení po datové síti. Jedná se například o telefony nebo přístupové body. Tyto přepínače spravujeme přes webové rozhraní, ačkoliv možností pro připojení je více, například SSH, Telnet a konzolový kabel. Na následujícím obrázku si prohlédněte konfigurační stránku přepínače. Jazyk webového rozhraní je v základu v angličtině, avšak v pravé horní části, kterou jsem vynechal pro zmenšení obrázku, se nachází možnost, pro stažení dalších jazyků.



Obrázek 7 Konfigurační stránka přepínače SG300-52P

Na obrázku 7 lze spatřit ilustraci přepínače, na kterém jsou vidět aktivní porty. Porty, u kterých je rozsvícená i žlutá dioda napájí zařízení pomocí PoE. „PoE (Power over Ethernet) je napájení po datovém síťovém kabelu, bez nutnosti přivést napájecí napětí k přístroji dalším samostatným kabelem.“ [9]

Kliknutím na daný port se vám zobrazí vyskakovací okno s možnostmi pro konfiguraci daného portu, tak se dá například daný port jednoduše zapnout a vypnout.

Na následujícím obrázku je seznam rozhraní a jejich zařazení do VLAN a mód rozhraní. Access slouží pro zapojení koncových zařízení, Trunk pro komunikaci s dalšími přepínači. ID této VLAN je 3018.

Entry No.	Interface	Interface VLAN Mode	Administrative PVID	Frame Type	Ingress Filtering
1	GE1	Trunk	1	Admit All	Enabled
2	GE2	Trunk	1	Admit All	Enabled
3	GE3	Trunk	1	Admit All	Enabled
4	GE4	Access	3018	Admit All	Enabled
5	GE5	Trunk	1	Admit All	Enabled
6	GE6	Trunk	1	Admit All	Enabled
7	GE7	Trunk	1	Admit All	Enabled
8	GE8	Access	3018	Admit All	Enabled
9	GE9	Trunk	1	Admit All	Enabled
10	GE10	Trunk	1	Admit All	Enabled
11	GE11	Trunk	1	Admit All	Enabled
12	GE12	Access	3018	Admit All	Enabled
13	GE13	Trunk	1	Admit All	Enabled
14	GE14	Trunk	1	Admit All	Enabled
15	GE15	Access	3018	Admit All	Enabled
16	GE16	Trunk	1	Admit All	Enabled
17	GE17	Trunk	1	Admit All	Enabled
18	GE18	Trunk	1	Admit All	Enabled
19	GE19	Trunk	1	Admit All	Enabled
20	GE20	Trunk	1	Admit All	Enabled
21	GE21	Trunk	1	Admit All	Enabled
22	GE22	Trunk	1	Admit All	Enabled
23	GE23	Trunk	1	Admit All	Enabled
24	GE24	Access	3018	Admit All	Enabled
25	GE25	Trunk	1	Admit All	Enabled
26	GE26	Trunk	1	Admit All	Enabled
27	GE27	Trunk	1	Admit All	Enabled
28	GE28	Trunk	1	Admit All	Enabled
29	GE29	Trunk	1	Admit All	Enabled
30	GE30	Trunk	1	Admit All	Enabled
31	GE31	Trunk	3018	Admit All	Enabled

Obrázek 8 Konfigurace VLAN

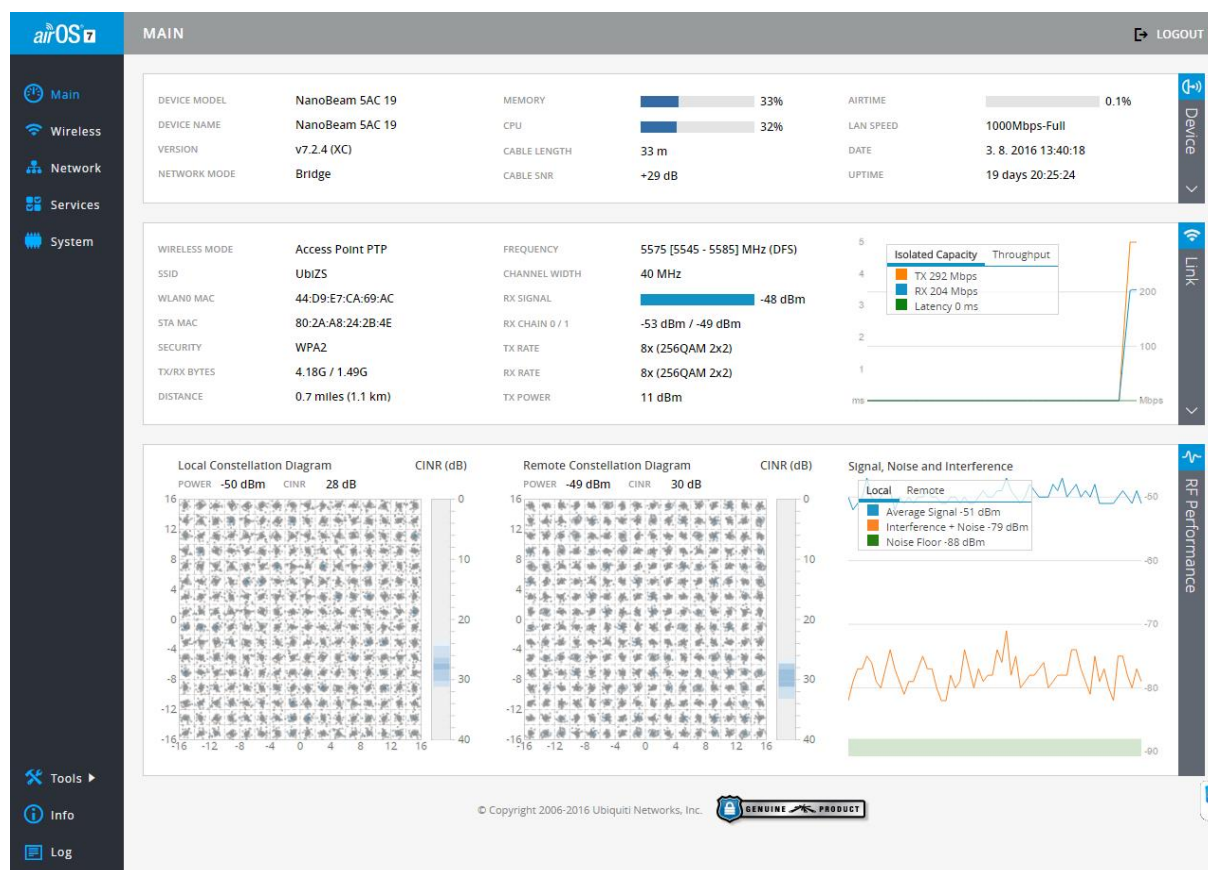
Tyto přepínače však mají mnoho možností pro konfiguraci, ať už se jedná o agregaci portů nebo dalších podrobnějších nastavení pro jednotlivé porty, avšak tím se zde v této práci podrobně zabývat nebudu.

Na místech, kde se nenachází tolik zařízení, jako je A1, C1 nebo C2 se nacházejí modely *SG300-28PP 28-Port Gigabit PoE Managed Switch*, které jsou totožné jako výše zmíněný, avšak mají pouze 28 portů, jelikož zařízení s více porty jsou dražší a zde by pro ně nebylo využití.

3.5.4 WiFi můstek

WiFi můstek pro propojení mateřské školy se základní školou tvoří dvojice zařízení NanoBeam 5AC 19 od společnosti Ubiquiti, které jsme instalovali na střehe základní i mateřské školy. Tyto zařízení mají podle výrobce větší imunitu proti rušení signály na podobné frekvenci a vzhledem k tomu, že jejich komunikační rychlost dosahuje až 450Mb/s jsou plně dostačující pro potřeby školky, kde se momentálně nachází pouze tři počítače. Zařízení splňují normu 802.11ac, což je standard bezdrátové komunikace poskytující vysokou datovou propustnost na frekvenci 5GHz. Podrobnější informace o normách WiFi naleznete zde. [10]

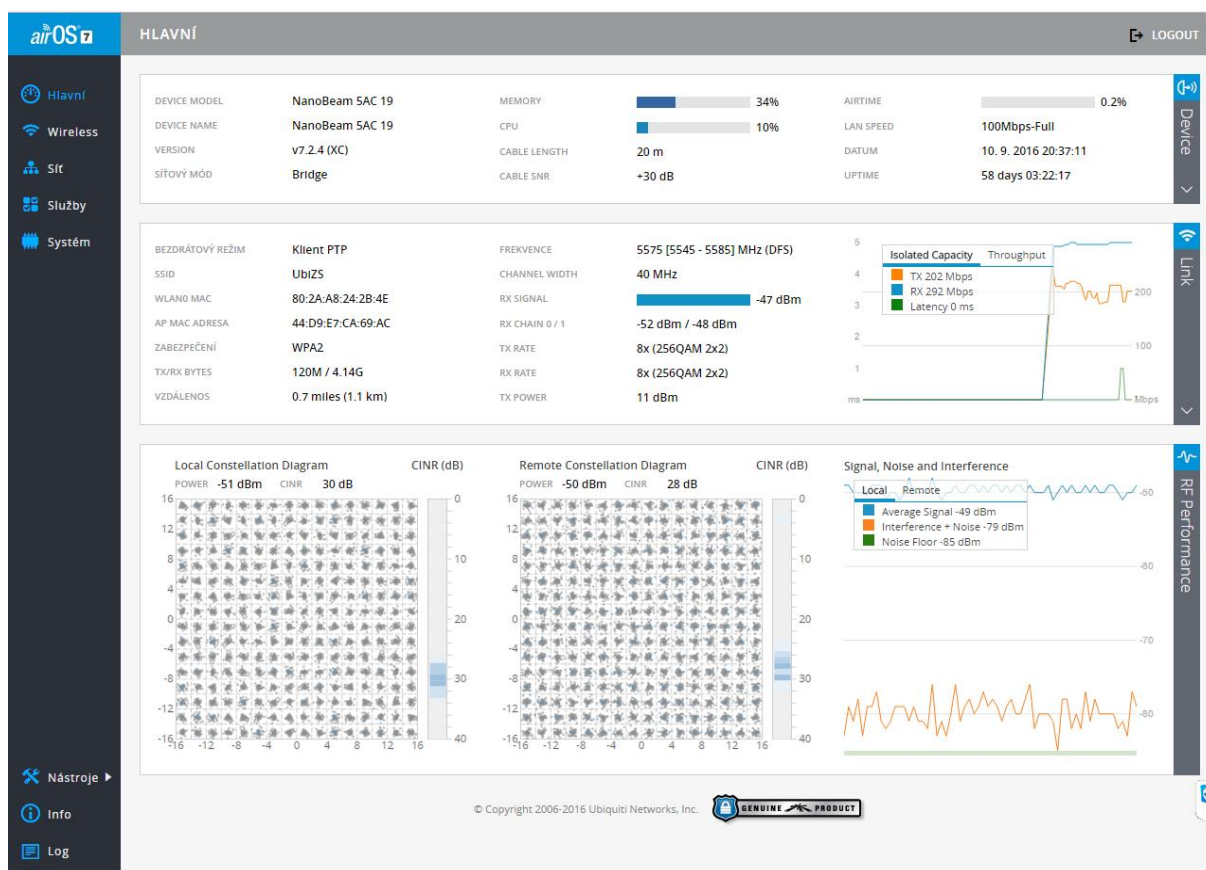
Tyto dvě zařízení jsou připojena vůči sobě následujícím způsobem. Zařízení na škole je nastaveno jako přístupový bod PTP (Point to Point) což znamená, že se spáruje pouze s jedním dalším zařízením. Samozřejmě toto zařízení umí nechat připojit více zařízení, ale to je nežádoucí. Na následujících obrázcích můžete vidět stav zařízení, například využití prostředků zařízení a sílu signálu.



Obrázek 9 Stav WiFi můstku na straně ZŠ

Bezdrátové připojení těchto zařízení je zabezpečeno pomocí WPA2-AES pomocí předsdíleného hesla. WPA2 je považováno za zcela bezpečné šifrování bezdrátové komunikace a od roku 2006 je certifikace WPA2 povinná pro všechny zařízení, která chtějí být certifikována jako WiFi. Více o WPA2 naleznete na této stránce. [11]

Druhé zařízení je nastaveno jako stanice PTP, které je připojeno na výše zmíněný přístupový bod.



Obrázek 10 Stav WiFi můstku na straně MŠ

Povšimněte si, že na obrázku 10 je rozhraní zobrazováno v českém jazyce, avšak vykazuje známky nedokonalosti, jelikož překlad není zcela a správně dokončen. Nachází se zde neúplná slova a slova, která vůbec nejsou přeložena. I když se jedná prakticky o drobnosti, doporučuji zůstat u anglického překladu.

Na obrázku 10 zařízení hlásí, že jeho rychlost připojení do LAN činí 100Mb/s a to z toho důvodu, že se v budově mateřské školy nachází přepínač, který neumí komunikovat gigabitovou rychlostí. Tudiž zatím ani není možné využít maximální přenosové rychlosti bezdrátového spoje.

3.5.5 Přístupové body

Jako přístupové body jsme zvolili modely MR18 od společnosti Cisco Meraki. Jedná se o přístupové body, které jsou spravovány přes cloud, a tudíž je jejich správu možné provádět odkudkoliv na světě.

Toto cloudové řešení má mnoho výhod, jako například snadnou správu všech přístupových bodů na jednom místě, přehled všech připojených klientů napříč všemi přístupovými body a jejich vytížení sítě po dobu jejich připojení, umí vysílat několik SSID zároveň a různá SSID v různých časových

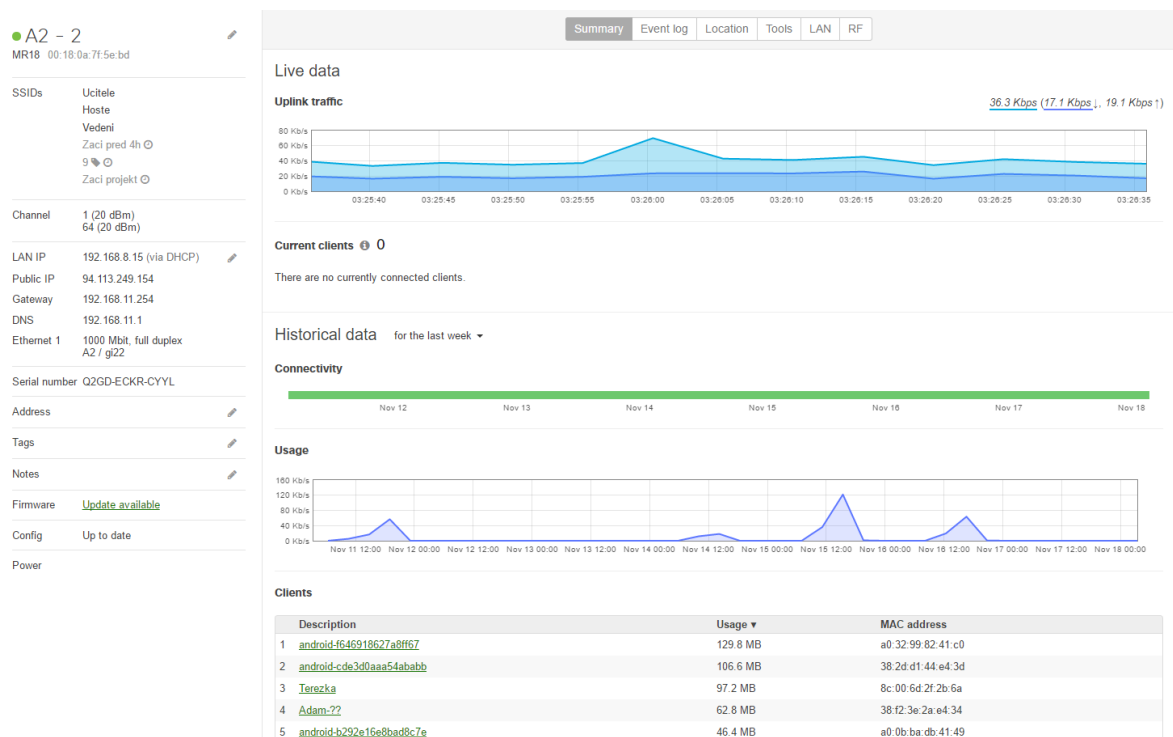
intervalech, dále se dají jednoduše omezit přístupy na různé webové stránky pomocí filtrování obsahu, snadno umí omezit rychlost připojení všech klientů na konkrétní typy provozu na síti a to na aplikační vrstvě, jako například peer-to-peer, čímž snadno zamezíte klientům na vaší síti stahovat a nahrávat data přes torrenty. Na následujícím obrázku je přehled přístupových bodů v síti.

Access points for the last day ▾

Tag ▾	Move ▾	Search ▾	11 access points		
☐	Status	Name	MAC address	Model	Connectivity
☐	1	● C3 - 1	00:18:0a:7f:5e:9a	MR18	
☐	2	● C3 - 2	00:18:0a:7f:60:ce	MR18	
☐	3	● C1	00:18:0a:7f:5e:ba	MR18	
☐	4	● B2	00:18:0a:7f:60:cd	MR18	
☐	5	● B1 u tiskarny	00:18:0a:7f:60:93	MR18	
☐	6	● B1 u dveří ven	00:18:0a:7f:60:cb	MR18	
☐	7	● A3 v racku	00:18:0a:7f:5e:a1	MR18	
☐	8	● A2 - ředitelství	00:18:0a:7f:60:cc	MR18	
☐	9	● A2 - 2	00:18:0a:7f:5e:bd	MR18	
☐	10	● A2	00:18:0a:7f:60:c5	MR18	
☐	11	● A1	00:18:0a:7f:61:0f	MR18	
30 ▾ results per page					

Obrázek 11 Přehled přístupových bodů na škole

U každého z těchto přístupových bodů lze nahlédnout do podrobností a prohlédnout si například kolik klientů bylo k danému přístupovému bodu za týden připojeno a kolik dat jednotlivý klient pomocí daného přístupového bodu přenesl. Podrobnosti si můžete prohlédnout na následujícím obrázku.



Obrázek 12 Podrobnosti přístupového bodu

Nutno podotknout, že přístupové body MR18 vysílají, jak na 2,4GHz, tak na 5GHz pásmu. Samy si určí podle možností klienta a síly signálu, v jakém pásmu budou s klientem komunikovat. Jelikož některá zařízení nejsou schopna komunikovat na 5GHz, přístupový bod s nimi automaticky komunikuje na pásmu 2,4GHz. Dále, když přístupový bod zjistí, že zařízení má na 5GHz slabý signál, přepne komunikaci na pásmo 2,4GHz, které se lépe šíří.

3.6 Pasivní prvky

Pasivní prvky tvoří strukturovanou kabeláž. Veškeré datové rozvody, které jsme použili při rekonstrukci školy, jsou stíněné. Kabely, datové zásuvky u koncových stanic i propojovací panely v rozvaděčových skříních jsou uzemněné a vše bylo hned po zašití proměřené přístrojem Cable IQ, který nás informoval o správnosti zapojení jednotlivých vodičů, uzemnění a délce kabelu a daný spoj certifikoval.

Pro tvorbu datové sítě jsme vybrali FTP LAN kabely Cat.5e od výrobců CNS a Solarix. Kabely jsme vybírali na základě předchozích zkušeností s různými kabely. S těmito se dobře pracuje, jelikož jednotlivé vodiče jsou dobře barevně rozlišené. Někteří výrobci mají vodiče nedostatečně rozlišené, pak jde špatně rozeznat např. bílo-oranžový vodič od bílo-hnědého. Jejich další výhodou spočívá v přehledném uvedení délky kabelu, které je napsáno na každém metru přímo na jeho ochranném obalu. Zde je podrobný popis těchto kabelů. [12] [13]

Pro části spojů, které jsou tažené exteriérem, jsme zvolili drátový kabel od společnosti Ubiquity ToughCable FTP Cat.5e. Tento kabel je navržen tak, aby odolával venkovním podmínkám. Tyto spoje jsme našli na stíněné spojky a dál v interiéru školy pokračují po kabelu CNS nebo Solarix nebo jsou zakončené konektorem RJ-45, které též vyrábí společnost Ubiquity a jsou vyráběny přímo pro tento kabel. Tyto konektory mají na boční straně zemnicí očko, do kterého se nasadí měděný zemnicí drát, který vede v tomto kabelu. Podrobný popis kabelu a koncovky naleznete zde. [14] [15]

3.7 Server

3.7.1 Hardware

Hlavním prvkem v síti je server SuperServer 5038D. Jedná se o skříň typu midtower. Do tohoto serveru bylo zapotřebí dodat operační paměť, pevné disky a řadič na disky kvůli zapojení RAID.

Server v tuto chvíli disponuje 32GB DDR3 operační pamětí typu ECC.

Procesor v tomto serveru je od společnosti Intel, jedná se konkrétně o model Xeon e3-1231v3, který běží na frekvenci 3,4GHz a disponuje čtyřmi fyzickými jádry a osmi logickými vlákny.

V serveru jsou celkem čtyři pevné disky o velikost 2TB, které jsou zapojené v RAID 10, tudíž kapacita disků je jen 4TB. RAID 10 je složený ze zapojení RAID 0 a RAID 1. Dva disky spojí svojí kapacitu pomocí RAID 0 a zrcadí se vůči druhým diskům pomocí RAID 1.

Dále je v rozvaděčové skříni v pavilonu B, který je na opačné straně budovy umístěné síťové diskové pole, ve kterém se nachází pevný disk o velikosti 2TB, na který se v noci zálohují data za serveru. Síťové pole je zde umístěno, aby se předešlo ztrátě dat například při požáru v serverovně.

Řadič musel být vybrán pečlivě, jelikož se již dopředu počítalo s virtualizací serverů pomocí *VMware ESXi*. Jen některé typy na světě jsou kompatibilní s tímto virtualizačním nástrojem. Kolega Poc vybral řadič od firmy LSI, který je schopen pojmout osm disků.

3.7.2 Virtualizace

„Virtualizace je v informatice označení postupů, technik a prostředků, které umožňují v počítači přistupovat k dostupným zdrojům jiným způsobem, než jakým fyzicky existují, jsou propojeny atd. Virtualizované prostředí může být mnohem snáze přizpůsobeno potřebám uživatelů, snáze se používat, případně před uživateli zakrývat pro ně nepodstatné detaily (jako např. rozmístění hardwarových prostředků). Virtualizovat lze na různých úrovních, od celého počítače (tzv. virtuální stroj), po jeho jednotlivé hardwarové komponenty (např. virtuální procesory, virtuální paměť atd.), případně pouze softwarové prostředí (virtualizace operačního systému).“ [16]

Výhodou virtualizace je konsolidace serverů. Díky virtualizaci serverů můžete například místo třech fyzických strojů, kde na každém běží jeden server mít jeden fyzický stroj, na kterém poběží tři servery. Už jen to má následující výhody. V případě nutnosti výměny hardwaru za lepší, nemusíte kupovat komponenty do třech různých strojů, ale jen do jednoho. Dále ušetříte za provoz fyzických strojů ať už v podobě spotřeby elektřiny, chlazení, pronájmu prostoru, kde se stroje nachází nebo síťové infrastruktury.

V případě potřeby přesunu serveru, čistě ze softwarového hlediska, lze jednoduše zkopírovat virtuální disk, na kterém je daný server nainstalovaný a ten zkopírovat na jiný virtuální stroj. Není třeba žádné zdoluhavé instalace ani záloh.

Při instalaci vašeho virtuálního serveru uvádíte, kolik danému operačnímu systému alokujete zdrojů (RAM, HDD, CPU atd.). Tento úkon děláte na základě odhadu, kolik toho daný server spotřebuje na základě provozovaných služeb. Ovšem snadno se může stát, že se tato služba začne rozpínat, stane se náročnější na provoz, a najednou bude potřebovat více zdrojů, ať už v podobě místa na operační paměti nebo na disku. Pomocí virtualizace jste schopni tomuto virtuálnímu stroji dynamicky přidávat nebo ubírat zdroje, pokud jimi váš fyzický stroj disponuje.

Pro virtualizaci serverů používáme virtualizační nástroj *VMware ESXi* verze 6. Jedná se o bezplatnou verzi tohoto virtualizačního nástroje, která dostačuje pro využití na škole, nicméně má některá omezení. Jedním z těchto omezení ještě na verzi 5.1 bylo omezení maximální hardwarové kapacity operační paměti na 32GB, nicméně s příchodem verze 5.5 toto omezení zrušili. Dalším omezením je fyzický počet procesorů. V současné verzi je možné mít dva fyzické procesory v serveru. V případě použití více procesorů by virtualizační nástroj nedovolil spuštění sebe samotného. Dále je umožněna správa pouze přes *VMware vSphere client*, nikoliv přes *VMware vCenter*, který disponuje více funkcemi pro správu. Tato omezení ovšem nijak neovlivnila naše rozhodnutí, jelikož pro potřeby školy tento nástroj bohatě stačí. Podrobnosti o tomto virtualizačním nástroji naleznete zde. [17]

3.7.3 Virtualizované operační systémy

Prvním virtualizovaným operačním systémem je *Windows Server 2012 R2*. Na tomto systému běží doménový řadič, tiskový server, souborová služba a služba úložiště, IIS což je webhosting, licencování vzdálené plochy a DNS server. Tento operační systém slouží jako primární server.

Druhý virtualizovaný operační systém je *Windows Server 2016*. Tento server slouží jako terminálový server a uživatelé se pomocí něho mohou přihlašovat na svoje profily mimo školu. Dále na tomto serveru běží MyQ což je nástroj pro správu tisku.

Třetím virtualizovaný operační systém je *Windows 10*, který slouží pro účely testování. Tento systém je připojen do domény, a tak se chová jako jiné počítače rozmístěné po škole.

3.8 Koncové stanice

Momentálně na škole slouží několik původních počítačů, které disponovaly alespoň dvoujádrovým procesorem, těm jsme zvedli kapacitu operační paměti na 4GB nebo případně vyměnili poškozené disky, a tak jsou dostačující pro běžné kancelářské využití. Zbylé počítače, které měly jednojádrové procesory byly vyřazeny. Místo vyřazených počítačů jsme pro školu vybrali repasované počítače od společnosti DELL.

Jedná se především o počítače DELL Optiplex 780 Small Form Factor. Tyto počítače mají dvoujádrový procesor od firmy Intel o frekvenci 3GHz a disponují operační pamětí o kapacitě 4GB. Máme s nimi několika leté zkušenosti a víme, že jsou spolehlivé. Na místech, kde bývají využívány náročnější programy, umístíme počítače DELL Optiplex 7010 s výkonnějšími procesory i5 nebo počítače DELL Optiplex 790, které mají procesory i3.

3.8.1 Softwarové vybavení

Na základě požadavků školy jsme na veškeré koncové stanice nainstalovali operační systém *Windows 10*. Instalace tohoto operačního systému je 32 bitová z důvodu kompatibility se staršími

výukovými programy. Dále jsme pro školu zajistili *Office 365 ProPlus* pro pedagogické zaměstnance školy a na každém počítači ve škole je nainstalována sada *Microsoft Office 2016*, kterou mohou využívat i žáci.

3.8.2 Zabezpečení koncových stanic

Počítače chrání produkty společnosti Eset. Počítače po celé škole chrání *Eset Endpoint Antivirus*. Tento antivirový program chrání systém Windows před všemi typy škodlivého kódu a má nízké systémové nároky, které tolik nezpomalují počítač. Podrobný popis tohoto produktu naleznete zde. [18]

Vedení školy a servery chráníme pomocí produktu *Eset Secure Office+*, který má několik dalších funkcí, jako například ochranu bankovníctví. Podrobné informace o tomto produktu naleznete zde. [19]

Všechny tyto produkty lze vzdáleně nainstalovat na koncové stanice a je možné je dále vzdáleně spravovat přes *Eset Remote Administrator (ERA)* 6 pomocí kterého se na koncové stanice vzdáleně instaluje nezávislý *agent*. Prostřednictvím tohoto *agenta* se *ERA* dorozumívá s koncovými stanicemi a může jim dát příkaz na instalaci daného produktu, jeho aktualizaci nebo aktualizaci operačního systému. Tyto úkoly se dají plánovat, například jednou za týden v daný den zvolené počítače provedou antivirovou kontrolu, zkontrolují aktualizace systému a poté se vypnou. Podrobnosti o vzdálené správě pomocí *ERA* naleznete zde. [20]

3.9 Tisk

Tisk je zajištěn multifunkčními tiskárnami TaskAlfa 2551ci od společnosti Kyocera. Tiskárny se nacházejí na následujících místech, která byla vybrána pro jejich snadnou dostupnost pro všechny uživatele.

První tiskárna je umístěna v místnosti vedení školy, aby jí měli pracovníci vedení po ruce. Druhá tiskárna je umístěna na chodbě v A3, kde se nachází velký počet tříd a kabinetů prvního i druhého stupně. Třetí tiskárna je umístěna v B1, kde se nachází třídy i kabinety druhého stupně. Čtvrtá tiskárna je umístěna v B2, kde se též nachází třídy a kabinety druhého stupně. Pátá tiskárna je umístěna v C3 kde se nachází třídy i kabinety prvního stupně.

Tiskárny jsou laserové a umí barevný i černobílý tisk a sken. Disponují rychlostí tisku max. 25/13 stran za minutu A4/A3 černobíle i barevně. Tisk první strany nastane do 6,2 vteřin při černobílém tisku nebo do 8,1 vteřin v případě barevného tisku. Operační paměť tiskárny je 3,5GB a má pevný disk o velikosti 160GB.

Tiskárny mají oproti konkurenčním řešením nižší tiskové náklady a jsou šetrnější k životnímu prostředí. Společnost Kyocera dělá svoje tiskárny ze součástí s dlouhou dobou životnosti, aby šetřili životní prostředí méně častým nahrazováním dílů. Dále tonery, které firma vyrábí, se skládají jen ze tří

až čtyř částí, na rozdíl od konkurenčních, které se skládají až ze třiceti částí. Na konferenci firmy Kyocera jsem se dozvěděl, že odpad vzniklý tiskem je až pětikrát menší než u konkurenčních řešení.

Hlavním faktorem úspory peněz je fakt, že větší tiskárna tiskne levněji oproti menším tiskárnám. Další úsporou je fakt, že se objednává pouze jeden typ toneru, který se objednává od jednoho dodavatele za předem domluvenou cenu, namísto XY různých tonerů pro spoustu modelů tiskáren, což usnadňuje správu. Toto spadá pod servisní materiálovou smlouvu, která zároveň řeší servisní práce a náhradní díly pro tiskárny Kyocera.

Ochrana prostředí spočívá v úspoře materiálu i lidských zdrojů. Jelikož jsme velký počet malých tiskáren nahradily pěti velkými multifunkčními tiskárnami, které produkují méně odpadu a strategicky jsme je umístili tak, aby tato změna byla snáze přijata uživateli. Nahrazením těchto tiskáren, je pro celý tiskárenský ekosystém potřeba méně lidských zdrojů. Podrobnější informace o tiskárnách naleznete zde. [21]

Popis systému MyQ, který obsluhuje tyto tiskárny a zajišťuje centralizovaný tisk, naleznete v kapitole provozovaných služeb.

3.10 Připojení k internetu

Nechali jsme přivést neagregovanou synchronní optickou přípojku, která momentálně disponuje rychlostí 40Mb/s stahování i nahrávání. Tato rychlost připojení zatím dostačuje požadavkům školy, jak je vidět z grafu využití linky. Synchronní přenos zajišťuje po dobu přenosu stejnou šíří pásma. [22]



Obrázek 13 vytyžení připojení k internetu

Tato přípojka je přivedena do přízemí pavilonu C, aby optické vlákno bylo co nejdříve zakončené. Zde je umístěna malá rozvaděčová skříň, ve které je zařízení poskytovatele. Spojení mezi tímto zařízením a naším směrovačem je uskutečněno venkovním kabelem kroucené dvojlinky Ubiquity.

3.11 Návrhy na zlepšení

K této síti mám pár návrhů na zlepšení. Týkají se hlavně zvětšení propustnosti dat ze serveru do sítě. Jelikož je server připojený k síti rychlostí pouhého 1Gb/s může nastat situace, že tato rychlost nebude stačit v okamžiku přihlašování více uživatelů, a když současně další uživatelé budou využívat multimediální soubory ze serveru. Tímto zlepšením by se tedy zrychlila síť ve špičkách během výuky.

Pro toto zdokonalení by bylo třeba zakoupit síťovou kartu do serveru, která umožňuje komunikovat rychlostí 10Gb/s a dále přepínač, který má alespoň jedno 10Gb/s rozhraní.

Z nového přepínače by se dál tato rychlost rozdělila mezi stávající přepínače pomocí agregace spojů mezi nimi. Toto zařízení by se stalo novým centrálním přepínačem.

Dále je potřeba zajistit spoj mezi serverem a novým přepínačem, který by se umístil do centrální rozvaděčové skříně pomocí kabelu Cat.6a. Díky pětinasobné šířce pásma oproti kroucené dvojince Cat.5e, je Cat.6a schopná přenášet data rychlostí až 10Gb/s. [23]

Označení	Šířka pásma	Maximální rychlost	Maximální délka
Cat5e	100 MHz	1Gb/s	100 m
Cat6	250 MHz	10Gb/s	55 m pro 10Gb/s
Cat6a	500 MHz	10Gb/s	100 m

Tabulka 5 Porovnání kategorií kroucených dvojlinek

Rychlost vyčítání dat je omezena současnými pevnými disky, které by bylo vhodné nahradit SSD disky určenými pro server.

3.11.1 Nákladové hledisko a jeho přijatelnost

Pro zvýšení propustnosti sítě jsem provedl výběr zařízení spolu s cenovým odhadem.

Zařízení	Množství	Cena s DHP/ks	Cena celkem
NETGEAR ProSafe S3300-28X (GS728TX) [24]	1	16 723 Kč	16 723 Kč
PLANET ENW-9803 PCI-E [25]	1	7703 Kč	7703 Kč
SAMSUNG 480GB HDD SSD SM863 2,5" [26]	4	10 549 Kč	42 196 Kč
PremiumCord CAT6A U-FTP Kabel 100m [27]	1	1413,28 Kč	1413,28 Kč

Tabulka 6 Náklady na zařízení potřebných k úpravám

Celkové náklady na zařízení v současnosti činí zhruba **68 000 Kč**. Po konzultaci s vedením školy a kolegy Pocem, jsme dospěli k názoru, že návrh i náklady jsou pro školu přijatelné.

3.12 Celkové hrubé náklady na rekonstrukci sítě ZŠMŠ Ohradní

Vedení školy ani vlastník společnosti si nepřáli podrobné zveřejnění celkových nákladů na rekonstrukci počítačové sítě. V zájmu objektivit uvádím přibližné náklady podle současných a obvyklých cen všech zavedených zařízení a materiálů dostupných na webových cenových srovnávačích. Nebudu však uvádět ceny licencí a služeb, jelikož se liší podle dohody s danou společností a jejich cena není přesně specifikována.

Náklady na rekonstrukci byly zákazníkem uhrazeny a s rekonstrukcí je spokojen.

3.12.1 Materiál a pasivní prvky

V hrubém součtu nákladů za materiál a pasivní prvky vynechám spojovací materiál.

Název	Množství	Cena s DPH/ks	Cena celkem
Lišta 40x20 2m	80	25 Kč	2 000 Kč
Lišta 40x40 2m	110	40 Kč	4 400 Kč
Lišta 80x40 2m	70	100 Kč	7 000 Kč
19" nástěnný rozvaděč 9U/600mm	7	2 900 Kč	20 300 Kč
Datacom, 24x RJ45, přímý, Cat.5e, STP, 1U	16	1 100 Kč	17 600 Kč
CNS kabel FTP, Cat.5e, LAN, 305m	12	2 400 Kč	28 000 Kč
Solarix kabel FTP, Cat.5e, LAN, 305m	14	2 400 Kč	33 600 Kč
CNS Zásuvka Basic FTP 2 port, Cat5E	64	100 Kč	6 400 Kč
CNS Zásuvka Basic FTP 1 port, Cat5E	4	55 Kč	220 Kč
Ubiquiti ToughCable Level1 venkovní FTP Cat.5e, drát, box 305m, PVC	1	3 600 Kč	3 600 Kč
FTP patchkabel kat. 5e, 0,25m	300	20 Kč	6 000 Kč

Tabulka 7 Hrubé náklady na materiál a pasivní prvky

Součet hrubých nákladů materiálu a pasivních prvků činí **130 000 Kč**.

3.12.2 Aktivní prvky a počítače

V hrubém součtu nákladů aktivních prvků a počítačů, počítám jen ceny za hardware.

Název	Množství	Cena s DPH/ks	Cena celkem
Mikrotik	1	3 000 Kč	3 000 Kč
Cisco SG300-52P 52x Gigabit PoE Managed Switch, PoE 375W	6	30 500 Kč	183 000 Kč
Cisco SG300-28PP Gigabit PoE Managed Switch	3	14 500 Kč	43 500 Kč
Meraki MX 84	1	42 000 Kč	42 000 Kč

Meraki MR 18	11	14 000 Kč	154 000 Kč
Ubiquiti NBE-5AC-19	2	2 700 Kč	5 400 Kč
QNAP TS-231	1	5 200 Kč	5 200 Kč
WD RE Raid Edition 2TB 128MB cache	2	4 000 Kč	8 000 Kč
RAM 2GB DDR2 800Mhz	20	650 Kč	13 000 Kč
DELL OptiPlex 780 SFF	25	4 400 Kč	110 000 Kč
DELL OptiPlex 780 USFF	14	4 400 Kč	61 600 Kč
BenQ LCD GL955A Black 18,5	6	2 000 Kč	12 000 Kč
SuperServer 5038D, 32GB RAM, 4x 2TB HDD, řadič LSI pro 8 disků	1	80 000 Kč	80 000 Kč
Kyocera TaskAlfa 2551ci + příslušenství MyQ	5	49 000 Kč	245 000 Kč

Tabulka 8 Hrubé náklady na aktivní prvky a počítače

Součet hrubých nákladů na aktivní prvky a počítače činí **970 000 Kč**.

3.13 Shrnutí

Nová síť přináší zákazníkovi rychlejší a spolehlivější přenos dat a přístup k internetu, bezpečnější používání sítě a možnost efektivnějšího využití. Tato síť je oproti původní až desetkrát rychlejší a v brzké budoucnosti máme možnost navýšit její propustnost pomocí agregace spojů mezi jednotlivými přepínači. Dále jsme schopni segmentovat síť pomocí VLAN, pro zajištění bezpečnější komunikace na síti. Celá síť prošla modernizací, tím jsou myšleny počítače, aktivní a pasivní prvky, připojení k internetu i softwarové vybavení. Získání těchto benefitů je však za cenu vyšších nákladů.

4. Provozované služby na síti

4.1 DHCP

DHCP serverem je hardwarový firewall Cisco Meraki MX84. DHCP server neprovozujeme na serveru, jelikož by při jeho výpadku mohl omezit funkčnost sítě. Nově připojení klienti by se tak nedostali na internet. Tímto zachováme alespoň částečnou funkci sítě a bude funkční připojení k internetu, ačkoliv připojení k serveru nebude dostupné.

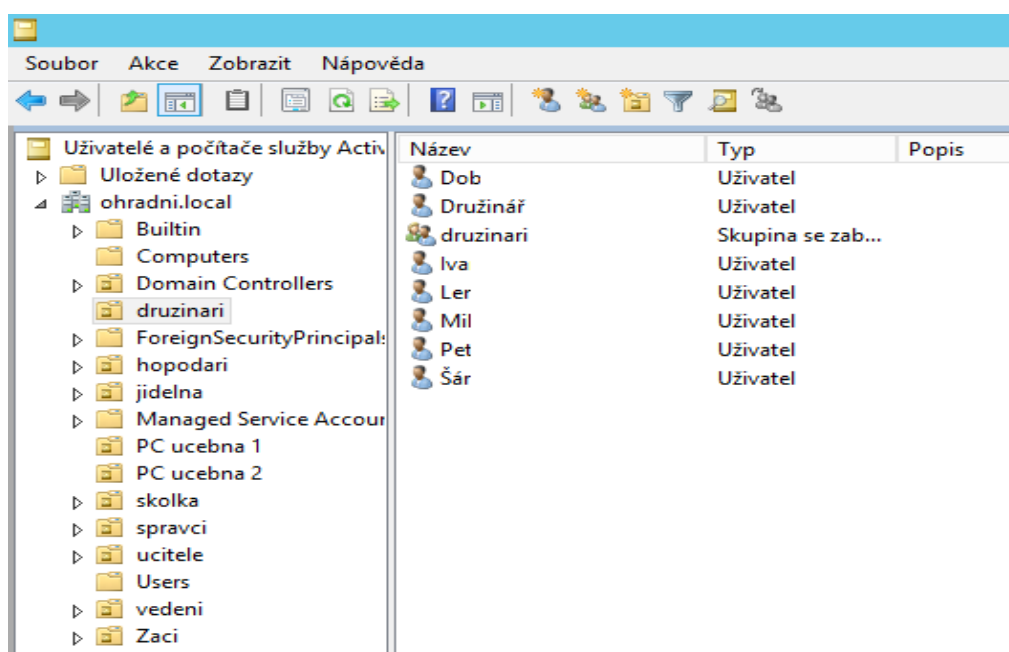
4.2 Active Directory (AD)

„Active Directory je adresářová služba obsažená v systému Windows Server. Active Directory zahrnuje adresář, v němž jsou uloženy informace o vašich distribuovaných prostředcích, stejně jako o službách, díky nimž jsou tyto informace užitečné a dostupné. Všechny verze systému Windows Server od systému Windows 2000 podporují Active Directory.“ [28]

Prostředky, které chcete reprezentovat ve službě Active Directory jsou vytvořeny a uloženy jako objekty. Každý z těchto objektů má atributy, které ho specifikují. Jako například objekt *Uživatel* v této službě specifikují atributy jako jméno, prostřední jméno, příjmení a také zobrazované jméno. Zobrazované jméno se ukazuje například při přihlašování uživatele. *Počítače* jako objekty mají také své atributy, jako například název počítače, popis a umístění. [29]

Objekty v adresáři jsou buď koncové objekty, což mohou být právě konkrétní *uživatelé* a *počítače* nebo mohou být *kontejnery*, což jsou například adresáře, které obsahují další objekty.

Active Directory běží na SERVER1, v této službě jsme rozdělili uživatele do několika skupin zabezpečení dle potřeby. Tímto můžeme jednoduše delegovat oprávnění skupinám uživatelů, na rozdíl od přiřazování práv jednotlivým uživatelům. Pomocí definovaného zabezpečení v této službě můžeme provádět přihlašovací údaje s jinými službami, například MyQ. Dále udržuje databázi ověřených počítačů, které jsou připojeny do domény. Na tyto počítače se aplikují doménová pravidla, což zjednodušuje správu těchto počítačů. Dále nebýt této databáze, nebyli by uživatelé schopní se přihlásit na daném počítači, jelikož by postrádal důvěru ze strany domény. Zde je příklad rozdělení skupin uživatelů, dovolím si umazat část jména uživatelů v adresáři družinářů.



Obrázek 14 Rozdělení uživatelů v Active Directory

4.2.1 Uživatelské účty

Jeden z požadavků školy, který se týkal efektivního využití sítě, se zde hodí zmínit. Jelikož ve staré síti byli uživatelé nuceni nosit si svoje externí úložné disky jako např. flash disky, aby si mohli brát svá soukromá data například na výuku k jinému počítači. Dnes mají uživatelé školy možnost využívat cestovní profily.

Výhoda těchto profilů spočívá v tom, že uživatel může ukládat data v rámci svého profilu, se kterým se může přihlásit na jakémkoliv počítači ve škole, který je připojený v doméně. Podmínkou propsání dat na server tak, aby se nově uložená data načetla i na příštím počítači například na ploše, je nutné, aby se uživatel odhlásil na počítači, na kterém data ukládal. Teprve v tomto okamžiku se propisují nová data z profilu na server, odkud se následně profil při přihlašování opět načítá.

Bylo tedy nutné, zaměstnancům poskytnou školení, na kterém jsme je museli s těmito fakty obeznámit, abychom zamezili tomu, že nechají svůj profil přihlášený na více počítačích ve škole, a pak vznikne problém s ukládáním a mizením dat, o kterých si mysleli, že je uložili na plochu a ony tam náhle nejsou. Tento problém zároveň způsobilo automatické zamykání počítačů, jelikož uživatelé neznali rozdíl mezi odhlášením a zamknutím profilu, a i to bylo potřeba uživatelům objasnit.

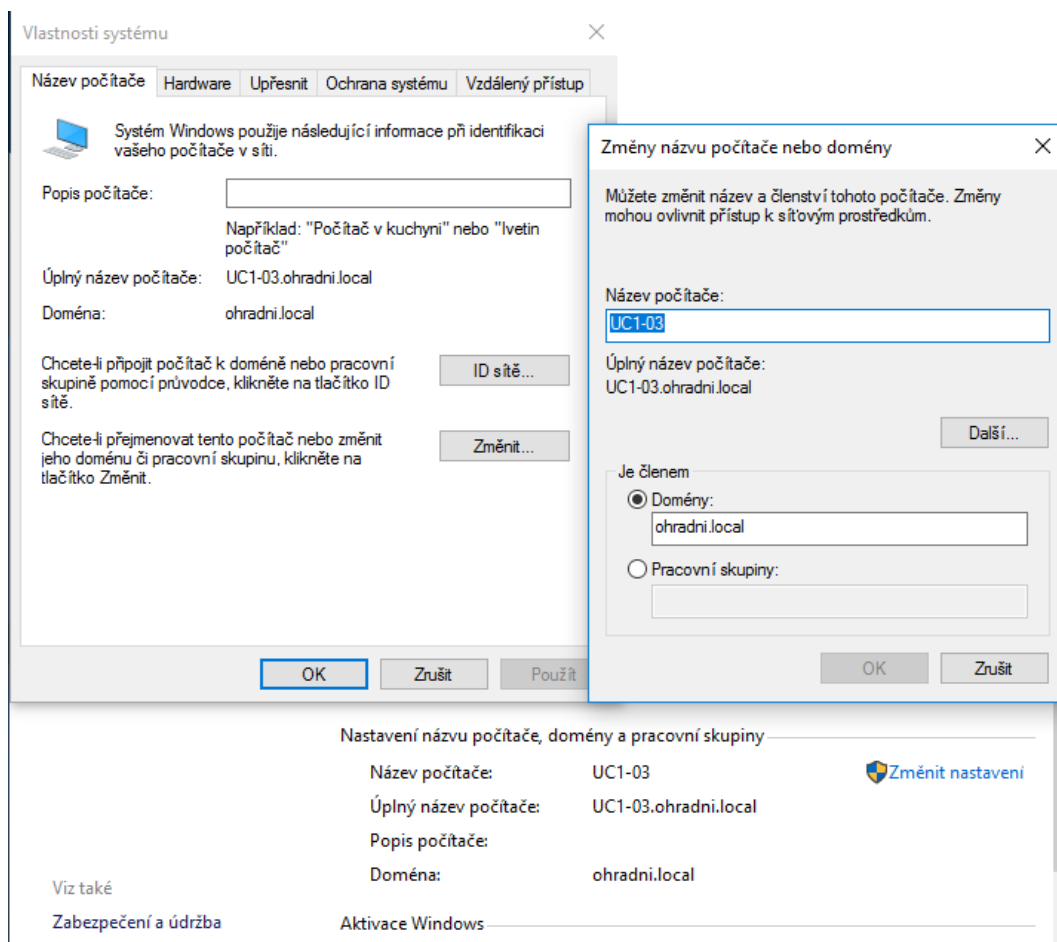
Dále je nutné zmínit i možné nevýhody těchto cestovních profilů. Bylo zapotřebí uživatelům důrazně vysvětlit, že v případě zaplnění profilu objemnými daty se prodlouží doba načítání jejich profilu nebo se dokonce nepodaří načíst profil vůbec. Jelikož na koncových stanicích zanecháváme lokální otisky profilů pro zrychlení načítání, může se také stát, že se místní disk přeplní těmito profily a již nebude profil možné načíst. Proto bylo nutné uživatele o této možnosti informovat a poučit je o ukládání větších dat jako jsou filmy nebo videa, určená k výuce na vyhrazené místo na server.

Tyto fakta se vztahují i pro přihlašování a odhlásování profilů na terminálovém serveru.

4.2.2 Počítače

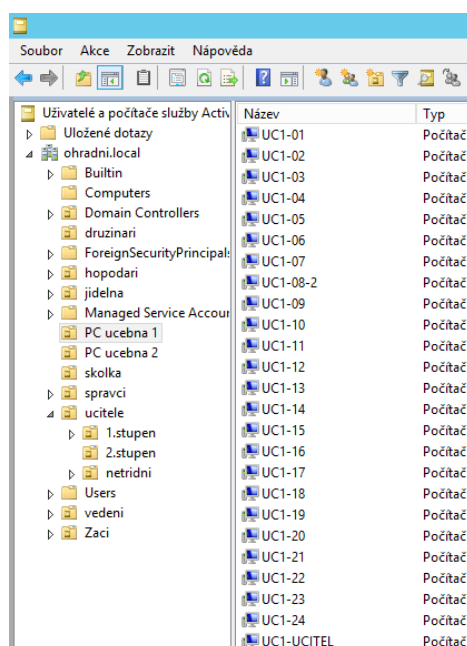
Každý počítač, na kterém se mají přihlašovat zaměstnanci školy, je nutné přihlásit do domény. Bez tohoto kroku, nemá uživatel šanci přihlásit se na svůj doménový uživatelský účet. Jedná se o jeden z bezpečnostních prvků, který zamezí cizím počítačům pokusům o připojení k doménovým účtům a dalším prostředkům na serveru.

Počítače se systémem Windows se přihlašují do domény z vlastností počítače, kde je přímo věnovaná sekce názvu počítače a jeho zapojení do domény nebo pracovní skupiny. Na následujícím obrázku je příklad počítače z počítačové učebny zapojeného do domény. Pro úspěšné připojení k doméně je zapotřebí znát název domény a mít přístupové údaje k doménovému uživatelskému účtu, který má právo pro přidání počítače do domény. Jedná se o doménový administrátorský účet.



Obrázek 15 Zapojení počítače do domény

Takto se zobrazují počítače připojené do domény v AD.

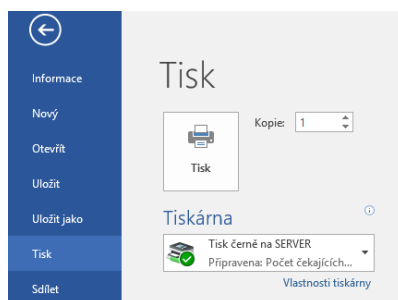


Obrázek 16 Seznam počítačů v doméně v kontejneru PC ucebna 1

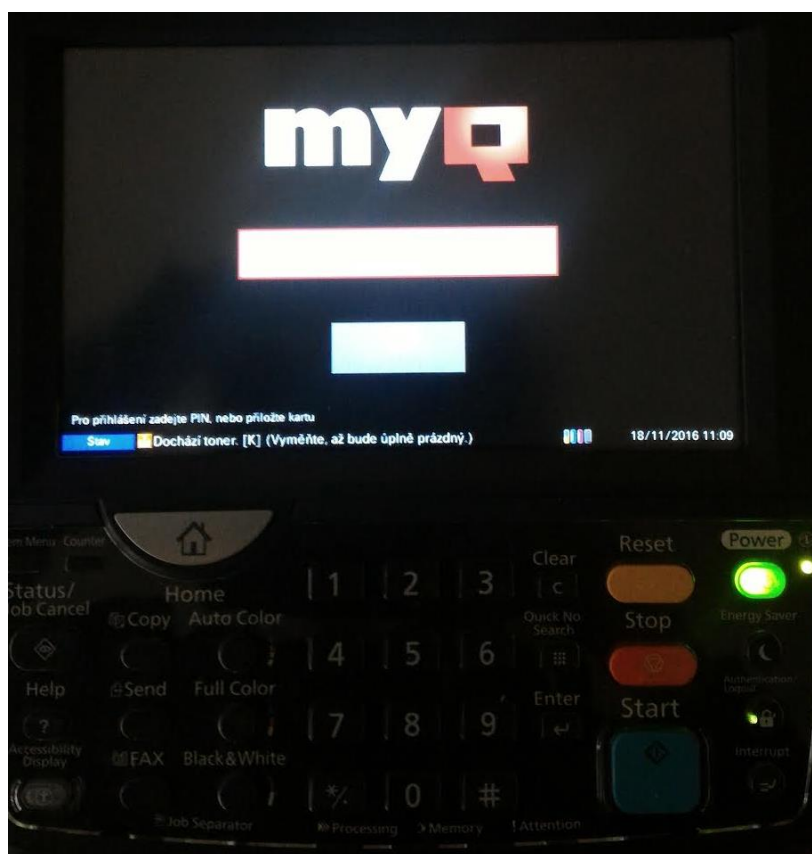
4.3 MyQ

Jedná se o tiskové řešení, které jsme vybrali na základě požadavků školy a našich předchozích zkušeností.

Uživatelská přívětivost spočívá v jednoduchosti tisku z počítače, kde se v nabídce nachází přednastavená tiskárna, takže uživatel nemusí bádát kam úlohu poslat, jeho úlohy ho následují na všech tiskárnách na škole. Dále funkcemi, které tiskárna nabízí na dotykovém displeji s uživatelsky přívětivým rozhraním.

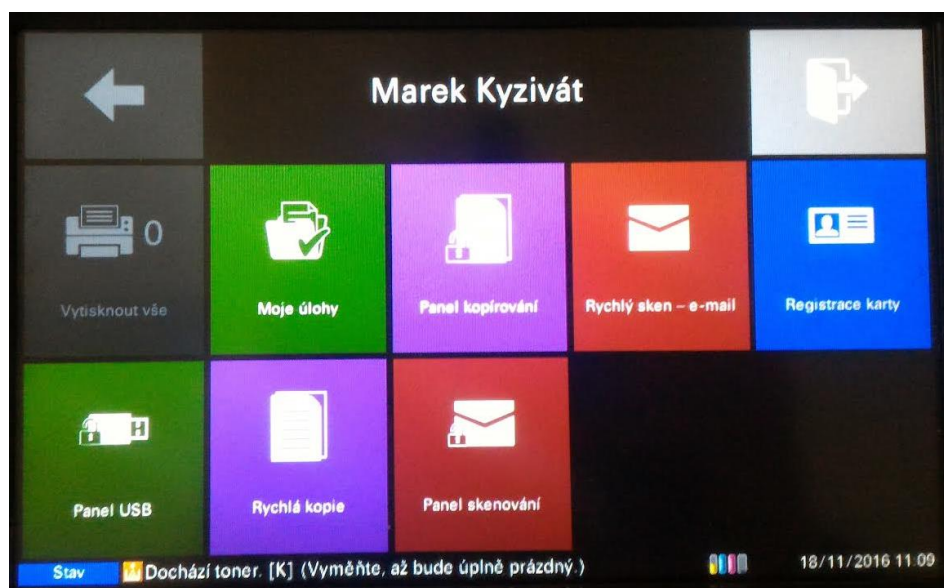


Obrázek 17 Přednastavený tisk



Obrázek 18 Výzva pro zadání PINU nebo přiložení karty pro přihlášení

Tiskárny požadují ověření uživatele pomocí pinu nebo k němu přiřazenému čipu nebo karty. Na základě tohoto ověření se tiskárna odemkne a zpřístupní uživatelské funkce daného uživatele. Uživatel má nyní možnost využívat služeb tiskárny, mezi které se řadí tisk, kopírování a skenování do mailu.

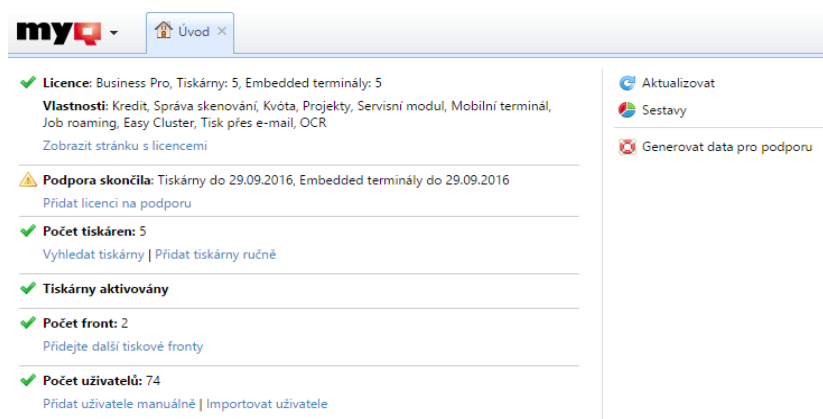


Obrázek 19 Nabídka MyQ po přihlášení uživatele

Důležité je podotknout, že uživatel není nucen jít ihned k tiskárně pro vytisknutou úlohu, ale má možnost si úlohu vytisknout kdy bude chtít, například až půjde okolo tiskárny nebo druhý den. Tiskové úlohy se na serveru uchovávají čtrnáct dní. Díky tomu se nestane, že někde proběhne tisk bez toho, aniž by u toho uživatel stál, tak se zamezí odcizení tisknuté úlohy, jelikož často může obsahovat citlivé údaje nebo například otázky k testu.

4.3.1 Správa MyQ

Služba MyQ běží SERVER2. Její správa se provádí přes webový prohlížeč a je velice uživatelsky přívětivá. K této službě se dá přistupovat odkudkoliv z vnitřní sítě školy, dokonce i z internetu, ale nebudu uvádět její adresu. Je určena jen pro nás správce. Po zadání adresy jste vyzváni pro přihlášení ke správcovskému účtu. Po úspěšném přihlášení jste na následující stránce.



Obrázek 20 Domovská stránka správy MyQ

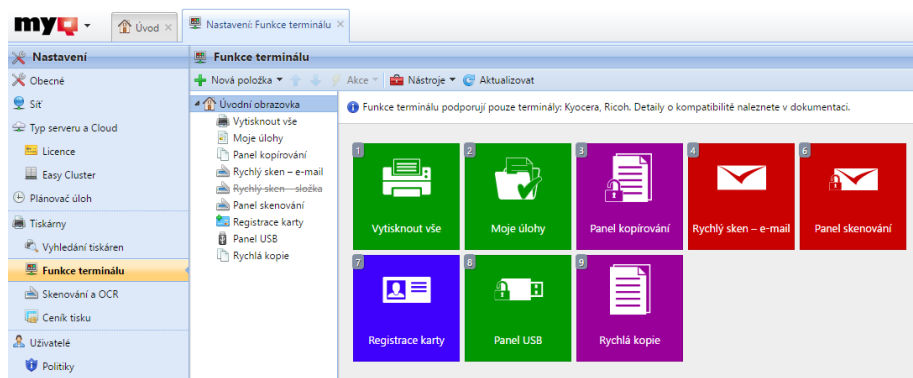
Rád bych zde uvedl pár konkrétních možností tohoto správcovského systému.

Pomocí tohoto správcovského systému, jsme schopni snadno přidat nového uživatele, například když nastoupí nový zaměstnanec. V případě, že se nastavuje systém poprvé, je možné importovat větší počet uživatelů naráz z LDAP nebo AD. V tomto systému je možné nastavit pravidelnou synchronizaci s AD, která může probíhat například každý den v určitou hodinu.

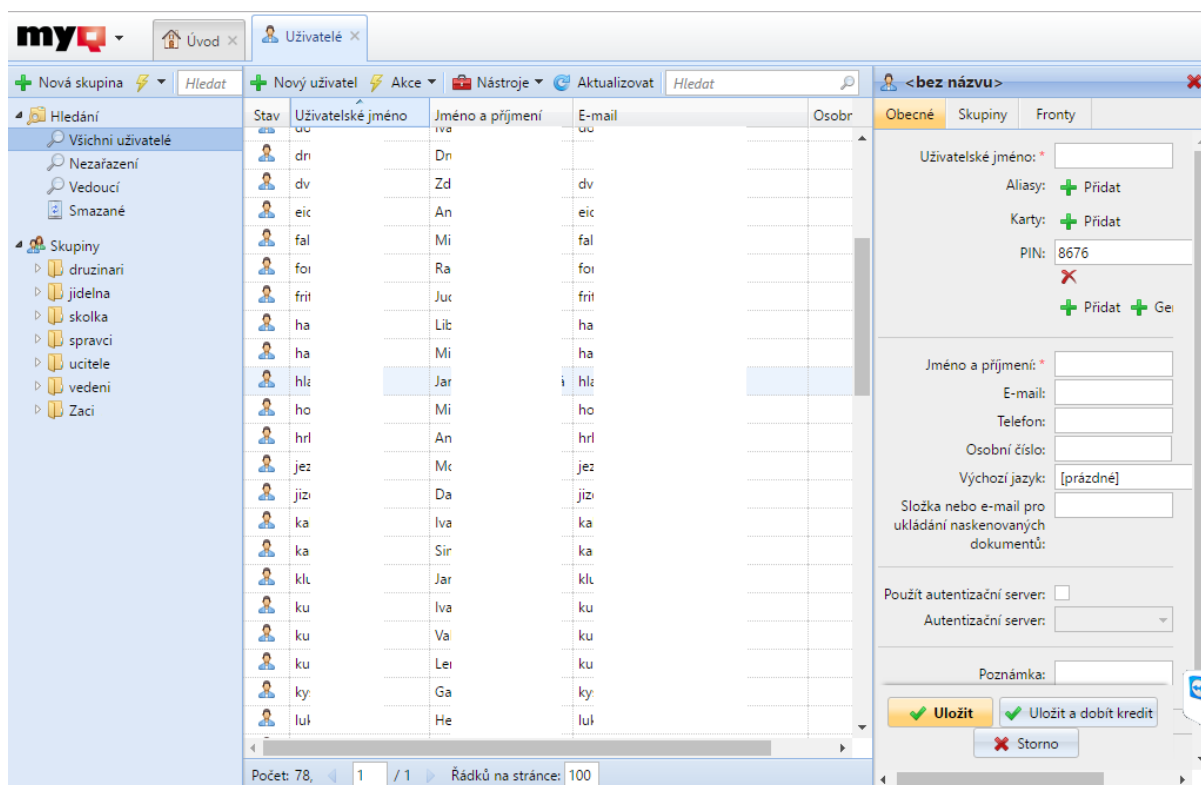
My si ovšem uživatele zakládáme manuálně ihned v okamžiku, kdy se dozvíme, že mu máme vytvořit přístupy do sítě. Na následujícím obrázku můžete vidět, jak vypadá stránka zobrazující uživatele v systému MyQ a případné přidání nového uživatele.

Při vytváření nového uživatele, je důležité zadat jeho odpovídající *uživatelské jméno* v AD. Pomocí toho je pak uživatel schopen tisknout, ze kteréhokoliv počítače, na němž je přihlášen doménovým účtem. Dále je zde *PIN*, který se automaticky generuje, avšak lze zadat i manuálně. Tento *PIN* je poslán uživateli do jeho *emailové schránky*, která se vyplňuje níže. Do této *emailové schránky* následně chodí i naskenované dokumenty z multifunkčních tiskáren ve formátu PDF.

Jednotlivým *uživatelům* nebo *skupinám* můžete určit, jaké *nabídky* se jim po přihlášení do systému zobrazí. Tím můžete uživatelům předně nabízet to, co nejvíce využijí.



Obrázek 21 Určení nabídky uživatelů



Obrázek 22 MyQ - tvorba/editace uživatele

Dále je zde k vidění atribut *Aliases*, kam lze zařadit například jméno konkrétního osobního počítače uživatele, kterému je umožněno tisknout ze svého vlastního zařízení. Tento uživatel tak musí být zařazen tedy i do *fronty*, která toto umožňuje. Ještě bych rád zmínil atribut *Karty*, do kterého se ukládá například číslo čipu nebo karty, které uživatel může používat pro přihlášení místo *PINU*. Tento atribut se vyplní automaticky poté, co se uživatel přihlásí u libovolné multifunkční tiskárny pinem a následně zvolí možnost *Registrace karty*. Následně přiloží svůj čip nebo kartu a tím si svůj identifikátor zaregistruje.

Pomocí toho tiskového řešení jsme schopni rozeznávat majitele tiskových úloh na základě několika faktorů. Osobně mám zkušenosti s rozeznáváním tiskových úloh podle *názvu počítače* a podle *uživatelských účtů* v doméně. Avšak toto tiskové řešení nabízí i další možnosti pro rozeznání majitele tiskové úlohy. Na následujícím obrázku je seznam možností pro rozeznání majitele tiskové úlohy v systému MyQ.

Způsob určení vlastníka úlohy: *	Odesílatel úlohy
Regulární výraz:	Odesílatel úlohy
Použít název úlohy z PJL: *	Název počítače odesílatele
Režim metadat úlohy: *	Název tiskového serveru v DNS
Způsob určení názvu počítače: *	Název počítače odesílatele v DNS
	Uživatel uložený v názvu úlohy
	Zeptat se na PIN/kartu
	Zeptat se na uživatele a heslo
	Nechat vybrat uživatele ze seznamu
	@PJL SET USERNAME="..."

Obrázek 23 Určení vlastníka tiskové úlohy

Dále tento systém umí jednoduše určovat kvóty na počet vytisknutých stran za měsíc pro konkrétní *uživatele* nebo *skupiny uživatelů*. Tímto se dá předcházet plýtvání tonerů a papírů, jelikož si uživatelé dobře promyslí, jestli daný tisk opravdu potřebují uskutečnit. V případě, že má uživatel potřebu přesáhnout danou kvótu, je nucen požádat zástupce školy, aby mu kvótu navýšil. Kvóty se dají nastavit jak pro černobílý, tak i barevný tisk. Navýšení kvót zabere zhruba minutu. Uživatele lze snadno dohledat pomocí nabídky aktualizující se na základě zadaných písmen, které jsou obsažena v uživatelském jméně.

Obrázek 24 Navyšování kvót MyQ

4.4 Eset Remote Administrator (ERA)

ERA běží na SERVER1. Jak jsem již psal v části zabezpečení koncových stanic, všechny antivirové produkty lze vzdáleně nainstalovat na koncové stanice a je možné je dále vzdáleně spravovat přes Eset Remote Administrator (ERA) 6 pomocí kterého se na koncové stanice vzdáleně instaluje nezávislý agent. Prostřednictvím tohoto agenta se ERA dorozumívá s koncovými stanicemi a může jim dát příkaz na instalaci daného produktu, jeho aktualizaci nebo aktualizaci operačního systému. Tyto úkoly se dají plánovat, například jednou za týden v daný den zvolené počítače provedou antivirovou kontrolu, zkontrolují aktualizace systému a poté se vypnou.

ES ET

REMOTE ADMINISTRATOR

Název počítače

PODSKUPINY

PŘIDAT FILTR

Počítače

Skupiny

All

Computers

Vedení

Domain Controllers

Lost & found

Výradit

Windows computers

Linux computers

Mac computers

Computers with outdated virus signature

Computers with outdated operating system

Problematic computers

Not activated security product

Mobile devices

Android devices

iOS devices

Problematic computers (76)

uc2-01.abradnsl.local

uc1-04.abradnsl.local

uc1-23.abradnsl.local

uc1-32.abradnsl.local

uc1-21.abradnsl.local

uc1-15.abradnsl.local

uc1-13.abradnsl.local

uc1-12.abradnsl.local

uc1-11.abradnsl.local

uc1-07.abradnsl.local

uc1-05.abradnsl.local

uc1-04.abradnsl.local

uc1-03.abradnsl.local

uc1-02.abradnsl.local

13308-kat.abradnsl.local

13307-kat.abradnsl.local

13306-kat.abradnsl.local

13305-kat.abradnsl.local

13208.abradnsl.local

192.168.8.84

192.168.8.114

192.168.8.226

192.168.9

192.168.8.119

192.168.8.242

192.168.8.5

192.168.9.4

192.168.9.5

192.168.9.6

192.168.8.3

192.168.9.12

192.168.9.13

192.168.9.16

192.168.8.151

192.168.8.152

192.168.8.39

192.168.8.40

192.168.8.161

STAV

POTLAČENO

VIROVÁ DAT...

NAPOSLEDY PŘIPOJENO

NEVYŘEŠENO...

BEZPEČNOSTNÍ PRODUKT

VERZ

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

6.4.2

Obrázek 25 ERA - seznam neaktualizovaných počítačů

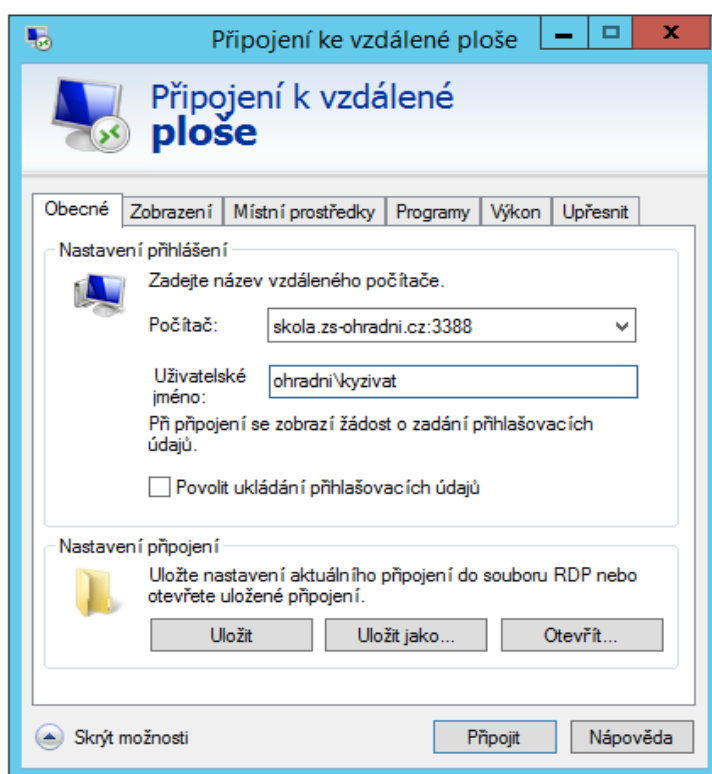
Avšak i tento systém má svoje mouchy, které se musí opravit. Například se nám stalo, že námi naplánovaný úkon, který se měl opakovat každou sobotu, proběhl jen jednou a další sobotu už nikoliv. Příčinou byl jeden z počítačů, kterých se úkon týkal, jelikož tento úkon nedokončil a zasekl se na vyhledávání aktualizací systému Windows. ERA díky tomu nedostal informaci o úspěšném dokončení úkonu od celé skupiny počítačů, a měl za to, že úkon stále pokračuje a proto ho nezpustil znovu.

4.5 Terminálový server

Jako terminálový server nám slouží SERVER2. Terminálový server slouží uživatelům pro připojení pomocí RDP protokolu. Pomocí tohoto terminálového serveru se mohou odkudkoliv připojit na svůj *uživatelský účet v doméně*. Mohou tak zkrátka pracovat například z domova. Uživatelé si mohou například dopředu z domova připravit tiskové úlohy a při příchodu do školy si je hned vytisknout nebo vyřizovat administrativní záležitosti z domova večer o víkendu, namísto sezení ve škole do pozdního pátečního odpoledne. Terminálový server je dostupný všem pedagogickým zaměstnancům školy.

Uživatelé se připojují pomocí klienta *Připojení ke vzdálené ploše*, který se nachází na všech dnes používaných operačních systémech Windows. Proto, aby se uživatelé mohli připojit, bylo nutné provést školení těchto zaměstnanců. V počítačové učebně, jsme jim ukázali, kde a jak klienta najdou a dále co musí vyplnit, aby se mohli na *terminálový server* připojit. Konkrétně bylo nutné vysvětlit uživatelům, že musí zadat adresu vzdáleného počítače a to *skola.zs-ohradni.cz:3388*. Dále bylo nutné vysvětlit, že je potřeba specifikovat *doménu* v *uživatelském jméně*. Celý název domény na škole je *ohradni.local*, pro přihlášení stačí zadat *ohradni\uzivatelske_jmeno*. Bez názvu domény, by se uživatel nebyl schopný přihlásit.

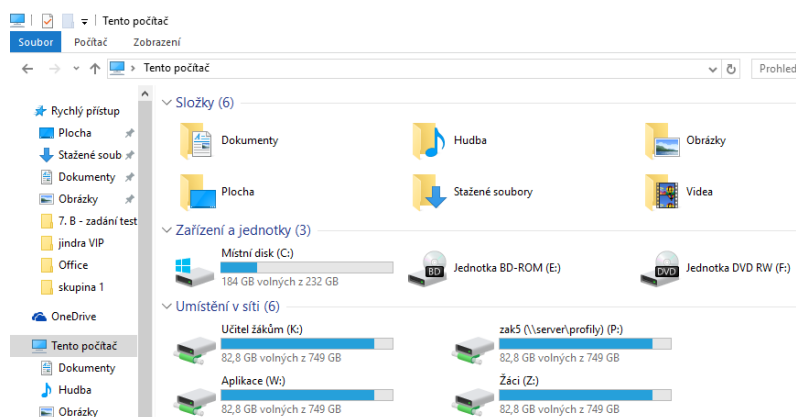
Zde je příklad přihlášení na náš terminálový server.



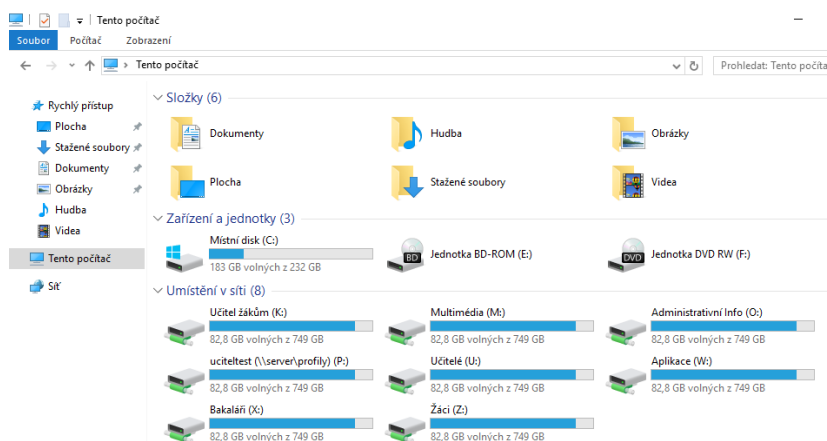
Obrázek 26 Připojení k terminálovému serveru pomocí klienta Připojení ke vzdálené ploše

4.6 Souborový server

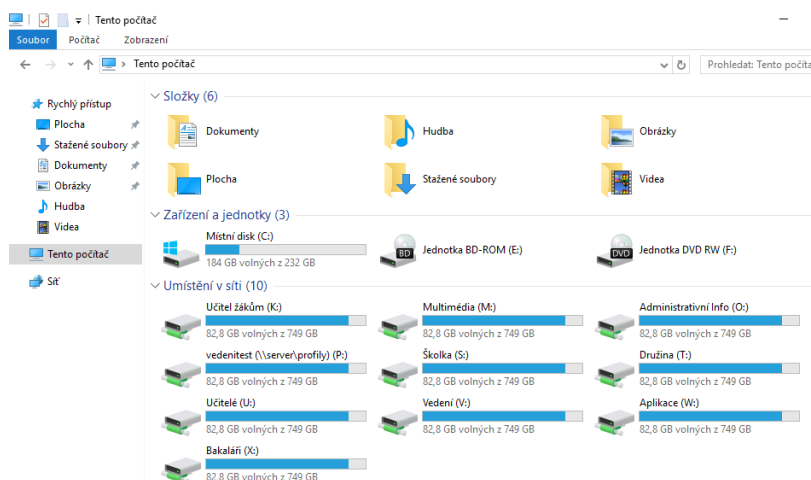
Roli souborového serveru má SERVER1 a zajišťuje přístup ke sdíleným složkám daným uživatelům nebo skupinám. Jedná se například o složky, které se následně připojují jako síťové disky, na které vidí pouze určití uživatelé a jiní ne. Zde jsou příklady z pohledu různých uživatelů. [30]



Obrázek 27 Disky viditelné žáky



Obrázek 28 Disky viditelné učiteli



Obrázek 29 Disky viditelné vedením

Závěr

Bakalářská práce se zabývá popisem původní sítě, kterou jsme s kolegou Pocem převzali do správy a její následnou rekonstrukcí. Práce popisuje stav sítě v době převzetí i po rekonstrukci, její aktivní a pasivní prvky, které byly při tvorbě této sítě i při rekonstrukci využity, počítače zapojené do sítě a softwarové vybavení. Na základě měření a pozorování, byla téměř celá původní síť obměněna, jelikož nesplňovala požadavky zákazníka, ani technické parametry pro jejich umožnění.

Na základě požadavků zákazníka jsme navrhli síť, při jejíž realizaci jsem se především podílel na tvorbě strukturované kabeláže a řemeslných pracích. Veškeré zapojení pasivních prvků jsem kontroloval pomocí přístroje Cable IQ a vytvořil dokumentaci kabeláže. Dále jsem se podílel na instalaci koncových stanic, zapojení a konfiguraci aktivních prvků a zprovoznění některých služeb.

Rekonstruovaná síť v současné době naplňuje představy zákazníka. Je zde ještě prostor pro vylepšení jako je například mnou zmiňované zvětšení propustnosti sítě mezi centrálním přepínačem a serverem. Pro toto zlepšení jsem provedl výběr aktivních i pasivních prvků, které byly následně schváleny pro pořízení v brzké budoucnosti.

Na tuto práci lze navázat řešením konfigurace VLAN pro segmentaci sítě školy, jež by škole přineslo větší bezpečnost a odolnost proti odposlechům. V současné době se VLAN používá pouze pro VoIP telefony.

Bibliografie

- [1] GX1024X V4 [online]. [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: https://www.asus.com/cz/Networking/GX1024X_V4/
- [2] Měřicí přístroj Fluke CableIQ Qualification Tester CIQ-100 [online]. [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: <http://www.intelek.cz/product.jsp?artno=43020011>
- [3] Měření strukturované kabeláže [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.intelek.cz/info.jsp?doc=5C48DFAC7571DD9CC125734C0068E61A>
- [4] **KOC, Petr**. PCT speciál – jak jsem stavěl domácí server 1. díl. In: ECC RAM [online]. 2011 [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/navody/zaklady-stavba-pc/21468-pct-special-jak-jsem-stavel-domaci-server-1-dil?start=7>
- [5] RAID. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 2016-11-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/RAID>
- [6] Digitální detektor kovu Bosch PMD 10 [online]. [cit. 2016-11-25]. Dostupné z: <http://www.bosch-cr.cz/detektory-materialu/digitalni-detektor-kovu-bosch-pmd-10-digitalni-detektor-kovu-bosch-pmd-10>
- [7] **S. HomChaudhuri** a **M. Foschiano**. Cisco Systems' Private VLANs: Scalable Security in a Multi-Client Environment [online]. 2010 [cit. 2016-11-20]. ISSN 2070-1721. Dostupné z: <https://tools.ietf.org/html/rfc5517>
- [8] Dashboard Login [online]. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: https://account.meraki.com/secure/login/dashboard_login
- [9] Power over Ethernet. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 2016-11-18]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet
- [10] IEEE 802.11. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [11] Wi-Fi Protected Access. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Protected_Access#Bezpe.C4.8Dnost_PSK
- [12] Instalační kabel Solarix CAT5E FTP PVC 305m/box SXKD-5E-FTP-PVC [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://www.intelek.cz/product.jsp?artno=27655142>
- [13] CNS Network CNS kabel FTP, Cat5E, lanko, PVC, box 305m - červená [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <https://www.inter-store.cz/produkt/CNS-Network-CNS-kabel-FTP-Cat5E-lanko-PVC-box-305m-cervena-p5085717.html>
- [14] Kabel Ubiquiti ToughCable Level1 venkovní FTP CAT5e, drát, box 305m, PVC, černý [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: https://www.wifi-shop.cz/kabel-ubiquiti-toughcable-level1-venkovni-ftp-cat5e-drat-box-305m-pvc-cerny_d3094.html
- [15] UBNT konektor STP RJ45 Cat5, 8p8c, drát, pozlacený, AWG24 [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: https://www.wifi-shop.cz/bnt-konektor-stp-rj45_d3097.html
- [16] Virtualizace. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Virtualizace>
- [17] VSphere Hypervisor [online]. [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://www.vmware.com/products/vsphere-hypervisor.html>

- [18] ESET ENDPOINT ANTIVIRUS: NEJLEPŠÍ VOLBA [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <https://www.eset.com/cz/firmy/produkty/endpoint-antivirus/>
- [19] ESET SECURE OFFICE + [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <https://www.eset.com/cz/firmy/firemni-reseni/secure-office-plus/>
- [20] ESET REMOTE ADMINISTRATOR [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <https://www.eset.com/cz/firmy/produkty/remote-administrator/>
- [21] TASKalfa 2551ci [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://www.kyocera.cz/produkty/podle-typu/barevna-zarizeni/taskalfa-2551ci>
- [22] **KABELOVÁ, Alena a Libor DOSTÁLEK.** Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2236-5.
- [23] Kroucená Dvojlinka. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kroucen%C3%A1_dvojlinka
- [24] NETGEAR ProSafe S3300-28X (GS728TX) - řízený switch 24× 1GbE + 2× 10GbE-T + 2× 10GbE(SFP+) [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: http://compos.cz/netgear-prosafe-s3300-28x-gs728tx-rizeny-switch-24-1gbe-2-10gbe-t-2-10gbe-sfp-_d435089.html
- [25] PLANET ENW-9803 PCI-E SÍŤOVÁ KARTA, 1X 10GBASE-T, RJ-45, IEEE802.3AN, RSS [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: http://compos.cz/planet-enw-9803-pci-e-sitova-karta-1x-10gbase-t-rj-45-ieee802-3an-rss_d490017.html
- [26] SAMSUNG 480GB HDD SSD SM863 2,5" SATAIII Server SSD MLC [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: http://compos.cz/samsung-480gb-hdd-ssd-sm863-2-5-sataiii-server-ssd-mlc_d505140.html
- [27] PremiumCord CAT6A U-FTP Kabel 4x2, drát AWG23, čistá měď 100m LSOH [online]. [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://www.krup.cz/?cls=stoitem&stiid=5099>
- [28] **STANEK, William R.** Active Directory: kapesní rádce administrátora. Brno: Computer Press, 2009. Microsoft (Computer Press). ISBN 978-80-251-2555-7.
- [29] **STANEK, William R.** Mistrovství v Microsoft Windows Server 2008: [kompletní informační zdroj pro profesionály]. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2158-0.
- [30] **HORÁK, Jaroslav a Milan KERŠLÁGER.** Počítačové sítě pro začínající správce. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2073-6.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozložení budov	2
Obrázek 2 Umístění serverovny v C3.....	3
Obrázek 3 Fyzická topologie původní sítě	4
Obrázek 4 Fyzická topologie rekonstruované sítě	12
Obrázek 5 Mikrotik - rozhraní.....	15
Obrázek 6 Vytížení připojení všemi klienty	16
Obrázek 7 Konfigurační stránka přepínače SG300-52P	16
Obrázek 8 Konfigurace VLAN	17
Obrázek 9 Stav WiFi můstku na straně ZŠ	18
Obrázek 10 Stav WiFi můstku na straně MŠ.....	19
Obrázek 11 Přehled přístupových bodů na škole.....	20
Obrázek 12 Podrobnosti přístupového bodu	20
Obrázek 13 vytížení připojení k internetu.....	25
Obrázek 14 Rozdělení uživatelů v Active Directory	29
Obrázek 15 Zapojení počítače do domény.....	31
Obrázek 16 Seznam počítačů v doméně v kontejneru PC ucebna 1	31
Obrázek 17 Přednastavený tisk	32
Obrázek 18 Výzva pro zadání PINU nebo přiložení karty pro přihlášení	32
Obrázek 19 Nabídka MyQ po přihlášení uživatele.....	33
Obrázek 20 Domovská stránka správy MyQ	34
Obrázek 21 Určení nabídky uživatelů.....	34
Obrázek 22 MyQ - tvorba/editace uživatele	35
Obrázek 23 Určení vlastníka tiskové úlohy	36
Obrázek 24 Navyšování kvót MyQ.....	36
Obrázek 25 Připojení k terminálovému serveru pomocí klienta Připojení ke vzdálené ploše	38
Obrázek 26 Disky viditelné žáky	39
Obrázek 27 Disky viditelné učiteli.....	39
Obrázek 28 Disky viditelné vedením	39

Seznam tabulek

Tabulka 1 Adresace učitelské sítě.....	5
Tabulka 2 Adresace žákovské sítě	5
Tabulka 3 Adresace LAN po rekonstrukci.....	12
Tabulka 4 Adresy síťových zařízení.....	13
Tabulka 5 Porovnání kategorií kroucených dvojlinek	26
Tabulka 6 Náklady na zařízení potřebných k úpravám.....	26
Tabulka 7 Hrubé náklady na materiál a pasivní prvky	27
Tabulka 8 Hrubé náklady na aktivní prvky a počítače	28