

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA EKONOMICKO - SPRÁVNÍ
ÚSTAV SYSTÉMOVÉHO INŽENÝRSTVÍ A INFORMATIKY

DISTRIBUCE DIGITÁLNÍHO TELEVIZNÍHO
SIGNÁLU PO SÍTI LAN

Viktor Coufal

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
2008

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Viktor COUFAL**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**

Název tématu: **Distribuce digitálního televizního signálu po síti LAN**

Zásady pro vypracování:

1. Vymezení základních pojmů
2. Formát MPEG 2
3. Příjem a vysílání DVB-T
4. Princip distribuce DVB-T po LAN
5. Výhody a nevýhody digitálního televizního vysílání

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

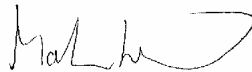
Seznam odborné literatury:

BEDNÁŘ, J., GREGORA P. Příjem DVB-T. BEN, 2007.

KÁLLAY, F. Počítačové sítě a jejich aplikace. Grada, 2007.

LEGÍN, M. Televizní technika DVB-T: digitální vysílání a příjem DVB-T. BEN, 2006.

Vedoucí bakalářské práce:



Ing. Martin Novák


Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce:

29. října 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:


19. května 2008



prof. Ing. Jan Čapek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 29. října 2007

SOUHRN

Bakalářská práce se zabývá popisem technologií a standardů, které se uplatňují při zpracování a šíření obrazových a zvukových informací v podobě digitálního televizního vysílání.

Vlastní obsah práce je rozdělen tří částí, přičemž každá z nich blíže popisuje metody a technologie, které se využívají při zpracování televizního signálu a šíření dat v rámci počítačových sítí. Hlavním cílem práce je navrhnout efektivní řešení pro distribuci tohoto signálu v rámci lokální sítě (LAN).

KLÍČOVÁ SLOVA

mpeg 2, lan, digitální televizní signál, tcp/ip, videoLAN player, streamování

TITLE

Distribution of digital television signal by LAN network

ABSTRACT

This bachelor work is considered about description of technology and standards, which are used along the processing and distribution of visual and acoustic informations in form like digital television signal.

Content of this bachelor work is separated into three parts and each of them describes methods and technology, which are used in processing of television signal and distribution in the LAN network. The main point of this work is to propose useful solution for distribution of this signal in LAN network.

KEYWORDS

mpeg 2, lan network, digital television signal, tcp/ip, videoLAN player, streaming

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Martinu Novákovi za cenné rady a vstřícný přístup při vypracování této práce.

Obsah:

Úvod.....	8
1 Moving Pictures Experts Group - MPEG.....	9
1.1 Kódování obrazu v standardu MPEG.....	10
1.1.1 Redukce prostorové redundance a entropie	11
1.1.1.1 Diskrétní kosinová transformace	12
1.1.1.2 Kvantování kmitočtových koeficientů.....	12
1.1.1.3 Entropické kódování	13
1.1.2 Redukce časové redundance	14
1.2 Kódování ve standardu MPEG 2.....	17
1.3 Multiplex.....	18
1.3.1 Postup při multiplexování.....	19
1.3.2 FEC (Forward Error Correction).....	19
1.3.3 Paketový elementární datový tok	20
1.3.4 Programový datový tok	20
1.3.5 Transportní datový tok	21
2 TCP/IP.....	21
2.1 Architektura TCP/IP	22
2.2 TCP.....	23
2.3 UDP	24
2.4 Způsoby šíření dat po LAN	25
2.4.1 Multicast.....	25
2.4.1.1 Multicast v lokální síti	26
2.4.1.2 Přenos multicast mezi sítěmi.....	26
2.4.2 Unicast.....	27
2.4.2.1 Real - Time Transport Protocol	28
2.4.2.2 Real Time Control Protocol (RTCP)	29
2.4.3 Anycast.....	29
2.4.4 Broadcast.....	30
3 Popis testovacího prostředí.....	32
3.1 Příjem DVB-T signálu.....	32
3.2 Vytvoření sítě LAN	32
3.3 Software pro streamování	35

3.3.1	WebScheduler a JTVLan	36
3.3.2	DVBViewer	36
3.3.3	Getstream	36
3.3.4	VLC Media Player	37
3.3.5	Výběr softwaru	37
3.3.5.1	Instalace VLC	38
3.3.5.2	Parametry a moduly pro streamování ve VLC	38
3.4	Výběr způsobu distribuce DVB-T v síti LAN	39
3.5	Streamování	41
3.5.1	Zprovoznění televizní karty Technisat AirStar 2 v prostředí Linux	41
3.5.2	Ladění programů televizního vysílání	42
3.5.3	Streamování do počítačové sítě pomocí unicastu	44
3.5.4	Streamování do počítačové sítě pomocí multicastu	46
3.6	Zatížení serveru a sítě	47
4	Doporučené hardwarové vybavení	49
5	Závěr	50
6	Seznam použitých zkratk	55
7	Seznam obrázků a tabulek	61
7.1	Obrázky	61
7.2	Tabulky	61
8	Přílohy	62

Úvod

Cílem bakalářské práce je seznámit čtenáře s možnostmi streamování digitálního televizního signálu po síti LAN a navrhnout způsob distribuce tohoto signálu. To znamená vytvořit server, který bude přijímat digitální televizní signál a následně vysílat do sítě klientským stanicím. Toto streamování bude zprostředkováno programem, který podporuje streamování do lokální sítě.

Celá práce je rozdělena do čtyř částí. V první části se seznámíme s jednotlivými standardy MPEG a způsobech kódování, který tento standard používá pro kompresi televizního signálu. Jelikož celá problematika digitální televize je značně složitá a rozsáhlá je pozornost zaměřena pouze na základní principy nejdůležitějších operací při zpracování digitálního signálu. Kompletní popis této problematiky je obsažen ve standardech mezinárodních organizací ISO/IEC (kódování MPEG 2) a ETSI (projekt DVB).

Jelikož veškerá komunikace po sítích LAN a internetu se uskutečňuje prostřednictvím protokolové sady TCP/IP, je potřeba popsat základní principy a protokoly, které tato protokolová sada využívá. Tato problematika je rozebrána v části druhé. Dále tato část obsahuje popis základních komunikačních protokolů a způsoby šíření dat v sítích LAN a internetu.

Detailní popis distribuce digitálního televizního signálu v počítačové síti je obsažen v části třetí, která bude v podstatě dokumentací praktického testu, jehož cílem bude popsání streamování digitálního televizního signálu (DVB-T) v rámci sítě LAN.

Poslední část této práce obsahuje návrh hardwarového vybavení pro sestavení streamovacího serveru.

1 Moving Pictures Experts Group - MPEG

Všechny formáty skupiny MPEG jsou ztrátové a definované jako otevřený standard (specifikace jsou za poplatek přístupné každému). Standardy MPEG se dělí následovně [23]:

MPEG 1

Tento standard obsahuje 3 vrstvy – Layer I, II a III. Layer I se dnes již téměř neužívá. Layer II se užívá pro DAB (digitální vysílání rádia) či Video-CD. V USA je Layer II znám jako MUSICAM. Layer III je znám jako MP3. Tyto vrstvy (layer) se liší kvalitou a složitostí implementace.

MPEG 2

Používá se k distribuci audio i videosignálu přes satelity či obdobná zařízení. Je také využíván v DVD. MPEG 2 můžeme rozdělit na další části: BC (zpětně kompatibilní s MPEG 1, přidány další vzorkovací frekvence, možnost kódovat více kanálů) a AAC (označována jako Layer 7). MPEG 2 AAC: Začátkem roku 1994 prokázaly ověřovací testy značné zlepšení efektivity kódování nových kódovacích algoritmů. Ty ovšem nebyly zpětně kompatibilní se standardem MPEG 1. Důsledkem toho se zavedl nový standard kódování zvuku MPEG 2 AAC (Advanced Audio Coding). Standard byl dokončen roku 1997 jako IS 13818 – 7.

MPEG 3

Původně byl vyvinut pro HDTV (High Definition TV), ale později byl sloučen s MPEG 2.

MPEG 4

Tento standard byl vytvořen se zaměřením na komplexní popis multimediálních objektů. Podporuje přímou interakci s internetem. Obsahuje moduly pro syntézu zvuku a mnohé další pokročilé technologie. Velký důraz byl při vývoji kladen na přijatelnou kvalitu při nízké přenosové rychlosti a škálovatelnost všech částí.

MPEG 7

Je standard pro komplexní popis multimediálních objektů – pro snadné vyhledávání. Nemá s audio-kompresí téměř nic společného.

1.1 Kódování obrazu v standardu MPEG

Kódování obrazu je založeno na odstranění redundance a irelevance z vstupního obrazového signálu.

Typy redundance které vznikají při zpracování obrazu [16]:

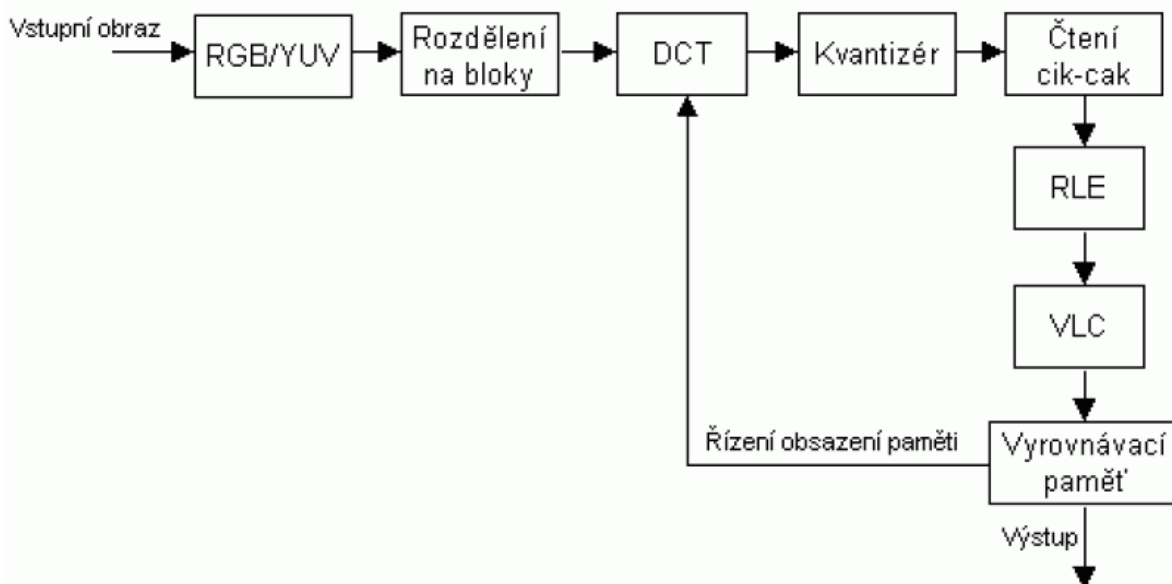
- **Prostorová a časová** – data z obrazových prvků, které sousedí na ploše daného snímku, ale i ve snímcích předešlých a následujících jsou vzájemně informačně závislá. To dává možnost předpovídat informační obsah obrazových prvků. K redukci prostorové redundance slouží (v současnosti nejvyužívanější) diskrétní kosinová transformace (DCT - Discrete Cosine Transformation). Časovou redundanci potlačuje pohybově kompenzovaná mezisnímková predikce.
- **Entropická** – vychází z pravděpodobnosti většího počtu výskytu některých kódovaných hodnot než jiných. Je výhodné kódovat častěji se vyskytující hodnoty kratšími kódovými slovy. To je kódování s proměnnou délkou slova (VLC – Variable Length Coding). Navíc posloupnost stejných hodnot lze zakódovat pomocí proudového kódování (RLE – Run Length Encoding).

Kódování obrazu lze rozdělit do několika kroků:

- 1) Digitalizace složkových signálů z kamery se zvoleným kvantováním.
- 2) Převod digitalizovaných složek R, G, B na přenosové signály – jasový Y a chrominanční U, V podle pravidel televizní kolorimetrie. Fyziologie barevného vidění dovoluje podvzorkování signálů U a V čímž je odstraněna irelevantní složka chrominanční informace, protože zrak vnímá nejjemnější barevné detaily černobíle a je také citlivější na jas než na barvu.

- 3) Rozklad obrazu na bloky 8 x 8 obrazových prvků (pelů).
- 4) Aplikace DCT. Výsledkem DCT je blok(-y) 8 x 8 koeficientů. Jejich velikost udává váhu odpovídající kosinové složky vůči bloku.
- 5) Podělení koeficientů DCT kvantizační maticí – kvantování.
- 6) Převod kvantovaných DCT koeficientů na sériový bitový tok metodou „cik-cak“.
- 7) Redukci entropie v podobě kódování VLC a RLE.

Blokové schéma kodéru můžeme vidět na následujícím obrázku (obr.1).



Obr. 1 Základní implementace kodéru s DCT [22].

1.1.1 Redukce prostorové redundance a entropie

Pro komprimaci vstupního signálu je vhodné transformační kódování. Konkrétně se pro tyto účely používá diskretní kosinová transformace – DCT (blíže pohovoříme o DCT v kapitole 1.1.1.1). Jejím úkolem je převést hodnoty vzorků navzájem závislých (podle toho, jak tvoří plošnou mozaiku obrazu) na jiné vzorky v sousedství na sobě nezávislé, jejichž hodnoty by byly soustředěny do menší rozlohy matice, než tomu je u netransformovaných vzorků. Transformacemi se

převede diskrétní signál z časové oblasti do oblasti kmitočtové tj. do prostorového spektra signálu.

Teoreticky by bylo možné transformovat celý snímek, ale náklady na počítač, který by měl zpracovat převody (výpočty kmitočtových koeficientů), by byly z hlediska dekodéru v přijímači, kde je inverzní transformační dekódování, příliš vysoké. Proto se matice vzorků rozděluje na bloky o 8 x 8 prvcích odpovídající skupině 64 obrazových bodů vyjmutých z vodorovného a svislého rozměru snímku. Sice se tím zmenší stupeň komprimace, ale je to kompromis mezi užitekem a náklady. [22]

1.1.1.1 Diskrétní kosinová transformace

Diskrétní kosinová transformace (DCT – Discrete Cosine Transformation) patří do skupiny metod provádějících takzvané transformační kódování nad diskrétním (vzorkovaným) jednorozměrným či vícerozměrným signálem. Do stejné skupiny patří i optimální KLT (Karhunen-Loéve Transformation – Karhunen-Loéveho transformace) či známá FFT (Fast Fourier Transformation – rychlá diskrétní Fourierova transformace). Základem prakticky všech v praxi používaných transformačních kódování je v případě zpracování obrazu, který můžeme pro tyto účely považovat za dvourozměrný vzorkovaný signál, nalezení korelace mezi sousedními, popřípadě i vzdálenějšími pixely – jedná se o takzvanou mezipixelovou redundanci. Při práci s videem se kromě mezipixelové redundance uplatní i redundance mezisnímková.

Většinou se při transformacích provádí převod zpracovávaného signálu z časové (prostorové) oblasti do oblasti frekvenční, protože existuje předpoklad, že například obrazy reálných předmětů neobsahují mnoho energie ve vyšších frekvencích a je tedy vhodné shromáždit co největší množství relevantních dat do malého množství koeficientů. Kódování by mělo ve svém důsledku vést k celkovému snížení počtu bitů nesoucích vizuální informaci. [22]

1.1.1.2 Kvantování kmitočtových koeficientů

Pro výpočet kmitočtových koeficientů je pro 8 bitové hodnoty vzorků signálu PCM je třeba jedenácti bitové vyjádření kmitočtových koeficientů, přičemž některé koeficienty vycházejí záporné. Tím by se ovšem na bitové rychlosti v přenosu

neušetřilo. Proto se velikost kmitočtových koeficientů upravuje kvantováním tj. dělí se čísly obsaženými v kvantizační matici.

Při zmenšování počtu přenášených dat se kromě redundance nebere zřetel ke zbytečným (irelevantním) částem signálu. Zkouškami velkého počtu pozorovatelů bylo shledáno, že ne všechny prostorové funkce vyhodnocuje lidský zrak se stejnou citlivostí pro jejich amplitudu. Proto se zavedla proměnná kvantizační matice, která zmenšuje amplitudy většinou vysokých prostorových frekvencí než kmitočtů nízkých. Z těchto důvodů se původní koeficienty z transformace DCT dělí různými celými čísly a tak vznikají nové kmitočtové koeficienty.

Tato metoda je ztrátová a má povolenou velikost ztrát, kterou ještě lidský zrak nevyhodnocuje příliš škodlivě. Podle velikosti těchto irelevancí (zbytečností) dochází k různým kvalitám přeneseného obrazu.

Zmenšením transformačních koeficientů na kvantované koeficienty se zmenší počet bitů pro jejich přenos a tím počet kvantizačních úrovní. Také se tím ušetří na přenosové rychlosti ve výsledném bitovém toku. Kvantování sníží bitovou rychlost hlavně vyřazením vzniklých nulových (nebo nule blízkých) koeficientů z přenosu.

Kvantováním kmitočtových koeficientů a zaokrouhlováním na celá čísla, že po inverzním kvantování a inverzní transformaci se původní a zpětně transformované hodnoty vzorků částečně liší tzn. že se jedná o ztrátovou kompresi. Kvantovací obvod má také druhou část, která určuje velikost zpětné vazby pro téměř konstantní výstupní bitovou rychlost. [9]

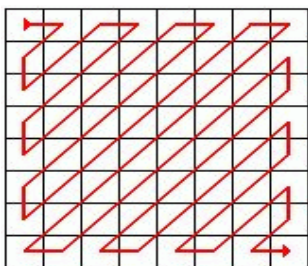
1.1.1.3 Entropické kódování

Při dalším zpracování kvantovaných kmitočtových koeficientů se dále zmenší redundance signálu entropickým kódováním v proměnnou délkou slova VLC (Variable Length Coding).

Jedním možným způsobem, jak získat nejkratší kód při komprimaci signálu je Huffmanův kód. Tento způsob kódování přiřazuje velmi pravděpodobným hodnotám krátké bitové slovo a dlouhá bitová slova pro řídce se vyskytující hodnoty. Tím se v celkovém bitovém toku ušetří počet bitů, signál se komprimuje a zmenšuje se bitová rychlost. Huffmanovo kódování minimalizuje střední délku slova podle entropie signálu.

Porovnání pravděpodobností určité velkých koeficientů by měl v každém bloku provádět počítač, což je v praxi nerealizovatelné. Proto se určité skupiny vzorkovaných dat kódují s proměnnou délkou slova podle tabulek ověřených s určitou přesností v praxi.

Pro další postup tohoto kódování je potřeba přečíst matici kvantovaných koeficientů počínaje od prvního střídavého koeficientu, neboť stejnosměrný koeficient se přenáší samostatně. Čtení se realizuje nikoliv po řádcích, ale podle úhlopříčky, tj. způsobem „cik-cak“ (obr. 2), což výhodně odpovídá postupnému zmenšování hodnot koeficientů se zvyšující se frekvencí až do pravého dolního rohu matice. Tím se získá sériový tok dat, jehož průběh je od jistého posledního koeficientu obsahuje přenos samých nul. [22, 13]

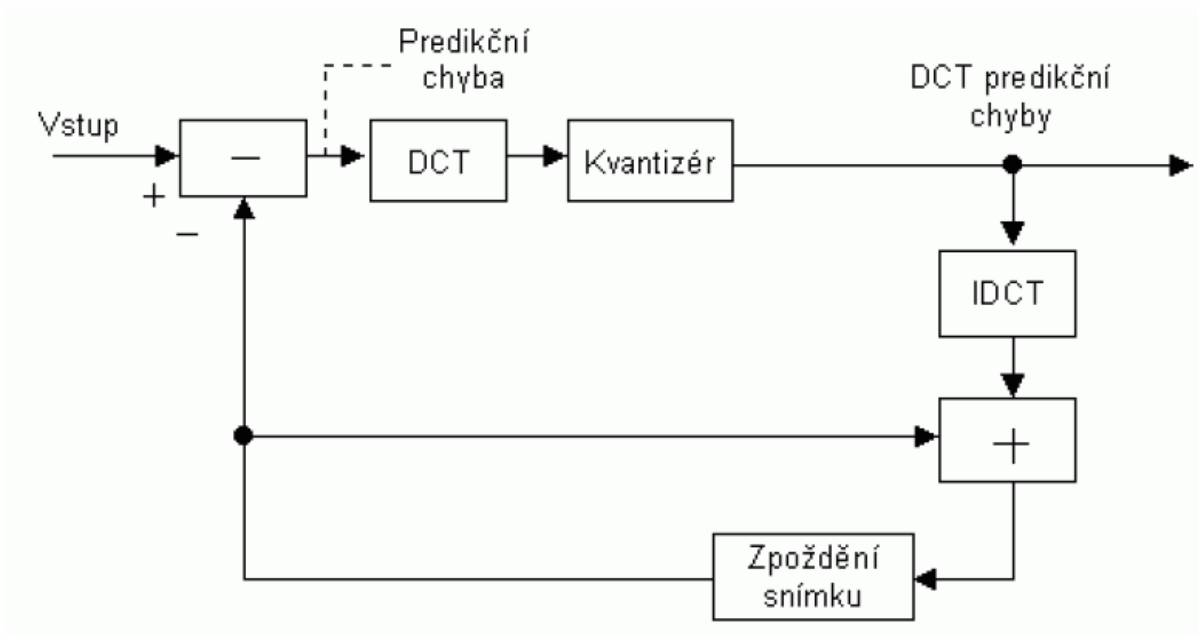


Obr. 2 Klikaté snímání koeficientů – čtení „cik-cak“ [19].

Při aplikaci Huffmanova kódování na sled klikatě snímaných koeficientů se nekóduje každý koeficient podle jeho četnosti v bloku, ale zavádí se skupiny skládající se z hodnoty koeficientu a počtu předcházejících nul. Skupina je pak charakterizována dvěma symboly, první symbol obsahuje údaj o počtu nul a druhý o počtu bitů potřebných pro kódování frekvenčního koeficientu. Označení počtu nul se nazývá délka běhu (Run Length). [22]

1.1.2 Redukce časové redundance

Je založena na mezisnímkové kompresi dat. Využívá podobnosti sousedních snímků, kde lze obsah aktuálního snímku předpovídat na základě obsahu snímku předchozího – mezisnímková predikce (obr.3).

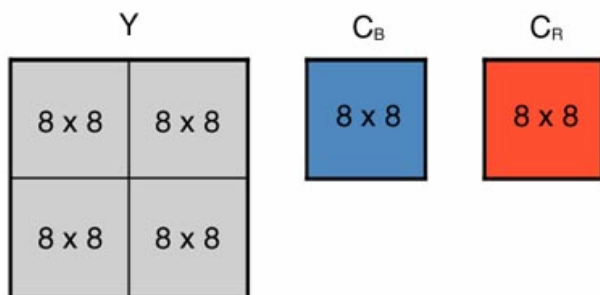


Obr. 3 Kodér DCT s mezisnímkovou predikcí [22].

Principem^[13] je přenos rozdílu mezi aktuálně kódovaným snímkem vstupujícím do dekodéru a snímkem jemu předcházejícím. Již zakódovaný snímek je v místním dekodéru rekonstruován obrázky a vzniklý obraz je přiveden na vstup prediktoru. Zde je tento obraz odečten od aktuálně kódovaného snímku. Výsledkem je rozdíl těchto dvou snímků – predikční chyba. Standard MPEG kombinuje mezisnímkovou predikci s prostředky redukce prostorové redundance a entropie. Predikční chyba se transformuje (DCT), koeficienty se kvantují a tyto hodnoty se kódují (VLC, RLE).

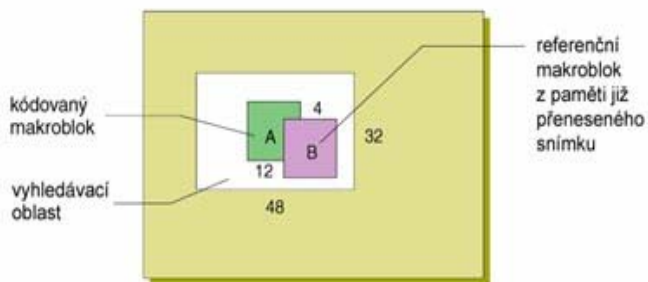
Pro mezisnímkovou predikci je jasová složka obrazu rozdělena na makrobloky o velikosti 16x16 obrazových bodů (obr. 4). Při výrazném pohybu ve scéně obsahuje rozdílový makroblok mnoho nenulových hodnot a proto je výhodné doplnit mezisnímkovou predikci kompenzací pohybu umožňující zjistit pozici zvoleného makrobloku již zakódovaného snímku v aktuálně kódovaném snímku [22].

^[13] LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T*. Praha: BEN, 2007, s. 72. ISBN 978-80-7300-204-3.



Obr. 4 Složení makrobloku při formátu vzorkovaného signálu 4 : 2 : 0 [11].

Princip^[13] kompenzace pohybu (obr. 5) vychází z podobnosti snímků, kde jednotlivé objekty jsou jen v jiných polohách. Hledají se pohybové vektory, které určují kam se objekt na následujícím snímku posunul. Prostorová korelace mezi pohybovými vektory je velká a proto jeden vektor reprezentuje pohyb celé skupiny prvků (makroblok 16x16). Jako u bloku pro DCT i rozměr makrobloku je kompromisem mezi minimalizací bitového toku (velký makroblok) a přesností predikce (malý makroblok). Rozměr makrobloku pro barevné složky závisí na poměru vzorkovacích kmitočtů jasové složky vůči barevným složkám.



Obr. 5 Princip detekce a kompenzace pohybu, pohybový vektor [11].

Pro dosažení lepších výsledků z hlediska kvality a kompresního poměru lze použít obousměrnou predikci z předchozího a následujícího snímku. Dosáhne se tím větší redukce časové redundance. Získají se dva rozdílové makrobloky a z nich

^[13] LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T*. Praha: BEN, 2007, s. 72. ISBN 978-80-7300-204-3.

lineární kombinace přenášená s dvojicí pohybových vektorů. K umožnění predikce z budoucího snímku musí kodér snímky přeskupit a přenášet v jiném pořadí.

Pro každý právě kódovaný makroblok volí kodér některý z uvedených predikčních módů s tendencí minimalizovat zkreslení v dekódovaném obraze s respektováním přípustného bitového toku. Informace o zvoleném módu se přenáší spolu s predikční chybou a pohybovými vektory [22].

1.2 Kódování ve standardu MPEG 2

Základní koncepce MPEG 2 je zaměřena na plně digitální přenos videa v přenosových rychlostech mezi 4 a 9 Mbps. Syntaxe MPEG 2 nachází uplatnění také pro aplikace s vyšší vzorkovací frekvencí a bitrate (např. HDTV). Obsahuje syntaxi pro účinné kódování prokládaného videa (např. Dual Prime, 10-bitová diskrétní kosinová transformace s dvojitou přesností, hierarchické kódování a další). Dalšími klíčovými vlastnostmi standardu MPEG 2 jsou rozšiřitelné dodatky, které umožňují dělení kontinuálního video signálu do dvou nebo více kódovaných datových toků, které mohou reprezentovat video s různým rozlišením, kvalitou obrazu nebo snímkovací frekvencí [16].

MPEG 2 také přináší podporu pro proměnlivý datový tok (VBR – Variable Bit Rate), což umožňuje v náročnějších scénách videa použít více bitů pro kompresi a naopak v klidnějších scénách se použije méně bitů (tzn. že datový tok se mění podle dynamiky obrazu).

Kódování probíhá ve dvou průchodech. V prvním průchodu si kodér vytvoří soubor informací o kódovaných video datech, při druhém průchodu kodér využívá získané informace k řízení datového toku. Výsledkem je díky rozložení datového toku rovnoměrná kvalita zakódovaného videa při různých scénách a při zachování velikosti zakódovaných video dat. Samozřejmě dále podporuje i konstantní datový tok (CBR – Constant Bit Rate).

Při prokládaném řádkování lze skládat makrobloky dvěma způsoby. V prvním případě makroblok tvoří čtveřice jasových bloků tak, že se v nich střídají řádky z lichých a sudých pulsů (makroblok s progresivním řádkováním). Druhá možnost je převádět liché řádky do jedné části makrobloku a sudé řádky do druhé části makrobloku. Toto rozdělení je důležité pro predikční obvody a výpočet vektorů

pohybu. Pro výpočet predikčních vektorů existují dva módy – celosnímkový a půlsnímkový [22].

MPEG 2 definuje různé kvalitativní stupně a to dvěma způsoby. Jeden způsob jsou profily, které určují komplexnost kódování - jaké části standardu jsou použity:

Zkrat.	Název	Framy	Chroma format	Streamy	Poznámka
SP	Simple Profile	P, I	4:2:0	1	bez prokládání
MP	Main Profile	P, I, B	4:2:0	1	
422P	4:2:2 Profile	P, I, B	4:2:2	1	
SNR	SNR Profile	P, I, B	4:2:0	1-2	SNR: Signál pro Noise Ratio
SP	Spatial Profile	P, I, B	4:2:0	1-3	nízký, normální a vysoká kvalita dekódování
HP	High Profile	P, I, B	4:2:2	1-3	

Tabulka 1 Profily MPEG 2 [24].

Druhý způsob kvality určuje rozlišení a označuje se jako Level:

Zkrat.	Název	Pixely/řádek	Řádků	Snímkování (Hz)	Dat.tok (Mbit/s)
LL	Low Level	352	288	30	4
ML	Main Level	720	576	30	15
H-14	High 1440	1440	1152	30	60
HL	High Level	1920	1152	30	80

Tabulka 2 Úrovně MPEG 2 [24].

1.3 Multiplex

Pro digitální přenos je typický tzv. multiplex. Jedná se o jakýsi „balíček“ přenášený po jednom kanálu, který obsahuje několik vstupních signálů (video, audio a další data). Tyto vstupní signály jsou do multiplexu „baleny“ zařízením zvaným multiplexer a na druhé straně, u příjemce, jsou „rozbaleny“ demultiplexerem, který je například součástí set-top-boxu, který z celého multiplexu vybere pouze to video, zvukovou stopu a dodatečná data, která si příjemce signálu zrovna vybere. Pokud

má set-top-box dostatečně rychlý procesor, můžou se vybrat a současně zobrazit například dva nebo i více televizních programů z jednoho multiplexu.

1.3.1 Postup při multiplexování

Z vyrovnávací paměti komprimovaného signálu by měl datový tok přijít do hlavního multiplexeru, v němž má být k němu přidán vícenásobný zvukový doprovod a přídatná data (teletext nebo i celý další program). Aby mohlo dojít k multiplexování datových toků, jsou tyto toky rozděleny na stejně dlouhé pakety, jež jsou opatřeny informačním záhlavím. Toto rozdělení umožňuje synchronizaci všech dat v dekodéru. Synchronizaci umožňuje právě informační záhlaví. Přenos po paketech umožňuje snadné uchovávání dat v paměti a skládání do různých typů výsledného informačního toku při volbě různých typů přenosových cest (kabel, satelit, terestrální). Současně dává paketování možnost utajení obsahu informace pravidelným přemístováním paketů podle zadaného algoritmu. Výsledný datový tok může obsahovat všechny složky jednoho programu nebo i několik programů bez vzájemné časové souvislosti. Dekodér přijímače vybírá a následně řadí do časové posloupnosti pouze potřebné pakety zvoleného programu. K vybírání slouží záhlaví paketů, v nichž jsou dekódovací značky (DTS) a prezentační značky (PTS). Z paketů vzniklý datový tok (PES - Packetized Elementary Stream) umožňuje vytvoření programového toku a transportního toku. Programový tok, složený z dlouhých paketů, je vhodný pro přenos, u něhož se nepředpokládá rušení. Nemá zabezpečení proti poruchám (FEC). Používá se při přenosu mezi blízkými zařízeními (např. ve studiu) nebo při záznamu signálu. Transportní tok, složený z krátkých paketů stejné délky, je proti poruchám zabezpečen přídatnými ochranami (FEC). Používá se při přenosu z pozemních vysílačů na satelity a ze satelitů při distribuci signálů pro veřejnost a též při přímé distribuci signálů z pozemních vysílačů. [16]

1.3.2 FEC (Forward Error Correction)

Při ochraně transportního toku DVB-T signálu se využívá princip tzv. „dopředné ochrany“ (FEC), sestávající se z:

- vnější ochrany blokového kódu „Reed Solomon“
- vnitřní ochrany konvolučního kódu, symbolového a bitového prokladače.

Tato^[22] ochrana se také nazývá „zřetězené kódy“. Princip je takový, že zdrojové symboly jsou zakódovány nejprve RS kódem chránícím před skupinovými chybami (vnější kodér). Kódová posloupnost je pak zakódována kódem chránícím před nezávislými chybami (vnitřní kodér). Za vnější ochranou následuje vnější bitový prokladač a za vnitřní ochranou vnitřní bitový prokladač. Hlavní ochranou je blokový kód týkající se symbolů. Symboly mohou být celé bajty (u vnějšího) nebo jednotlivé bity (u vnitřního). Rozdíl mezi oběma kódy to, že u blokového kódu (vnějšího) se přidávají k informačním symbolům délky m opravující symboly počtu k , a u konvolučního binárního kódu se korekční bity nepřidávají a informační bity se mezi sebou různým způsobem ovlivňují.

1.3.3 Paketový elementární datový tok

Každý paket paketového elementárního datového toku (PES) začíná záhlavím konstantní délky (48 bitů = 6 bajtů). Za ním je přenášena část o délce 3 až 259 bitů, jež určuje informaci pro elementární tok; protože má proměnnou délku, je doplněna vyplňujícími daty. Po tomto bloku již následuje přenášená informace (obrazová, eventuálně zvuková nebo teletextová data) o maximální délce 65526 bitů. [16]

1.3.4 Programový datový tok

Programový tok vzniká v programovém multiplexeru. Jeho pakety mohou být dlouhé, neboť nevyžadují ochranu proti poruchám. Bývají seřazeny do větších skupin či souborů. Soubor je na začátku označen souborovým záhlavím o délce 13 bitů a systémovým záhlavím o minimální délce 12 bitů. [16]

^[22] VÍT, Vladimír. *Televizní technika: Přenos barevné soustavy*. Praha: BEN, 1997, s. 490-493. ISBN 80-86056-04-X.

1.3.5 Transportní datový tok

Jelikož je signál v přenosové cestě vystaven účinkům rušivých signálů, přetvářejí se dlouhé pakety elementárních toků na krátké pakety konstantní délky, které se snadněji zabezpečují proti chybám při kanálovém kódování. Vlastní data transportního toku mají délku 184 bitů, před nimi je umístěno záhlaví o délce 4 bity. Maximální počet užitečných dat (payload) je násobkem osmi (po osmibitových sledech se uskutečňuje scamblování signálu). Pokud se počet bitů nerozdělí beze zbytku do 184 bitových paketů, vytváří se adaptační pole. Poslední paket má pak méně než 184 bitů a je doplněn vyplňovacími bity v adaptačním poli. Toto pole, které se nepřenáší za každým paketem, avšak minimálně jednou za 0,1 s, se skládá z údaje o své délce, z návěstí, z řídicích informací a z vyplňovacích bitů. Řídící informace jsou důležité pro rekonstrukci obrazu a zvuku v dekodéru. Z nich je nejdůležitější informace o programových referenčních hodinových impulsích (PCR - Programme Clock Reference), jež minimálně jednou za 0,1 s synchronizují zdroj hodinových impulsů v dekodéru. Impulsy PCR tak svým významem odpovídají impulsům programového toku. [16]

2 TCP/IP

Celosvětová síť internet je v současnosti založena na protokolové sadě TCP/IP (Transmission Control Protocol). Její vývoj probíhal od počátku sedmdesátých let. Byla založena hlavně na zásadě vývoje TCP/IP.

Síť nemusí být spolehlivá, musí však být co nejrychlejší. To znamená, že může docházet ke ztrátě paketů a spolehlivost si zajišťují až koncové uzly sítě a to až na transportní či vyšší vrstvě, pokud je spolehlivost vyžadována. Pro zajištění spolehlivosti musí mít koncový uzel vyrovnávací paměti pro případ žádosti o opakování.

Upřednostňuje se nespojovaný charakter komunikace na úrovni sítě, tedy síť poskytuje nespojované a nespolehlivé služby. Spojovaný charakter komunikace si vytváří opět až koncový uzel sítě, je-li to nezbytné.

2.1 Architektura TCP/IP

Model TCP/IP neobsahuje vrstvy relační a presentační jako model OSI, neboť tyto služby těchto vrstev nejsou využívány všemi aplikacemi a v takových případech zbytečně zvyšují režii přenosu a tedy užitečný přenosový výkon sítě. Síť, které tyto služby vyžadují si je musí sami implementovat.

Vrstvová struktura TCP/IP

Problematika komunikace je z pohledu této sady rozdělena do čtyř vrstev (aplikační, transportní, síťová a vrstva síťového rozhraní) na rozdíl od systému OSI, který je sedmivrstvý (obr. 6).

OSI	TCP/IP	Aplikace a protokoly						
7. aplikační 6. presentační 5. relační	Aplikační vrstva	telnet	FTP	TFTP	SMTP	RIP	DNS	Ostatní
4. transportní	Transportní vrstva	TCP			UDP			
3. síťová	Síťová vrstva	IP		ICMP		ARP RARP		
2. linková 1. fyzická	Vrstva síťového rozhraní	token ring	ethernet		jiné typy protokolů			

Obr. 6 Porovnání síťových modelů TCP/IP a ISO OSI [10].

Vrstva síťového rozhraní není blíže specifikována touto sadou, neboť je závislá na použité přenosové technologii (ETHERNET, TOKEN RING, ATM a další). Zajišťuje vysílání a příjem paketů ze sítě nebo do sítě. Způsoby jakými se realizuje adresování jsou typu unicast, broadcast a multicast, způsoby adresování budou podrobněji vysvětleny v kapitole 2.4.

Síťové vrstvě prakticky odpovídá IP protokol, proto je také tato vrstva často nazývána IP vrstva a zajišťuje směrování paketů po síti a poskytuje nespojovanou a nespolehlivou službu [7].

IP protokol přenáší mezi počítači tzv. IP datagramy. Každý IP datagram ve svém záhlaví nese adresu příjemce, což je směrovací informace pro dopravu IP datagramu k adresátovi. Takže síť může přenášet jednotlivé IP datagramy

samostatně. IP datagramy tak mohou k adresátovi dorazit i v jiném pořadí než byly odeslány. Každé síťové rozhraní má svou celosvětově jednoznačnou IP adresu.

Transportní^[12] vrstva realizuje a zajišťuje komunikaci koncových uzlů. Multiplexuje (ve směru do sítě) a demultiplexuje (ve směru od sítě) datový tok od jednotlivých aplikací k jiným aplikacím. Tato vrstva je prakticky tvořena protokoly UDP a TCP. Protokol TCP přenáší data pomocí TCP segmentů, které jsou adresovány jednotlivým aplikacím. Protokol UDP přenáší data pomocí tzv. UDP datagramů. Protokoly TCP a UDP zajišťují spojení mezi aplikacemi běžícími na vzdálených počítačích a mohou zajišťovat i komunikaci mezi procesy běžícími na stejném počítači. Rozdíl mezi protokoly TCP a UDP spočívá v tom, že protokol TCP je tzv. spojovanou službou, tj. příjemce potvrzuje přijímaná data. V případě ztráty dat si příjemce vyžádá zopakování přenosu. Protokol UDP přenáší data pomocí datagramů, tj. odesílatel odešle datagram a už se nezajímá o to, zdali byl doručen.

Aplikační vrstva TCP/IP je redukcí vrstev relační, prezentační a aplikační vrstvy modelu OSI. Aplikačních protokolů je velké množství a z praktického hlediska je lze rozdělit na uživatelské a služební. Uživatelské protokoly jsou ty, které využívají uživatelské aplikace a služební protokoly slouží pro správnou funkci internetu. Jedná se např. o směrovací protokoly, které používají směrovače mezi sebou, aby si správně nastavily směrovací tabulky [3].

2.2 TCP

Protokol TCP je proti protokolu IP protokolem vyšší vrstvy. Zatímco protokol IP přepravuje data mezi libovolnými počítači v internetu, tak protokol TCP přenáší data mezi dvěma konkrétními aplikacemi běžícími na těchto počítačích. Pro přenos dat mezi počítači se využívá protokol IP, který adresuje pouze síťové rozhraní počítače.

Protokol TCP je spojovanou službou, tj. službou která mezi dvěma aplikacemi naváže spojení (vytvoří na dobu spojení virtuální okruh). Tento okruh je plně duplexní (data se přenášejí současně na sobě nezávisle oběma směry). Přenášené bajty jsou číslovány a ztracená nebo poškozená data jsou znovu vyžádána. Přenos všech dat je zabezpečen kontrolním součtem. Toto zabezpečení je účinné pouze

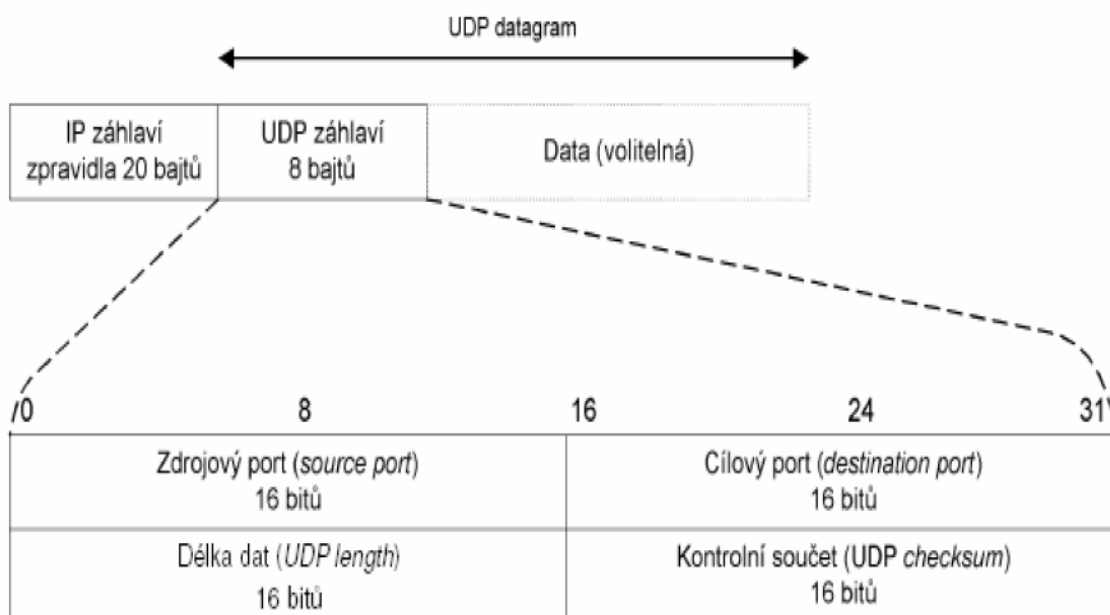
^[12] KABELOVÁ, Alena. – DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 2. vydání. Computer Press, Brno, 2000, s. 7-8. ISBN 80-7226-323-4.

proti poruchám technických prostředků. Nezabezpečuje data proti útočníkům, kteří mohou data pozměnit a současně také přepočítat kontrolní součet.

Konce spojení (“odesílatel” a „adresát”) jsou určeny tzv. číslem portu. Toto číslo je dvojbajtové, takže může nabývat hodnot 0 až 65535. Pro protokol UDP je jiná sada portů než pro protokol TCP, tj. např. port 53/tcp nemá nic společného s portem 53/udp. Cílová aplikace je v internetu adresována IP adresou, číslem portu a použitým. Protokol IP dopraví IP datagram na konkrétní počítač. Podle čísla cílového portu operační systém pozná, které aplikaci má TCP segment doručit. Základní jednotkou přenosu v protokolu TCP je TCP paket (segment).[12]

2.3 UDP

Protokol UDP je jednoduchou alternativou protokolu TCP. Protokol UDP je na rozdíl od protokolu TCP nespojovaná služba, tj. nenavazuje spojení. Odesílatel odešle UDP datagram příjemci a už se nestará o to, zdali se datagram náhodou neztratil (o to se musí postarat aplikační protokol). UDP datagramy jsou baleny do IP datagramu, jak je znázorněno na (obr. 7).



Obr. 7 Záhlaví UDP datagramu [12].

[12] KABELOVÁ, Alena. – DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS. 2.* vydání. Computer Press, Brno, 2000, s. 207-208. ISBN 80-7226-323-4.

Z předchozího obrázku je patrné, že záhlaví UDP protokolu je velice jednoduché. Obsahuje čísla zdrojového a cílového portu. Protokol UDP má svou nezávislou sadu čísel portů. Pole délka dat obsahuje délku UDP datagramu (délku záhlaví + délku dat). Minimální délka je tedy 8 bajtů, tj. UDP datagram obsahující pouze záhlaví a žádná data.

Zajímavé je že pole kontrolní součet nemusí být povinně vyplněné. Výpočet kontrolního součtu je tak v protokolu UDP nepovinný. V minulosti bylo u některých počítačů zvykem výpočet kontrolního součtu vypínat. Důvodem bylo zrychlení odezvy počítače. Zejména u důležitých serverů je třeba vždy zkontrolovat, zdali je opravdu výpočet kontrolního součtu zapnut. Nejnebezpečnější je to v případě DNS serveru, protože kontrolní součet pak je počítán jen na linkové vrstvě, ale např. linkový protokol SLIP výpočet kontrolního součtu také nepočítá, takže i technická porucha může způsobit poškození aplikačních dat, aniž by měl příjemce šanci to zjistit. [12]

2.4 Způsoby šíření dat po LAN

V předešlé kapitole jsme popsali model TCP/IP a některé komunikační protokoly, nyní si popíšeme jejich využití u jednotlivých typů šíření dat v počítačových sítích.

2.4.1 Multicast

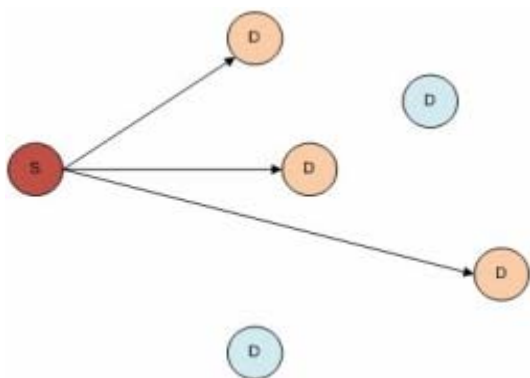
Multicast je způsob směřování IP paketů, který zajistí, že odeslaný paket ze zdroje bude doručen každému koncovému uzlu z dané cílové skupiny (obr. 8). Této skupině se říká multicastová skupina.

V rámci jedné multicastové skupiny je možné např. přijímat video vysílané do této skupiny streaming serverem. Pro příjem dat ze zdroje, musí být členem dané multicastové skupiny. Hlavní výhodou této technologie je odlehčení zátěže vysílajícího uzlu a přenosové soustavy, při vysílání pro mnoho příjemců. Zdroj tedy

^[12] KABELOVÁ, Alena. – DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 2. vydání. Computer Press, Brno, 2000, s. 231-233. ISBN 80-7226-323-4.

vysílá data pouze jednou a veškerá reže spojená s distribucí koncovým uzlům je ponechána na přenosové soustavě, v prostředí internetu na routerech (směrovačích). Jejich úkolem je aby zajistily přenos dat od zdroje k příjemcům, tedy aby vysílaná data poslaly po každém spoji pouze jednou a to jen tehdy, je-li daným směrem skutečně nějaký příjemce.

Multicast je technologie, která je efektivní v situacích, kdy jeden vysílač distribuuje informaci mnoho příjemcům (stovky až tisíce). [17]



Obr. 8 Vysílání typu multicast [8].

2.4.1.1 Multicast v lokální síti

Protokoly na druhé vrstvě síťové hierarchie (u nás nejrozšířenější ETHERNET) obsahují podporu multicastového vysílání v podobě speciálních MAC adres. Síťové karty koncových uzlů pak mohou podle svého okamžitého nastavení filtrovat pakety skupinového vysílání, které se pohybují v lokální síti, tedy pouze pakety, jež jsou předmětem momentálního zájmu dané stanice. Nedochozí tak k zatěžování stanic lokální sítě, jichž se dané skupinové vysílání netýká. [17]

2.4.1.2 Přenos multicast mezi sítěmi

Při přenosu multicastu mezi sítěmi vstupují do hry směrovače. Jejich hlavním úkolem je získat informace o tom, které skupiny mají být vysílány

do sítí, jež jsou ke směrovači bezprostředně připojeny. K tomuto účelu byl vyvinut speciální protokol IGMP (Internet Group Management Protocol). Díky tomuto protokolu směrovač pravidelně zjišťuje zájem stanic v připojených sítích o jednotlivé streamy multicastu. Směrovač vyšle do připojené sítě paket se speciální skupinovou adresou 224.0.0.1 a jednotlivé stanice odpovídají informací o adresách skupinového vysílání, o něž mají zájem. Odpovědi jsou taktéž zasílány na adresu 224.0.0.1 a odposlouchávány ostatními stanicemi. Tím se zamezí duplicitnímu vysílání požadavků na stejnou skupinu. Programové vybavení koncové stanice tedy musí navíc podporovat protokol IGMP. Směrovače tak pomocí protokolu IGMP sledují zájem o příjem konkrétních skupin ve svém bezprostředním okolí [17].

Směrovače^[17] musejí, kromě trvalého mapování svého bezprostředního okolí zajistit tok paketů multicastu i do vzdálených oblastí sítě a to pokud možno co nejefektivnějším způsobem. K tomu slouží tzv. směrovací protokoly. Jejich pomocí směrovače hledají nejkratší cestu od zdroje multicastu k momentálním zájemcům o příjem. Na rozdíl od klasického směrování přímého vysílání jde o proces velmi dynamický. Cesta od daného zdroje k danému cíli je totiž stálá. Naproti tomu zájemci o příjem daného multicastu mohou vznikat a zanikat trvale a tento proces průběžných změn musejí směrovací protokoly vhodně reflektovat. V současné době se nejvíce používají protokoly DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) a dvě varianty protokolu PIM (Protocol Independent Multicast).

2.4.2 Unicast

Unicast vychází z původní myšlenky komunikace IP protokolu, paket je zasílán jedním zdrojem k jednomu příjemci (obr. 9). Unicastový provoz je směrován přes unikátní adresy.

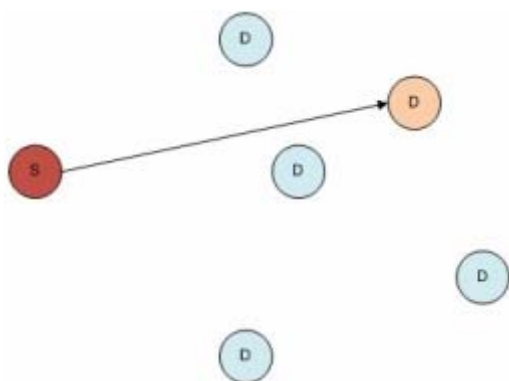
Je to převládající způsob přenosu v sítích LAN a uvnitř internetu. Všechny sítě LAN a IP sítě podporují unicastový přenos dat, většinou uživatelů věrně známé unicastové aplikace jako jsou HTTP, SMTP, FTP a telnet, které používají protokol TCP. Hodně routovacích protokolů stejně jako RIP (Routing Information Protocol) a OSPF (Open Shortest Path First) jsou navrženy aby umožnili efektivní unicastové routování na internetu.

^[17] PIŠTĚK, Petr. *Multicast: skupinové vysílání* [online]. Zpravodaj ÚVT MU, 1998, ročník 8I, číslo 5. ISSN 1212-090.

Nevýhodou unicastu je omezení kapacity přenosové trasy při vysílání stejného obsahu mnoho příjemcům v jednom okamžiku. Narozdíl od multicastu kdy jsou data vysílána pouze jednou a zátěž je rozložena na jednotlivé uzly v síti se při unicastovém vysílání musí data vyslat tolikrát kolik je příjemců, což může vést k značnému zatížení přenosové cesty.

Vzhledem k tomu, že unicast oproti multicastu kapacitu sítě nijak nešetří, je využíván především pro účel doručení placeného nebo profesionálního obsahu, nikoliv masového šíření živého videa.

Výhoda unicastu spočívá především v kontrole diváka, který může díky protokolu RTP (Real-time Transport Protocol, více o protokolu RTP v kapitole 2.4.2.1) určit, odkud chce vyžádaný obsah přehrávat, aniž by bylo nutné stahovat celý obsah na lokální disk. [15]



Obr. 9 Vysílání typu unicast [8].

2.4.2.1 Real - Time Transport Protocol

Přenosový protokol v reálném čase je protokol zajišťující podporu pro koncové multimediální přenosy v reálném čase. Nezaručuje doručení dat ani správné pořadí jednotlivých paketů, ale definuje jejich pořadová čísla, podle kterých mohou multimediální aplikace rozpoznat chybějící pakety. RTP protokol byl navržen jak pro individuální tak skupinové přenosy, pro jednosměrný i obousměrný přenos. Je tedy použitelný pro aplikace videokonference i pro IP telefonii. K multimediálnímu obsahu RTP připojuje záhlaví, které obsahuje pořadové číslo paketu pro zjištění ztrát nebo duplicity paketů a označení typu obsahu, tj. informaci o formátu multimediálního

souboru, který tvoří obsah paketu. Kódování obsahu se může změnit, pokud se má přizpůsobit rozdílům v šířce pásma. Dále RTP pakety obsahují indikaci začátku a konce rámce, identifikaci zdroje a synchronizaci pro detekci různého kolísání zpoždění v rámci daného toku a pro potřebnou kompenzaci tohoto kolísání při vlastním přehrávání obrazů a zvuků. [6]

2.4.2.2 Real Time Control Protocol (RTCP)

Jak^[6] bylo řečeno výše, RTP neposkytuje žádný mechanismus na zajištění doručení, včasného doručení paketů, ani pro doručení paketů ve správném pořadí. Doručování paketů je monitorováno pomocí podpůrného řídicího protokolu RTCP. Tyto dva protokoly jsou často brány dohromady a označovány jako RTP/RTCP. Řídicí protokol pro přenos v reálném čase spolupracuje s protokolem RTP. Používá periodické vysílání paketů od každého účastníka relace RTP všem ostatním účastníkům za účelem řízení výkonnosti a pro diagnostické účely. RTCP pomáhá RTP monitorovat doručení dat v rozsáhlých sítích se skupinovým vysíláním. Monitorování pomáhá příjemci detekovat ztrátu paketů a provést kompenzaci kolísání zpoždění v síti. RTCP používá UDP port o jedničku vyšší než používá RTP. RTCP vytváří zpětnou vazbu mezi účastníky relace protokolu RTP, ve které periodicky probíhá výměna RTCP paketů. RTCP pakety obsahují informace, podle kterých může strana vysílající multimediální proud dynamicky měnit např. rychlost přenosu na základě požadavků strany přijímající. Protokol RTCP tak poskytuje služby řízení toku a kontroly zahlcení sítě.

2.4.3 Anycast

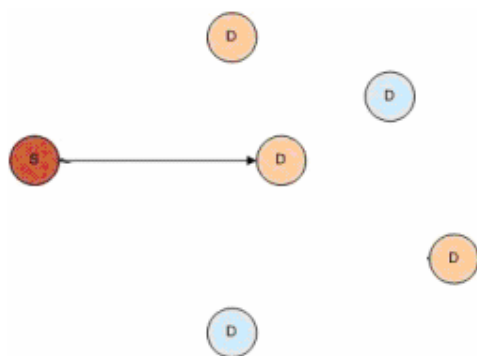
Anycast je velmi podobný multicastu, protože i zde je více příjemců, nicméně zpráva se neduplikuje a je doručena pouze jednomu z nich (obr.10).

Používá stejné principy jako unicastová komunikace. Princip implementace je takový, že anycastová IP adresa se propaguje do routovacího protokolu z více míst, to znamená že více serverů (obvykle se stejnou funkcí) má jednu IP adresu a routovací informací o dané IP adrese šíří do svého okolí. Pokud tedy klient pošle

^[6] DSL.cz, *Streaming media: transportní protokoly RTP/RTCP* [online].

nějakou zprávu na onu IP adresu, zpráva je doručena serveru, který je z hlediska IP routingu nejbližší. Propagaci je možné provádět v rámci sítě jednoho ISP (Internet Service Provider tj. v rámci jeho autonomního systému - AS) v jeho interním routovacím protokolu, nebo je možné ji provádět i v celém internetu pomocí protokolu BGP. Výhody jsou, že způsob vysílání anycast rozkládá zátěž serverů, zkracuje cesty k serverům a snižuje odezvy.

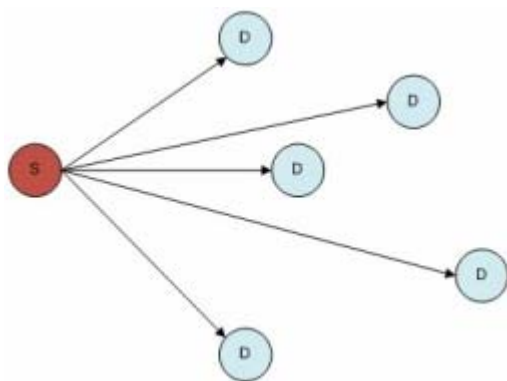
Avšak anycast není možné použít pro služby, které vytváří dlouhodobé relace, kvůli změnám v routingu může být totiž každý paket doručen jinému serveru. Naopak ideálním se pro anycast jeví DNS protokol. Protokol DNS je aplikační protokol využívající k transportu dat protokol UDP a TCP. K jednodušším dotazům, jako je překlad adres, se používá UDP. Pro odpovědi se používá UDP, ale pouze pokud je odpověď kratší než 512B. V opačném případě se použije pro přenos TCP. [14]



Obr. 10 Vysílání typu anycast [2: vlastní].

2.4.4 Broadcast

Broadcast je jeden ze způsobů vysílání v síti typu „one to many“ (obr. 11), tedy vysílaný paket je přijímán všemi uzly v síti, tj. v dané broadcast doméně (subnetu). Broadcast doména je logická část sítě, ve které mohou připojená zařízení přímo komunikovat. Mělo by se tedy jednat o jeden subnet a hranicí je router, který by broadcastové zprávy neměl přeposílat dále.



Obr. 11 Vysílání typu broadcast [8].

Broadcast vysílání se používá pro řadu účelů (např. DHCP) a využívají ho i některé další aplikace. Tvoří velkou část provozu v LAN síti a zatěžuje aktivní síťové prvky a koncové uzly.

Nevýhoda tohoto vysílání je, když nějaké zařízení začne rozesílat zvýšené množství broadcastů, začne tím významně zatěžovat celou síť. Pokud přitom ještě udělá chybu a rozesílá broadcastový rámec s chybným obsahem, na který příjemce reaguje také broadcastem, vzniká okamžitě řetězová reakce, která prudce eskaluje a téměř okamžitě zahltlíví veškerou dostupnou kapacitu sítě, vzniká tzv. broadcast storm. [8]

3 Popis testovacího prostředí

V předchozích kapitolách jsme si popsali principy kódování používané při digitálním televizním vysílání a způsoby šíření dat v sítích LAN. Nyní si popíšeme vytvoření lokální sítě, zpracování digitálního televizního signálu a distribuci tohoto signálu v rámci sítě LAN.

3.1 Příjem DVB-T signálu

Pro testování jsem si vybral pozemní digitální vysílání (DVB-T) v lokalitě Praha 3, kde je výborné pokrytí signálu a tudíž ideální podmínky pro testování. Pro příjem tohoto signálu je potřeba vhodná televizní karta. Po prostudování několika nezávislých testů různých televizních karet se jevila jako vhodná televizní karta Airstar 2 od společnosti Technisat. Jelikož společnost TechniSat patří k pionýrům DVB příjmu, ať už se jedná o satelitní nebo pozemní příjem a jedná se o osvědčenou a ověřenou koncepci byla tato televizní karta dobrou volbou.

Technické parametry Technisat AirStar 2:

Provedení: interní

Rozhraní: PCI

Formát: DVB-T

Vstupní frekvenční rozsah:

VHF: 174 - 230 MHz

UHF: 471 - 860 MHz

Šířka kanálu: 7/8 MHz

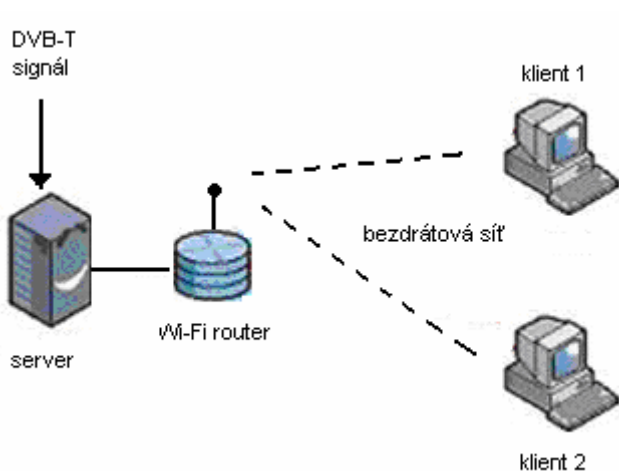
Podporované operační systémy: 98, ME, 2000, XP

3.2 Vytvoření sítě LAN

Dále potřebujeme vytvořit síť LAN, na které budeme chtít tento signál distribuovat. Pro testování byla vytvořena síť, ve které byl jeden počítač vyčleněn jako server a další dva počítače jako klienti. Pro server byl zvolen AMD Athlon(tm)

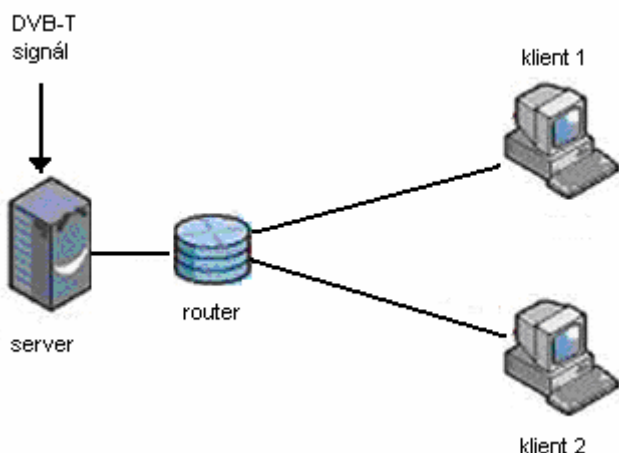
3000+; 1.81 GHz; 1 GB RAM; operační systém - Ubuntu 8.04 LTS Hardy Heron, klient 1 byl AMD Athlon(tm) 2400; 1,83 GHz; 1,25 GB RAM; operační systém - Windows XP SP2 a klient 2 Intel Core Duo 2,2 GHz; 2 GB RAM; operační systém - Windows XP SP2.

Pro realizaci sítě LAN se mi nabízeli tři možnosti. Jako první se nabízela možnost bezdrátového připojení koncových uzlů k serveru pomocí Wi-Fi routeru (obr. 12).



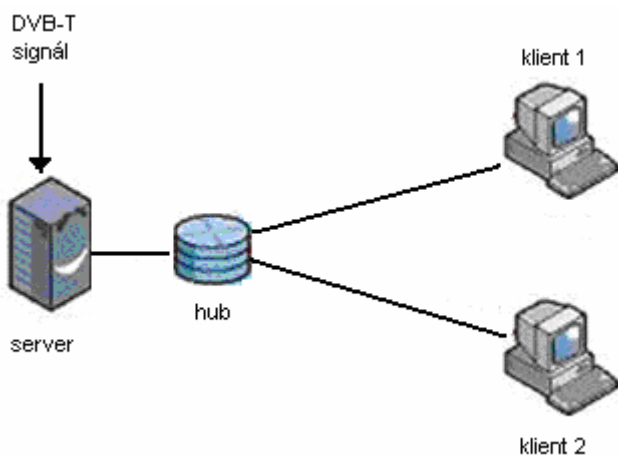
Obr. 12 Připojení koncových uzlů pomocí Wi-Fi routeru [2: vlastní].

Druhá možnost bylo připojení koncových uzlů k serveru pomocí běžného routeru a kroucené dvoulinky (obr. 13).



Obr. 13 Připojení koncových uzlů pomocí běžného routeru a kroucené dvoulinky [2: vlastní].

Poslední možnost byla připojení koncových uzlů k serveru pomocí hubu tj. rozbočovače a kroucené dvoulinky (obr.14).



Obr. 14 Připojení koncových uzlů pomocí rozbočovače a kroucené dvoulinky [2: vlastní].

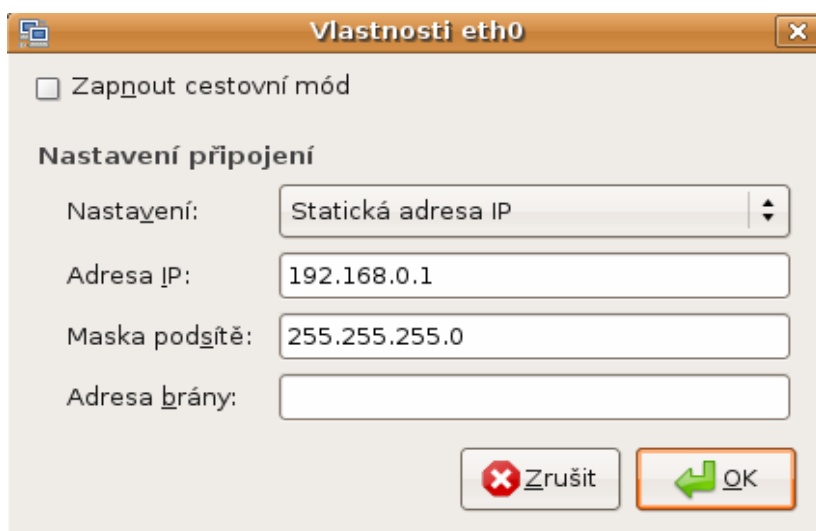
Princip distribuce digitálního televizního signálu se v jednotlivých příkladech neliší. Věc, ve které se první dva způsoby implementace odlišují od posledního je, že hub se chová jako opakovač. To znamená, že veškerá data, která přijdou na jeden z portů zkopíruje na všechny ostatní porty, bez ohledu na to kterému počítači a IP adrese data náleží. U větších sítí to má za následek zbytečné přetěžování těch segmentů, kterým nejsou data určena. Oproti tomu routery a switche síťový provoz inteligentně směřují a data jsou zasílána pouze těm stanicím pro které jsou určena.

Pro své testování jsem zvolil třetí variantu, tedy připojení pomocí rozbočovače a kroucené dvoulinky. Toto řešení má sice oproti předešlým jisté nevýhody, ale pro mé účely bylo tato varianta dostačující. Použil jsem rozbočovač Edimax ED 1405PE 5-Port Ethernet Hub, který podporuje přenosovou rychlost 10 a 100 Mb/s.

Nastavení lokální sítě

Po propojení jednotlivých síťových prvků následovalo nastavení této sítě. To zahrnovalo nastavení IP adres na serveru a koncových uzlech. Server obsahoval dvě síťové karty, jednu pro připojení na internet a druhá byla připojena k rozbočovači, ke kterému byly připojeny koncové uzly. Na síťové kartě pro připojení k internetu

jsem nastavil přidělování IP adresy automaticky přes DHCP server stejně jako získání adresy DNS serveru. Na druhé síťové kartě jsem nastavil IP adresu pro svou lokální síť přes volbu Systém/Správa/Síť (obr. 15), volil jsem IP adresu třídy C. Při použití IP adresy třídy C může být v síti připojeno maximálně 254 stanic. Na koncových uzlech jsem nastavil IP adresu přes volbu Start/Nastavení/Síťová připojení, vlastnostech síťového připojení a nastavení protokolu TCP/IP (klient 1 - 192.168.0.2 a klient 2 – 192.168.0.3), adresu DNS serveru, výchozí bránu jsem nastavil IP adresu svého serveru a masku podsítě 255.255.255.0.



Obr. 15 Nastavení IP adresy serveru pro lokální síť [2: vlastní].

3.3 Software pro streamování

V dnešní době existuje mnoho softwaru, které umožňují streamování DVB-T do sítě LAN. Tyto programy se od sebe odlišují hlavně v nabízených funkcích, stabilitě, hardwarových požadavcích a také operačním systémem ve kterém pracují. Největší podporou se těší programy pro operační systém Linux a proto jsem volil program, který pracuje v Linuxu a disponuje všemi potřebnými funkcemi pro efektivní streamování. Nicméně existují i programy pro operační systém Windows, avšak jejich konfigurace bývá poměrně složitá i jejich funkčnost a možnosti zdaleka nedosahují kvalit jako u softwaru pro Linux. Pro ukázkou si uvedeme několik programů, které lze

využít pro streamování DVB-T do sítě LAN (kromě DVBVieweru jsou všechny uvedené programy dostupné zdarma).

3.3.1 WebScheduler a JTVLan

Jedna z možností je kombinace programů WebScheduler a JTVLan. Jedná se o univerzální řešení, které funguje s každou televizní kartou podporující univerzální ovladače BDA. Nastavení těchto programů je poměrně složité a i funkčnost tohoto řešení není uspokojivá. Podporovaný operační systém pouze Windows 98 a výše a minimální hardwarové požadavky Pentium III 700MHz, 512 MB RAM.

3.3.2 DVBViewer

Program DVBViewer nabízí streamování pouze v plné verzi, kterou je možné si objednat na domovských stránkách výrobce za 15 euro. Televizní karty, které tento program podporuje jsou AirStar 2 od společnosti Technisat nebo TwinHan. Podporovaný operační systém Windows 98 (SE), ME, 2000/2003 nebo XP a minimální hardwarové požadavky Pentium III 700MHz, 512 MB RAM. Výrobce však pro bezproblémový chod doporučuje minimálně procesor 1 GHz, 1GB RAM a verzi DirectX minimálně 6.1. Podmínkou je také, že DVBViewer musí být nainstalovaný jak na serveru tak jako klient.

3.3.3 Getstream

Tento program pracuje pod operačním systémem Linux a nabízí poměrně jednoduché řešení pro streaming. Jeho konfigurace není nijak složitá a výhodou je, že hardwarové nároky tohoto programu jsou minimální. Program umožňuje streamování přes protokol HTTP pro unicast a UDP pro multicast. Nevýhodou je, že nejde překódovat výstup na jiný formát než MPEG 2, což může způsobovat vyšší zatížení bezdrátové sítě. Getstream lze použít pouze jako nástroj pro streamování, jako klienta je potřeba nainstalovat např. Kaffeine, Xine nebo VLC Media Player.

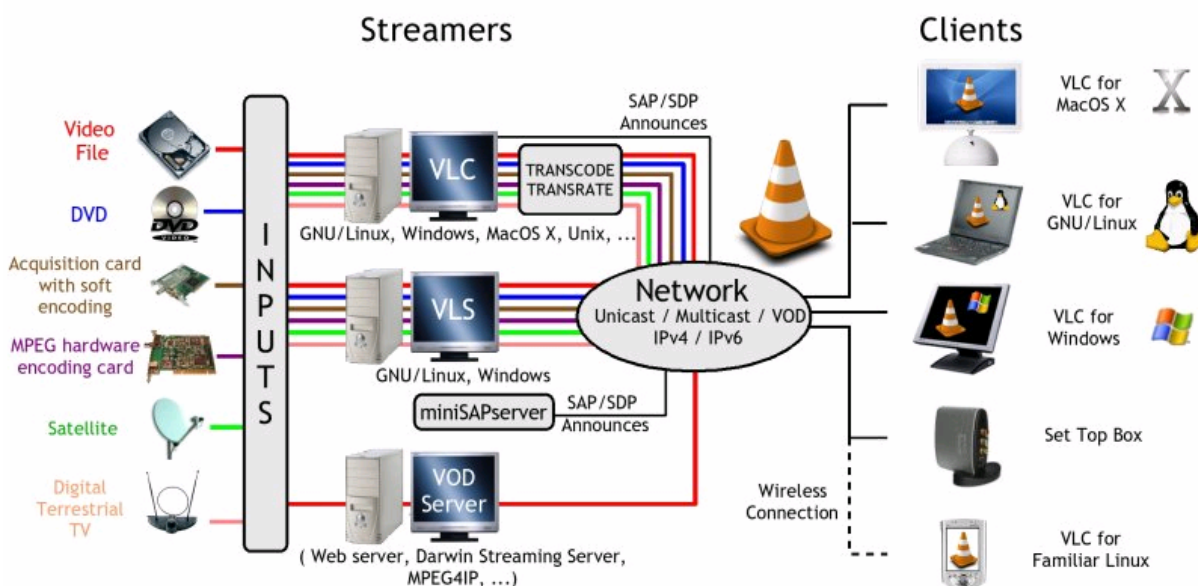
Podporovaný operační systém Linux a minimální hardwarové požadavky Pentium III 500MHz, 256 MB RAM.

3.3.4 VLC Media Player

VLC Media Player patří do projektu VideoLAN, který vyvíjí open source software pro multimediální (audio a video) streaming řady formátů a je dostupný zdarma na stránkách [18]. VLC Media Player je programem, vyvíjeným pod licencí GNU/GPL, který v sobě snoubí velmi univerzální schopnosti přehrávání a jednoduché ovládání. Bez externích kodeků přehraje většinu populárních audio i video formátů. Kromě vlastních knihoven pro dekódování audia a videa si s sebou program nese další open source knihovny pro dekódování většiny dnes používaných formátů. VLC Media Player podporuje většinu variant MPEG formátu, DivX až do páté verze, XviD, formáty Windows Media, atd. Z audio formátů VLC podporuje MP3 a Windows Media Audio (WMA), Ogg Vorbis, AAC, FLAC, AC3 a DTS. Potřebnou funkcí je přehrávání vysílání ve formátu DVB, k jehož dekódování využívá další vlastní knihovnu libdvbpsi, a které je zatím dostupné jenom pro kombinaci DVB-S/C/T tunerů Hauppauge a linuxového operačního systému.

3.3.5 Výběr softwaru

Pro distribuci i příjem jsem použil program VLC Media Player (dále jen VLC). VLC obsahuje VLS (VideoLan Server) , který byl vyvíjen jako samostatná aplikace, ale jeho vývoj byl zastaven a byl sloučen s VLC. Tento nástroj nám umožní zakódovat digitální televizní signál do datového streamu, který je možné šířit v rámci sítí LAN (obr. 16).



Obr. 16 Možnosti programu VLC [18].

3.3.5.1 Instalace VLC

Pro některé distribuce se nabízí instalační balíček, který ovšem nemusí být zkompileován se všemi uživatelem požadovanými funkcemi, např. podpora karet pro příjem digitálního vysílání, takže možná bude nutno přistoupit ke kompilaci ze zdrojových kódů. V adresáři se zdrojovými kódy programu získáme příkazem `./configure --help` seznam parametrů pro překlad programu, v kterém je vhodné zaměřit se především na vlastnosti ve výchozím nastavení vypnuté. Mnohé funkce samozřejmě závisí na externích knihovnách, vyplatí se proto dopředu si projít seznam požadovaných knihoven na a ujistit se, že nám v systému nechybí hlavičkové soubory, v opačném případě je doinstalovat. Seznam knihoven najdeme na stránkách [18].

3.3.5.2 Parametry a moduly pro streamování ve VLC

sout Tento parametr slouží ve VLC k vysílání a může za ním být definice nastavení dlouhá přes několik řádků.

- standard** Nebo jen *std* je základním výstupním modulem, data vysílá vybraným protokolem (HTTP, UDP, file atd.) ve vhodném kontejneru (TS, PS, OGG, ASF, AVI atd.)
- duplicate** Umožňuje k multimedialnímu zdroji přistupovat vícekrát, s jeho pomocí je například možné elegantně streamovat více programů digitálního televizního vysílání.
- transcode** Provádí překódování vstupu, tj. myslitelné obvyklé úpravy jako změna kodeku, kvality, rozlišení či nasazení některých filtrů.
- display** Přehrává vstup jako obvykle, ve spojení s *duplicate* je možné se na nějaký film dívat a zároveň jej vysílat dále po síti.
- rtp** Vysílá po síti protokolem RTP – Real-time Transport Protocol, který je definován [RFC 3550](#).
- es** Jako zkratka od Elementary Streams, modul separuje jednotlivé složky zdroje, typicky od sebe oddělí hudební a obrazovou složku

Jednotlivé moduly lze společně různě kombinovat, zejména je řadit do posloupností (oddělovačem je dvojtečka) a zanořovat do modulu *duplicate*. [18]

3.4 Výběr způsobu distribuce DVB-T v síti LAN

Jak bylo uvedeno výše před samotným streamováním se musíme nejdříve rozhodnout jakou metodu vysílání použijeme. Jak vyplývá z popisu jednotlivých způsobů vysílání, hlavním kritériem pro volbu metody bude počet koncových uzlů, pro které je vysílání určeno.

Na výběr máme z následujících:

Unicast

- **Popis** - vysílání pro konkrétní IP adresu
- **Výhody** - snadná konfigurace pro málo uživatelů, možnost definovat povolené adresy
- **Nevýhody** - data se posílají tolikrát, kolik je uživatelů, což značně zatěžuje síť.

Multicast

- **Popis** - vysílání pro skupinu IP adres
- **Výhody** - do skupiny se klient může přihlašovat a odhlašovat pomocí IGMP (Internet Group Management Protocol) paketů, takže dostává data jen z těch stanic, které sleduje
- **Nevýhody** - pro funkční a efektivní multicast vysílání je potřeba, aby switch nebo router podporovaly IGMP snooping, což je mechanismus přeposílání paketů pouze na ty porty, ze kterých přišel přihlašovací paket do dané skupiny.

Broadcast

- **Popis** - vysílání na úplně všechny IP v síti
- **Výhody** – snadná realizace
- **Nevýhody** - značné zatížení sítě, data dostávají všichni a ze všech stanic.

V případě, že bychom zvolili nevhodnou metodu, by mohlo docházet ke zbytečnému zatěžování sítě, serveru nebo nefunkčnosti celého systému. Jako nevhodná metoda se jeví broadcast, při této metodě bychom vysílali data všem koncovým uzlům, bez ohledu na to, zda mají zájem sledovat námi vysílaný televizní program. Máme tedy na výběr mezi metodou unicast nebo multicast.

Pokud se jedná o uzavřený okruh, kdy uživatel má plnou kontrolu nad jednotlivými segmenty sítě, je možné využít k přenosu obrazu a zvuku technologii multicast. Ta spočívá v tom, že server je schopen vysílat stejný datový tok

ke všem jednotlivým příjemcům, bez ohledu na jejich počet a datový tok zůstává stále stejný. Této technologii ovšem není možné využít, pokud je signál distribuován na větší vzdálenost a nebo prostřednictvím internetu, či jiných providerů, neboť na těchto veřejných segmentech sítě není technologie multicast povolena. V tom případě nezbyvá nic jiného, než využít jiné varianty přenosu streamu a to technologii unicast. Jelikož jsem měl ve své lokální síti pouze dva koncové uzly, zvolil jsem metodu vysílání unicast.

3.5 Streamování

Lokální síť již máme nastavenou, program VLC nainstalovaný s podporou DVB a jediné co zbývá je zprovoznění televizní karty v prostředí Linux, nainstalování utilit a modulů potřebných pro práci s DVB signálem a nastavení parametrů pro streamování v programu VLC.

3.5.1 Zprovoznění televizní karty Technisat AirStar 2 v prostředí Linux

Tato karta je určena pro příjem televizního pozemního digitálního vysílání (DVB-T) a je postavena na čipu B2C2 FlexCopII B. Karta má dobrou citlivost tuneru, takže bez problémů přijímám všechny experimentální vysílání v Praze (CRa, CDG a CT) a v Brně (CRa).

Linuxová distribuce Ubuntu 8.04 LTS Hardy Heron obsahuje v základní instalaci ovladače pro tuto kartu přímo v jádře a poskytuje plnou podporu pro tuto televizní kartu.

Identifikace televizní karty pod Linuxem

Nejdříve byla provedena identifikace televizní karty, zadáním příkazu *lspci* do terminálu (tj. shellu).

```
lspci
```

```
Network controller: Techsan Electronics Co Ltd B2C2 FlexCopII DVB chip / Technisat AirStar2 DVB card (rev 02)
```

Nahrání modulů

Potom bylo nutné nahrát jednotlivé moduly, pro práci s DVB signálem. To bylo provedeno příkazem:

```
modprobe b2c2_flexcop_pci.
```

Výpis nainstalovaných modulů bylo provedeno příkazem:

```
lsmod
```

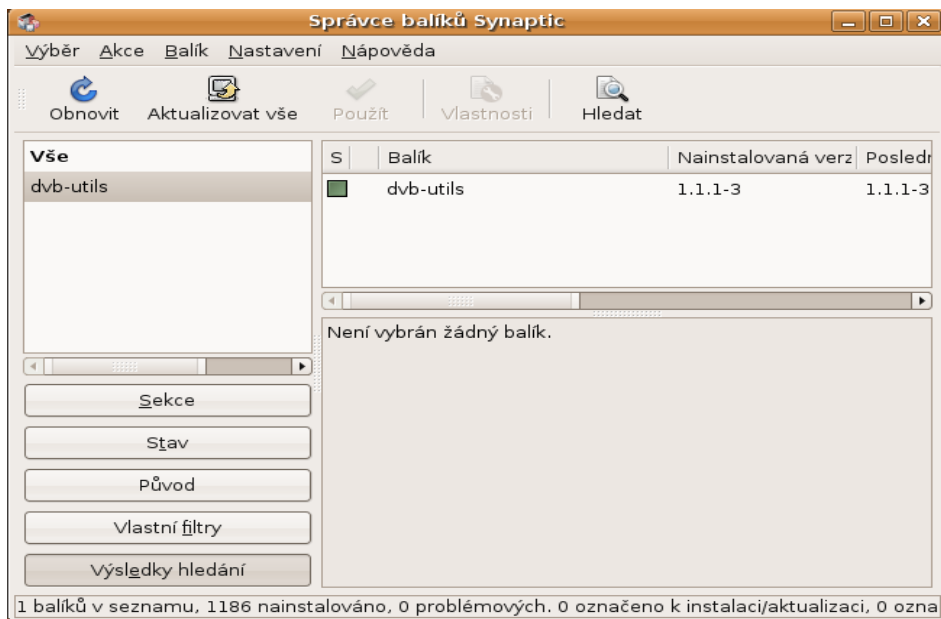
Výběr z výpisu nainstalovaných modulů (pro televizní kartu):

Module	Size	Used by
b2c2_flexcop_pci	6488	30
b2c2_flexcop	25036	1 b2c2_flexcop_pci
dvb_core	74920	1 b2c2_flexcop
mt352	6084	1 b2c2_flexcop
bcm3510	10244	1 b2c2_flexcop
stv0299	10760	1 b2c2_flexcop
nxt2002	8772	1 b2c2_flexcop
firmware_class	7936	3 b2c2_flexcop,bcm3510,nxt2002
stv0297	8064	1 b2c2_flexcop
mt312	7620	1 b2c2_flexcop
i2c_core	17744	7 b2c2_flexcop,mt352,bcm3 510,stv0299,nxt2002,stv0297mt312

Nyní už je televizní karta plně funkční a můžeme přistoupit k dalším krokům, jako je nahrání potřebných utilit pro práci s DVB signálem a naladění programů.

3.5.2 Ladění programů televizního vysílání

Nejdříve bylo nutné nainstalovat balíček dvb-utils přes správce balíků Synaptic, který obsahuje utility, potřebné pro ladění a práci s DVB signálem (obr. 17).



Obr. 17 Balík dvb-utils [2: vlastní].

Nyní už je možné naladit programy pomocí utility scan z balíčku dvb-utils a souboru cz-Praha, který obsahuje informace o jednotlivých vysílacích pásmech.

Zadání příkazu *scan* společně s cestou k souboru cz-Praha:

```
scan /usr/share/doc/dvb-utils/examples/scan/dvb-t/cz-Praha
```

Soubor cz-Praha:

```
T 506000000 8MHz 2/3 NONE QAM64 8k 1/8 NONE # CRa - Ceske radiokomunikace
T 674000000 8MHz 2/3 NONE QAM64 8k 1/16 NONE # CDG - Czech Digital Group
T 818000000 8MHz 2/3 NONE QAM64 8k 1/8 NONE # Telecom
```

Výpis dostupných programů a rádií obsahoval:

CT SPORT, CRo1-Radiozurnal, CRo2-Praha, CRo3-Vltava, CRo4-Radio Wave, CRo D-dur, CRo Leonardo, CRo Radio Cesko, CT 1, CT 2, CT 24, NOVA, Nova (MPEG-4 HD).

3.5.3 Streamování do počítačové sítě pomocí unicastu

V kapitole 3.3.5.2 jsme si popsali základní parametry a moduly, které nabízí VLC pro streamování a nyní si vše ukážeme na praktickém příkladě.

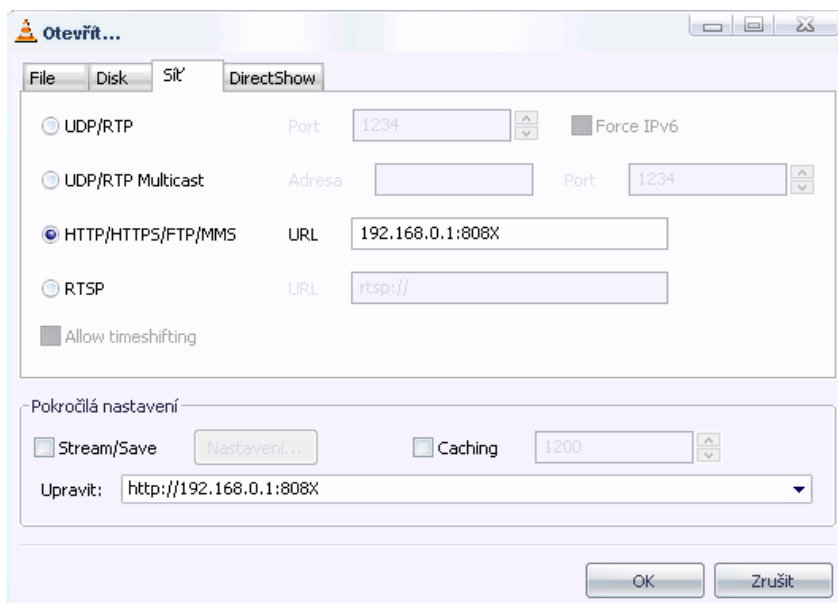
Streamování celého multiplexu by zbytečně zatěžovalo lokální síť a proto jsem se rozhodl jaký komunikační protokol použiji. Na výběr jsem měl z protokolů UDP, RTP, RTSP a HTTP. Zvolil možnost streamovat přes protokol HTTP. Tento způsob funguje obdobně jako VoD (Video on Demand – video na požádání), pokud koncový uživatel nemá zájem sledovat televizi na svém počítači, nejsou mu zasílána žádná data související s televizním vysíláním a zbytečně se tím nezabírá kapacita sítě. Pro zjednodušení jsem pro streamování vybral pouze pět základních programů (ČT 1, ČT 2, Nova, ČT 24 a ČT Sport).

VLC jsem spustil následujícím příkazem (příkaz byl pro přehlednost upraven, pro správnou funkčnost musí být všechny parametry v jednom řádku) :

```
vlc -vvv --color --intf dummy --sout-standard-mux=ts --programs=1,2,3,4,5
dvb-t:adapter=0:frequency=506000000:bandwidth=8
--sout '#duplicate{
dst=std{access=http,url=*:8081},select="program=1",
dst=std{access=http,url=*:8082},select="program=2",
dst=std{access=http,url=*:8083},select="program=3",
dst=std{access=http,url=*:8084},select="program=4",
dst=std{access=http,url=*:8085},select="program=5"}'
```

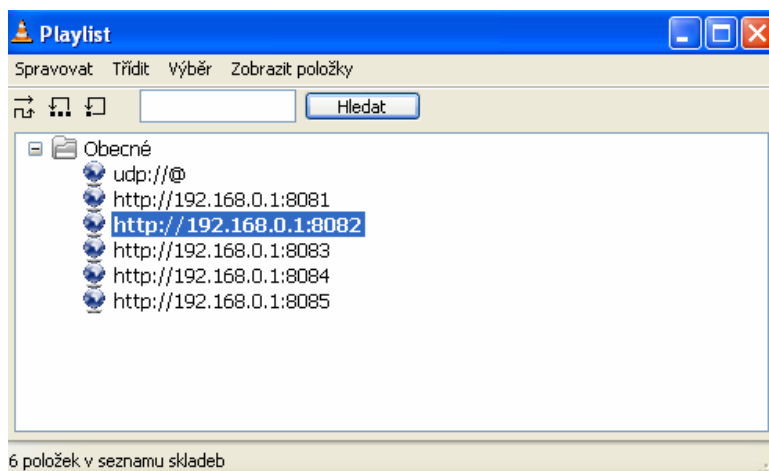
Parametr `-vvv` byl použit kvůli zobrazování chybových hlášení. Jako rozhraní bylo zvoleno `dummy`, které lze použít pro streamování televizního vysílání. Pokud by bylo potřeba nějakým způsobem zasahovat do vysílání, bylo by možné použít jiné rozhraní např. `telnet` či `http`, pro vzdálené ovládání. Jako výstupní modul byl použit modul `standard` a kontejner `ts`, který je transportní varianta formátu MPEG 2. Pro rozdělení multiplexu na jednotlivé programy jsem použil modul `duplicate`.

Na server se mohli klienti připojit v programu VLC přes nabídku Soubor/Open Network Stream/Síť. Jako URL se zadala IP adresa serveru 192.168.0.1 a za dvojtečku se uvedlo číslo portu, kde za X bylo možné dosadit 1-5 (obr. 18).



Obr. 18 Připojení k serveru [2: vlastní].

Tímto způsobem si mohl klient vytvořit playlist, který si uložil na lokální disk a při dalším spuštění VLC už nebyla potřeba nic zadávat, pouze načíst stávající playlist z disku a libovolně přepínat mezi jednotlivými programy (obr. 19).

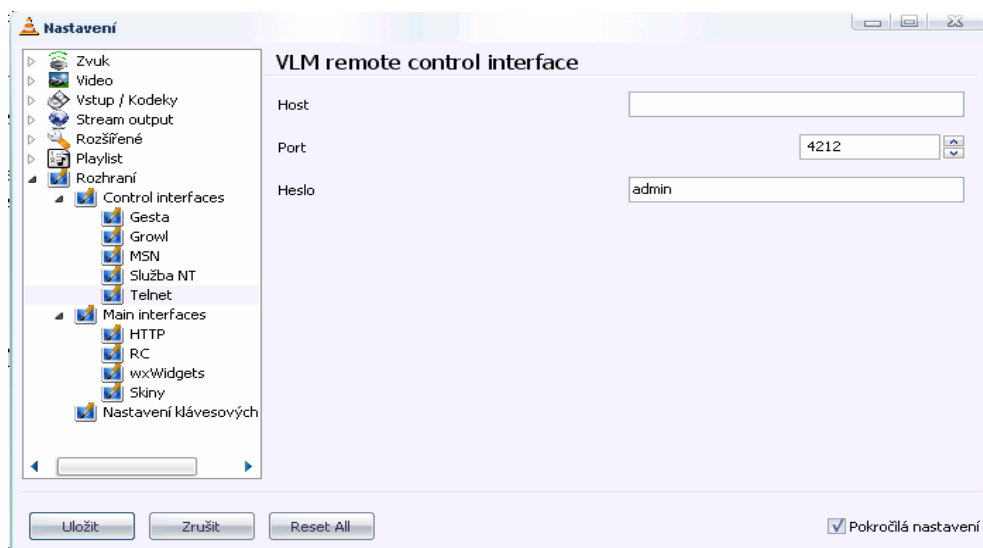


Obr. 19 Playlist na straně klienta [2: vlastní].

Tento způsob však lze použít pouze pro omezený počet klientů, při velkém počtu klientů by se muselo použít vysílání typu multicast (více kapitola 3.5.4).

3.5.4 Streamování do počítačové sítě pomocí multicastu

Při tomto způsobu vysílání lze využít dalších funkcí, které nabízí program VLC. Jednou z nich je použití VideoLAN Manager (VLM), tento režim však lze ovládat pouze pře telnetové nebo http rozhraní. Nastavení hesla, IP adresy a portu provedeme v nabídce Nastavení/Nastavení/Rozhraní/Control Interface (obr. 20).



Obr. 20 Nastavení telnetového rozhraní [2: vlastní].

Veškerá konfigurace je v jednom souboru a spuštění po startu zajistíme například přidáním spouštěcího skriptu, který načte konfiguraci, nebo zadáním příkazu `vlc` společně s cestou k souboru `vlm.conf` přímo na serveru (zdrojový kód souboru `vlm.conf` v příloze 1):

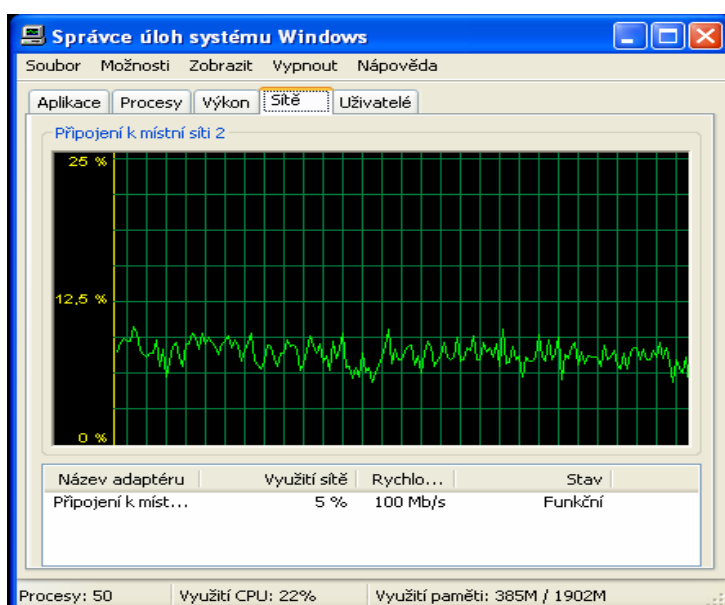
```
vlc /.../.../vlm.conf
```

Otevření streamované televize se provede obdobným způsobem jako v předchozím případě, s tím rozdílem, že zaškrtneme volbu UDP/RTP Multicast a zadáme příslušnou adresu serveru.

3.6 Zatížení serveru a sítě

Jednou z věcí, která mě při mém testování zajímala, a která je při streamování digitálního televizního signálu po síti LAN důležitá, bylo zatížení sítě. Využití procesoru se při nezatíženém serveru pohybovalo mezi 10-15% a využití operační paměti bylo přibližně 221 MB. Při streamování bylo zatížení procesoru na serveru kolem 23-28%, zatížení sítě kolem 2-4% a využití operační paměti bylo skoro 0,5 GB.

Pro otestování zatížení sítě jsem nainstaloval Samba server, který umožňuje sdílení a kopírování dat (tento mechanismus je stejný jako sdílení souborů v operačním systému MS Windows). Nejdříve jsem testoval jaké bude zatížení při samotném kopírování. Zatížení procesoru bylo kolem 20%, zatížení sítě 3% a využití operační paměti kolem 330 MB. Potom jsem se na obou klientských stanicích připojil ke streamovacímu serveru pomocí programu VLC Media Player a porovnal jaké bude zatížení při kopírování přes Sambu současně s příjmem streamovaného televizního signálu. Toto zatížení procesoru se pohybovalo mezi 34-39% a zatížení sítě mezi 5-10% (obr. 21).



Obr. 21 Zatížení sítě při streamování a kopírování přes Samba server [2: vlastní].

Během kopírování přes Samba server nedošlo ke zhoršení kvality příjmu televizního signálu na koncových uzlech a i zobrazování internetových stránek se zásadním způsobem nezhoršilo.

4 Doporučené hardwarové vybavení

Z výše popsaného testování vyplývá, že při výběru vhodných komponent pro server budeme klást velký důraz na kapacitu operační paměti a dostatečný výkon procesoru. Dalším důležitým kritériem je také spotřeba elektrické energie. Jelikož na serveru nebudeme potřebovat sledovat televizní vysílání nebude potřeba výkonná grafická ani zvuková karta a pro tyto účely postačí integrovaná na základní desce.

V následující tabulce jsou uvedeny komponenty, které jsou dostačující pro sestavení streamovacího serveru. Jednotlivé komponenty byly vybírány z internetového obchodu czechcomputers.cz a jejich cena je aktuální k datu 20.8.2008 (ceny jsou uvedeny s DPH). Také je možné, že se jejich cena oproti jiným obchodům může různě lišit.

RAM	Corsair DIMM 2048MB DDR II 800MHz Twin2X2048-6400C4	1 015,-
HDD	Western Digital Caviar WD800AAJS - 80GB SATA II	805,-
základní deska	MicroStar K9AGM4-L - AMD 690V	971,-
procesor	AMD Athlon X2 BE-2300 EE BOX ADH2300DDBOX	1 285,-
skříň	Colors-it 8025-C43 350W	810,-
TV karta	TechniSat DVB-T AirStar2	1 547,-

Tabulka 3 Komponenty pro sestavení serveru pro streamování [2: vlastní].

Po sečtení jednotlivých položek vychází celková cena serveru na 6433 Kč. Pokud vezmeme v úvahu, že bychom streamovali digitální televizi např. pro 10 klientů a porovnali ceny set-top-boxů, které se pohybují od 1000 výše s tímto řešením, je více než jasné, že bude streamování digitálního televizního signálu do sítě LAN výhodnější.

5 Závěr

Jak již bylo řečeno v úvodu, cílem této práce bylo navrhnout způsob distribuce digitálního televizního signálu po síti LAN. To bylo realizováno tak, že byl vytvořen server, který přijímal digitální televizní signál a dále tento signál distribuoval ke klientským stanicím prostřednictvím protokolu HTTP. Pro vysílání a příjem jsem zvolil program VLC Media Player 0.8.6f, který je plnohodnotným multimediálním přehrávačem a zároveň výborným nástrojem pro streamování. Jelikož v současné době VLC nepodporuje streamování DVB pod operačním systémem Windows, musel jsem pro streamovací server zvolit Linuxovou distribuci Ubuntu 8.04 LTS Hardy Heron. Tento způsob distribuce digitálního televizního signálu je obdobný jako Video on Demand (video na požádání), kde klient zašle požadavek na server, odkud mu jsou zaslána data, o které zažádal. V našem případě požadovaný televizní program.

Při samotném testování nevznikly žádné zásadní komplikace, snad až na to, že jsem měl k dispozici pouze dvě klientské stanice a nebylo možné otestovat, jaký je maximální možný počet najednou připojených klientů, aby nedocházelo k přetěžování sítě. Z výsledku testování zatížení však vyplývá, že při tomto řešení je maximální počet najednou připojených klientů přibližně 10 až 15. Při překročení této hranice je možné, že bude streamování přes protokol HTTP způsobovat velké zatížení sítě a tudíž bude výhodnější využít vysílání typu multicast. Zde musíme mít však na paměti, že všechny síťové prvky musí podporovat multicast a také toto řešení vyžaduje podporu linuxového jádra, možnou úpravu směrovacích tabulek na routeru a další. Při posuzování výše zmíněné zátěže musíme brát také v potaz, že byl použit rozbočovač, který svými vlastnostmi tuto zátěž do jisté míry ovlivňuje.

Propojení koncového uzlu k serveru pomocí rozbočovače však obecně nedoporučuji použít a to z důvodu, že se dnes rozbočovače k těmto účelům téměř nepoužívají a byli nahrazeny prepínači (switch). Rozbočovače jsou dnes vyráběny spíše pro účely rozšíření USB portů a následného připojování libovolných periférií, jako jsou např. myši, klávesnice, paměťové karty, tiskárny, digitální kamery, pevné disky apod.

Jelikož se pokrytí digitálního signálu stále zvětšuje a stejně tak vývoj nástrojů určených streamování DVB jde neustále kupředu, bude pro mnohé z nás pohodlnější

a méně nákladnější využít právě streamování digitálního televizního signálu do sítě LAN, místo nákupu set-top-boxů nebo drahých televizorů, které umí tento signál přijímat. Tento způsob distribuce bude výhodný zejména v místech, kde už je vybudovaná síťová infrastruktura, čímž odpadnou náklady na její vybudování a postačí pouze zakoupit počítač, ze kterého vytvoříme streamovací server.

Tuto práci bych doporučil dále rozšířit, zejména v oblasti zabezpečení a správy streamovacího serveru. Také bych se v dalším rozšiřování zaměřil na možnosti transkódování výstupního signálu v programu VLC a otestování vysílání digitálního televizního signálu metodou multicast.

Použitá literatura

[1] BERKA, Milan. *Acta Montanistica Slovaca: Optimalizace metod pro multimediální aplikace v geodézii v prostředí IP sítí*. Ročník 12, číslo 3, 2007.

[2] COUFAL, Viktor.

[3] Cpress: *Protokol TCP* [online]. [cit. 2008-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.cpress.cz/knihy/tcp-ip-bezp/CD-0x/9.html>>.

[4] Digital multimedia technology: Two-pass MPEG-2 variable-bit-rate encoding. *IBM Journal of Research and Development* [online]. Volume 43, Number 4, 1999. [cit. 2008-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.research.ibm.com/journal/rd/434/westerink.html>>.

[5] DOSEDLA, Martin. *Technologie počítačových sítí*. Vysoké učení technické v Brně, 2006.

[6] DSL.cz: *Streaming media: transportní protokoly RTP/RTCP* [online]. 18.10 2004 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: <[http://www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-60/Streaming-media-\(4\):-transportni-protokoly-RTP-RTCP](http://www.dsl.cz/clanky-dsl/clanek-60/Streaming-media-(4):-transportni-protokoly-RTP-RTCP)>.

[7] E-archiv: *Síťový model TCP/IP* [online]. 1992 [cit. 2008-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz/a92/a231c110.php3>>.

[8] Fórum informačního serveru, téma: *TCP/IP - metody vysílání dat* [online]. 2007, 1.3. 2008 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.samuraj-cz.com/clanky/administrace/tcpip-metody-vysilani-dat/>>.

[9] GREGORA, Pavel. *Příjem DVB-T*. Praha: BEN, 2007. ISBN 978-80-7300-221-3.

[10] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Vysoké učení technické v Brně, 2003. ISBN 80-214-1833-8.

- [11] Informační server o digitálním vysílání: *Technické minimum MPEG 2* [online]. 2002 [cit. 2008-03-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.digitalnitatelevize.cz/>>.
- [12] KABELOVÁ, Alena. – DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 2. vydání. Computer Press, Brno, 2000. ISBN 80-7226-323-4.
- [13] LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T*. Praha: BEN, 2007. ISBN 978-80-7300-204-3.
- [14] Lupa, server o českém internetu. *AS112 - projekt DNS anycast* [online]. 16.8. 2004 [cit. 2008-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.lupa.cz/clanky/as112-projekt-dns-anycast/>>.
- [15] Network dictionary: *Unicast and Unicast Routing* [online]. 2004 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.networkdictionary.com/networking/ur.php>>.
- [16] NOBILIS, Jiří. *Teorie obvodů: Digitalizace obrazového signálu* [online]. 2002 [cit. 2008-04-16]. Dostupný z WWW: <<http://213.81.187.151/~meranie/kniznica/TEO/TEO%20X.pdf>>.
- [17] PIŠTĚK, Petr. *Multicast: skupinové vysílání* [online]. Zpravodaj ÚVT MU, 1998, ročník 8I, číslo 5. [cit. 2008-04-11]. ISSN 1212-090. Dostupný z WWW: <<http://www.ics.muni.cz/zpravodaj/articles/134.html>>.
- [18] Projekt VideoLAN [online]. [cit. 2008-07-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.videolan.org>>.
- [19] Root.cz: *Kvantizace DCT koeficientů* [online]. 11.1. 2007 [cit. 2008-04-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/programujeme-jpeg-kvantizace-dct-koeficientu/>>.
- [20] ŠEBESTA, Roman. *Rádiové buňkové sítě: Zpracování signálů – zdrojové kódování* [online]. 2008 [cit. 2008-04-22]. Dostupný z WWW: <http://kat454.vsb.cz/download/predmety/rbs_080311_pred02.pdf>.

[21] TV Freak, informační server o zpracování videa na PC. *Komprese, filtrace: Kodeky tajemství zbavené* [online]. 2004 [cit. 2008-04-18]. ISSN 1213-0818. Dostupný z WWW: <http://www.tvfreak.cz/art_doc373A9DA2913B7BD3C125727C00592A37.html>.

[22] VÍT, Vladimír. *Televizní technika: Přenos barevné soustavy*. Praha: BEN, 1997. ISBN 80-86056-04-X.

[23] Wikipedia [online]. 2008 [cit. 2008-03-16]. Dostupný z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG>>.

[24] Wikipedia [online]. 2008 [cit. 2008-04-17]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/MPEG-2>>.

6 Seznam použitých zkratek

AS	Autonomní systém je množina IP sítí a routerů pod společnou technickou správou, která reprezentuje vůči internetu společnou routovací politiku.
ATM	(Asynchronous Transfer Mode) v osmdesátých a devadesátých letech to byl standard pro vysokorychlostní (155 Mbps až 622 Mbps) síťovou architekturu.
CBR	(Constant Bit Rate) konstantní bitový tok.
DAB	(Digital Audio Broadcasting) vysílání digitálního rádia.
DCT	(Discrete Cosine Transform) je diskretní transformace podobná diskretní Fourierově transformaci (DFT), ale produkující pouze reálné koeficienty. Používá se při zdrojovém kódování obrazu ve standardu MPEG.
DHCP	(Dynamic Host Configuration Protocol) je aplikační protokol z rodiny TCP/IP. Používá se pro automatické přidělování IP adres koncovým stanicím v síti.
DNS	(Domain Name System) je systém doménových jmen umožňující uživatelům používat symbolická doménová jména místo číselných adres.
DTS	(Decoding Time Stamp) Dekódovací časová značka, souvisí s dekodováním. Je podobně jako PTS 33 bitová a rozdělena na tři části. Představuje čas, kdy byl snímek obsažený PES paketu dekodován.

- DVB je zkratka z anglického Digital Video Broadcasting, což znamená digitální televizní vysílání. Jedná se o digitální způsob přenosu TV vysílání, které prostřednictvím tzv. multiplexu umožňuje přenášet několik TV programů v normě MPEG 2 či MPEG 4.
- DVD (Digital Versatile Disc nebo Digital Video Disc) je formát digitálního optického datového nosiče, který může obsahovat filmy ve vysoké obrazové a zvukové kvalitě nebo různé jiné údaje.
- DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) je to protokol který se používá pro sdílení informací mezi routery pro multicastové vysílání mezi sítěmi.
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute) je to nezávislá, nezisková organizace, která se zabývá celosvětovou standardizací telekomunikací.
- FEC (Forward Error Correction) je to systém tzv. dopředné ochrany transportního toku DVB-T signálu.
- FFT (Fast Fourier Transformation) rychlá Fourierova transformace.
- FTP (File Transfer Protocol) je protokol aplikační vrstvy z rodiny TCP/IP, je určen pro přenos souborů mezi počítači, na kterých mohou běžet velmi rozdílné operační systémy.
- HDTV (High Definition TV) televize s vysokým rozlišením.
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) je internetový protokol určený pro výměnu hypertextových dokumentů ve formátu HTML.
- IGMP (Internet Group Management Protocol) je to komunikační protokol, který se využívá při multicastové komunikaci a zajišťuje tok paketů multicasu členům multicastové skupiny.

ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci.
ISP	(Internet Service Provider) poskytovatel internetových služeb.
LAN	(Local Area Network) lokální síť, která umožňuje komunikaci mezi propojenými počítači. Sítě LAN jsou charakterizovány vysokými přenosovými rychlostmi a malým dosahem.
LDTV	(Low Definition TV) televize s nízkým rozlišením.
MPEG	(Motion Picture Experts Group) je název skupiny standardů používaných na kódování audiovizuálních informací (např. film, obraz, hudba) pomocí digitálního kompresního algoritmu. MPEG spolupracuje s organizací ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) a komisí International Electro-Technical Commission (IEC).
OSI	je zkratka pro Open Systems Interconnection (propojení otevřených systémů). Byla to společná snaha ISO a ITU-T započatá v roce 1982 o standardizaci počítačových sítí a protokolů. Jeho hlavní částí je referenční model ISO/OSI, který představoval podstatný pokrok v modelování práce počítačových sítí.
OSPF	(Open Shortest Path First) je adaptivní hierarchický distribuovaný routovací protokol, provádějící změny v routovacích tabulkách na základě změny stavu v síti. Jedná se o nejpoužívanější routovací protokol uvnitř autonomních systémů.
PCR	(Programme Clock Reference) programové referenční hodinové impulsy, které synchronizují zdroj hodinových impulsů v dekodéru.
PES	(Packetized Elementary Stream) paketový elementární tok, který umožňuje vytvoření programového toku a transportního toku.

- PIM (Protocol Independent Multicast) je to routovací protokol pro multicast, který umožňuje přenos dat typu „one to many“.
- PTS (Presentation Time Stamp) Prezentační časové značky souvisejí s dekódováním. Je to 33 bitové číslo rozdělena na tři části. Představuje čas, kdy je snímek obsažený v PES paketu zobrazen.
- RIP (Routing Information Protocol) je směrovací protokol umožňující směrovačům komunikovat mezi sebou a reagovat na změny topologie počítačové sítě.
- RLE (Run Length Encoding) je bezeztrátová komprese, která kóduje vstupní data tak, že kóduje posloupnosti stejných hodnot do dvojic (délka posloupnosti, hodnota).
- RS (Reed-Solomon) je to samoopravný kód, který se používá při dopředné ochraně FEC.
- RTCP (Real Time Control Protocol) je řídicím protokolem RTP, pomocí něhož je monitorováno doručování paketů.
- RTP (Real Time Protocol) je internetovým standardem pro přenos dat v reálném čase.
- SDTV (Standard-definition TV) televize se standardním rozlišením.
- SLIP (Serial Line Internet Protocol)) protokol SLIP je starší standard vzdáleného přístupu zpravidla používaný servery vzdáleného přístupu systému UNIX. Síťová připojení podporují protokol SLIP u telefonických připojení.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) internetový protokol určený pro přenos zpráv elektronické pošty (e-mailů) mezi stanicemi. Protokol zajišťuje

doručení pošty pomocí přímého spojení mezi odesílatelem a adresátem.

- SNMP** (Simple Network Management Protocol) je součástí sady internetových protokolů. Slouží potřebám správy sítí. Umožňuje průběžný sběr různých dat pro potřeby správy sítě a jejich následné vyhodnocování. Na tomto protokolu je dnes založena většina prostředků a nástrojů pro správu sítě.
- TCP** (Transmission Control Protocol) je jedním ze základních protokolů sady protokolů internetu, konkrétně představuje transportní vrstvu. Použitím TCP mohou mezi sebou aplikace na počítačích vytvořit spojení, přes které mohou přenášet data. Protokol garantuje spolehlivé doručování a doručování ve správném pořadí.
- TCP/IP** Protokolová architektura TCP/IP je definována sadou protokolů pro komunikaci v počítačové síti.
- Telnet** (Telecommunications Network) je klient/server protokol přenosové architektury TCP. Tento protokol dovoluje uživateli klientského terminálu se připojit ke vzdálené stanici či síťového uzlu pomocí TCP/IP.
- UDP** (User Datagram Protocol) je jedním ze sady protokolů internetu. Protokol UDP nedává záruky na datagramy, které přenáší mezi počítači v síti. Na rozdíl od protokolu TCP totiž nezaručuje, zda se nezmění pořadí doručených datagramů nebo zda se některý datagram nedoručí vícekrát.
- VBR** (Variable Bit Rate) proměnlivý bitový tok.
- VLC** (VideoLan Client) volně dostupný software pro přehrávání video souborů. Podporuje také streamování v rámci sítě LAN.

VLC (Variable Length Coding) kódováním v proměnnou délkou slova.

QoS (Quality of Service) je řízení datových toků v síti. Tento protokol zajišťuje spravedlivé dělení přenosových rychlostí a nedochází tak k zahlcování sítě.

7 Seznam obrázků a tabulek

7.1 Obrázky

Obr. 1 Základní implementace kodéru s DCT	11
Obr. 2 Klikaté snímání koeficientů – čtení „cik-cak“	14
Obr. 3 Kodér DCT s mezisímkovou predikcí	15
Obr. 4 Složení makrobloku při formátu vzorkovaného signálu 4 : 2 : 0.....	16
Obr. 5 Princip detekce a kompenzace pohybu, pohybový vektor	16
Obr. 6 Porovnání síťových modelů TCP/IP a ISO OSI	22
Obr. 7 Záhlaví UDP datagramu	24
Obr. 8 Vysílání typu multicast.....	26
Obr. 9 Vysílání typu unicast.....	28
Obr. 10 Vysílání typu anycast	30
Obr. 12 Připojení koncových uzlů pomocí Wi-Fi routeru	33
Obr. 13 Připojení koncových uzlů pomocí běžného routeru a kroucené dvoulinky....	33
Obr. 14 Připojení koncových uzlů pomocí rozbočovače a kroucené dvoulinky	34
Obr. 15 Nastavení IP adresy serveru pro lokální síť.....	35
Obr. 16 Možnosti programu VLC	38
Obr. 17 Balík dvb-utils	43
Obr. 18 Připojení k serveru.....	45
Obr. 20 Nastavení telnetového rozhraní.....	46
Obr. 21 Zatížení sítě při streamování a kopírování přes Samba server	47

7.2 Tabulky

Tabulka 1 Profily MPEG 2.	18
Tabulka 2 Úrovně MPEG 2.....	18
Tabulka 3 Komponenty pro sestavení serveru pro streamování.	49

8 Přílohy

Příloha 1: zdrojový kód souboru vlm.conf

```
# Vytvoření nového zdroje dat
new CRA broadcast enabled

# Nastavíme typ zdroje na DVB
setup CRA input dvb:
# Nastavení DVB parametrů
setup CRA option dvb-adapter=0
setup CRA option dvb-frequency=506000000
setup CRA option dvb-bandwidth=8
setup CRA option dvb-transmission=8
setup CRA option dvb-guard=8
setup CRA option dvb-hierarchy=-1
setup CRA option dvb-modulation=64
setup CRA option ts-es-id-pid
# Seznam identifikačních čísel programů
setup CRA option programs=1,2,3,4,5

# Nastavení výstupů
setup CRA output #duplicate
{
dst=std{access=rtp,mux=ts,url=239.194.1.1:1234, \
sap,group="Skupina-CRA",name="CT1"},select="program=1"
,dst=std{access=rtp,mux=ts,url=239.194.1.2:1234, \
sap,group=" Skupina -CRA",name="CT2"},select="program=2"
,dst=std{access=rtp,mux=ts,url=239.194.1.3:1234, \
sap,group=" Skupina -CRA",name="CT24"},select="program=3"
,dst=std{access=rtp,mux=ts,url=239.194.1.4:1234, \
sap,group=" Skupina -CRA",name="CT4"},select="program=4"
,dst=std{access=rtp,mux=ts,url=239.194.1.5:1234, \
sap,group=" Skupina -CRA",name="Nova"},select="program=5"
}
control CRA play
```