

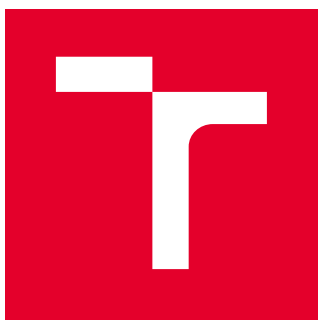
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2018

Andrzej Szymeczek



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

INTERNETOVÁ TELEVIZE V PŘÍSTUPOVÝCH SÍTÍCH NOVÉ GENERACE

INTERNET TELEVISION WITHIN NEXT GENERATION ACCESS NETWORKS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Andrzej Szymeczek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Grenar

BRNO 2018

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Teleinformatika**

Ústav telekomunikací

Student: Andrzej Szymeczek

ID: 186198

Ročník: 3

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Internetová televize v přístupových sítích nové generace

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s možnostmi Internetové televize (IPTV). Definujte hlavní vlastnosti a parametry IPTV, jež budou následně experimentálně ověřeny. Určete hlavní parametry, jež mají vliv na kvalitu služeb. Pro simulaci použijte reálné parametry IPTV služby. Pro simulační model také vytvořte aplikační blok IPTV služby. Ověřte vliv multicastu a unicastu na přístupové síť nové generace. Proveďte simulaci pro pevné a bezdrátové typy sítí a jejich kombinaci.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] FILKA, Miloslav. Optoelektronika pro telekomunikace a informatiku. Brno: M. Filka, 2009. ISBN 978-808-67-5-141.

[2] SPORTACK, Mark A. Směrování v sítích IP: [autorizovaný výukový průvodce : samostudium : kompletní zdroj informací o směrování a protokolech v sítích IP]. Brno: Computer Press, 2004. Cisco systems. ISBN 80-25-0127-4.

[3] LAFATA, Pavel a Jiří VODRÁŽKA. Optické přístupové sítě a přípojky FTTx. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-800-1054-635.

Termín zadání: 5.2.2018

Termín odevzdání: 29.5.2018

Vedoucí práce: Ing. David Grenar

Konzultant:

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Tématem bakalářské práce je „Internetová televize v přístupových sítích nové generace“. Cílem práce bylo vytvořit síť, ve které funguje služba internetové televize, a následně otestovat možnosti a parametry, které tato síť umožňuje. Teoretická část je věnována základním vlastnostem a parametrům služby internetové televize. Dále jsou popsány síťové protokoly pro přenos multimediálních dat v reálném čase a způsoby vysílání v síti. Simulace je navržena v simulačním prostředí GNS3. Tato simulace obsahuje funkční model sítě a lze v ní spustit vysílání videa po síti. Přenášená data a nežádoucí jevy, které ovlivňují funkčnost a kvalitu přenosu, jsou analyzovány. Také jsou posuzovány rozdíly pro unicastové a multicastové vysílání.

KLÍČOVÁ SLOVA

IPTV, šířka pásma, latence, RTP, vícesměrové vysílání, unicast, IGMP, GNS3.

ABSTRACT

The topic of the bachelor thesis is „Internet Protocol Television at the Access Networks of the New Generation“. The aim of the project is to make the network where internet television service is functional and after then to test the facilities and specifications of this network. The theoretical part of the project is focused on the basic characteristics and specifications of the internet television service. Further in the project is description of the network protocols for multimedia data transfer in real time and way of the transmission through the network. The simulation is designed in the simulation program GNS3. The simulation contains functional model of the network and because of the simulation is possible to run video streaming through the network. The transvered data and side-effects, which have an influence on the function and quality of the stream, are analysed. Also the differences between unicast and multicast streaming are considered.

KEYWORDS

IPTV, bandwidth, latency, RTP, multicast, unicast, IGMP, GNS3.

SZYMECZEK, Andrzej. *Internetová televize v přístupových sítích nové generace*. Brno, Rok, 54 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce: Ing. David Grenar

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Internetová televize v přístupových sítích nové generace“ jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil(a) autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl(a) nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom(a) následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora(-ky)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Davidu Grenarovi za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Dále chci poděkovat všem blízkým, kteří v době tvorby celé práce stáli při mě a byli mi oporou.

Brno

.....

podpis autora(-ky)

OBSAH

Úvod	10
1 Televize přes internetový protokol	11
2 Protokoly podporující přenos multimediálního obsahu	12
2.1 Real-Time Transport Protocol (RTP)	13
2.1.1 Hlavička RTP	13
2.2 RTP Control Protokol (RTCP)	15
2.2.1 RTCP zprávy	15
2.3 Session Description Protocol (SDP)	15
2.4 Real Time Streaming Protocol (RTSP)	17
2.4.1 RTSP metody	18
2.5 Session Announcement Protocol (SAP)	19
2.6 MPEG Transport Stream	20
3 Unicastové a Multicastové vysílání	22
3.1 Unicast	22
3.2 Multicast	23
3.2.1 Multicastová adresace	23
3.2.2 Internet Group Management Protocol (IGMP)	24
4 GNS3 (Graphical Network Simulator 3)	25
4.1 Dynamips	27
5 Wireshark	28
6 Simulace služby IPTV	30
6.1 Porovnání služby podle protokolů a rozlišení videa	30
6.1.1 RTP stream pro video rozlišení 360p	31
6.1.2 RTP stream pro video rozlišení 720p	34
6.1.3 UDP stream pro video rozlišení 360p	34
6.2 Srovnání vlivu Multicastu a Unicastu	35
6.2.1 Zpoždění a rozptyl zpoždění v závislosti na čase pro tři multicastové příjemce (M3)	37
6.2.2 Zpoždění a rozptyl zpoždění v závislosti na čase pro tři unicastové příjemce (U3)	38
6.2.3 Zpoždění a rozptyl zpoždění pro jeden multicastový a dva unicastové příjemce (M1-U2)	39

6.2.4	Zpoždění a rozptyl zpoždění pro jeden unicastový a dva multicastové příjemce (M2-U1)	41
6.2.5	Unicastové vysílání (srovnání)	42
6.2.6	Multicastové vysílání (srovnání)	43
6.2.7	Unicastové vysílání v kombinacích s multicastovým vysíláním	44
7	Závěr	48
	Literatura	49
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	51
	Seznam příloh	53
A	Obsah přiloženého CD	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Streamovací protokoly [2]	12
2.2	Hlavička RTP packetu [3]	13
3.1	Typy vysílání [2]	22
4.1	Prostředí programu GNS3	25
4.2	Hlavní nabídka programu GNS3	26
4.3	Topologie vytvořena v prostředí GNS3	26
5.1	Prostředí programu Wireshark	28
6.1	Topologie simulované sítě	30
6.2	Popis vícesměrové skupiny	31
6.3	Velikost paketů pro video rozlišení 360p (RTP)	32
6.4	Počet přenesených paketů v čase (RTP)	32
6.5	Zpoždění doručování paketů u videa rozlišení 360p (RTP)	32
6.6	Směrovací tabulka vícesměrového vysílání	33
6.7	Obsah SAP a SDP paketů	33
6.8	Název streamu přenesený protokolem SAP	33
6.9	Zpoždění doručování paketů u videa rozlišení 720p (RTP)	34
6.10	Zpoždění doručování paketů u videa rozlišení 360p (UDP)	35
6.11	Topologie pro srovnání Multicastového a Unicastového vysílání	36
6.12	Závislost času na zpoždění a rozptylu zpoždění pro tři multicastové příjemce	38
6.13	Závislost času na zpoždění a rozptylu zpoždění pro tři unicastové příjemce	39
6.14	M1-U2 Multicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)	40
6.15	M1-U2 Unicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)	40
6.16	M2-U1 Multicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)	41
6.17	M2-U1 Unicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)	42
6.18	Závislost zpoždění na čase při unicastovém vysílání	43
6.19	Závislost zpoždění na čase při multicastovém vysílání	44
6.20	Unicast v kombinacích	45
6.21	Multicast v kombinacích	45
6.22	Souhrnný graf	47

SEZNAM TABULEK

2.1	SDP Zpráva (povinné řádky)	16
2.2	SDP Zpráva (nepovinné řádky)	16
2.3	RTSP metody.	18
6.1	Výpočet logaritmické spojnice trendu	47

ÚVOD

Internet se stává stále více oblíbený a používaný. S tím souvisí i množství nově vznikajících možností a forem využití připojení k internetu. Jedna z nově vzniklých služeb je služba internetové televize. Tato služba poskytuje televizní přenos přes internet. Má se jednat o jakéhosi nástupce klasické televize, která je běžně zprostředkována pomocí satelitu, nebo kabelového připojení. V současné době se internetová televize stává více známější službou, která láká mnoho potenciálních uživatelů. Internetová televize s sebou nese spoustu výhod, ale také výzev, které pokud se je podaří úspěšně vyřešit, pak tato služba bude využívána a oblíbená.

První část této práce přináší základní informace o internetové televizi, o základních požadavcích správného fungování této služby a dosažení dostatečného výstupu služby. V druhé části se tato práce věnuje fungování internetové televize, konkrétně protokolům, které umožňují přenášení a řízení multimediálního obsahu v reálném čase. V další kapitole jsou popsány způsoby vysílání, a především vícesměrové vysílání (tzv. Multicast). V poslední teoretické části jsou popsány programy, které byly použity pro tuto práci. První program se jmenuje GNS3 a jedná se o simulátor, druhý program se jmenuje Wireshark, ten byl použit pro zachytávání provozu v síti a jejich analýzu. Další část práce se zabývá návrhem sítě, na které je realizována služba internetové televize. Tato část obsahuje nejdůležitější konfigurace jednotlivých prvků sítě. Dále se v této kapitole nachází srovnání mezi protokoly pro přenos videa v reálném čase a také pro různá rozlišení videa. V poslední části praktické části práce je popsán a na grafech zobrazen rozdíl mezi unicastovým a multicastovým vysíláním a tato srovnání jsou pro různé kombinace vysílání.

V závěru jsou shrnuty základní poznatky simulace, a také zhodnocení výsledků simulací.

1 TELEVIZE PŘES INTERNETOVÝ PROTOKOL

Jak již název předeseílá IPTV je služba poskytující televizní přenos přes internetový protokol IP. Zjednodušeně by šlo tuto službu nazvat - televize přes internet. Služba IPTV zahrnuje multicastové vysílání televize, službu VoD (Video on Demand), VoIP (Voice over Internet Protocol), webový přístup. IPTV představuje jinou infrastrukturu než běžné televizní služby. Běžné televizní společnosti vysílají souvislý tok pořadů, seriálů a filmů. Uživatelé se nabízí pouze možnost zapnout daný kanál a sledovat to, co právě ve vysílání běží. IPTV obsahuje dvoucestnou, interaktivní komunikaci mezi operátory a uživateli. Tato komunikace rozšiřuje možnosti pro uživatele, který může sám volit a kombinovat dle vlastní potřeby a zájmu, co bude sledovat. Uživatelé přibýly nové funkce jako jsou pauza, přetočení dopředu, přetočení dozadu atd. VoIP, VoD spolu s dalšími službami, které jsou zahrnuty do služby IPTV, se musí doručovat klientům prostřednictvím širokopásmového připojení se zárukou QoS (Quality of Service) [1].

Ke správnému a efektivnímu využití potenciálu služby IPTV je zapotřebí, aby služba disponovala těmito komponenty:

- Zdroje IPTV s databázemi a obslužnými programy.
- Vysokorychlostní internet, který je tvořen optickou páteřní sítí, s funkcemi multicastingu a zárukou QoS.
- Vysokorychlostní přístupové sítě jako ADSL, ADSL2+, VDSL, FTTC, FTTH.
- Uživatelské zařízení pro IPTV, jako jsou digitální televizory.

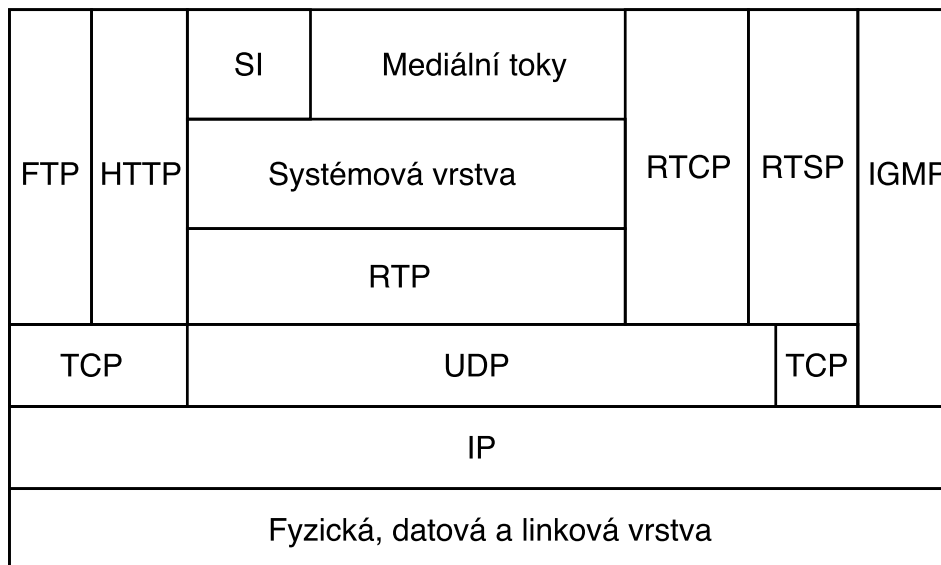
Uživatelské funkce IPTV:

- Vlastní výběr TV programu, kanálu s krátkou dobou změny.
- Uložení obsahu na lokálním úložišti s možností sledovat s nepřetržitou možností sledování uloženého obsahu.
- Zaručení standardní televizní kvality.
- Nízké náklady pro uživatele.

2 PROTOKOLY PODPORUJÍCÍ PŘENOS MULTIMEDIÁLNÍHO OBSAHU

Tato kapitola se zabývá protokoly pro přenos multimediálních dat. Jsou v ní popsány ty nejzásadnější protokoly pro fungování služby jako je např. IPTV. Využívání streamování, dekódování zvuku a videa přes IP sítě přináší pro klasické sítě jisté výzvy. IP sítě běžně nezaručují kvalitu služby (QoS) v reálném čase. V IP sítích se běžně zahazují pakety a vzniká zpoždění. Prioritou těchto sítí je, aby se data dostala ke konečnému cíli. Při přenosu videa v reálném čase již tyto nežádoucí jevy podstatným způsobem ovlivňují výsledný přenos, a proto si IP sítě, které chtějí využívat např. IPTV, nemohou dovolit tyto nežádoucí jevy sítě. Pro přenos a přehrávání videa v síti je potřeba značné šířky pásma sítě. To zatěžuje síť ještě více, a může navíc zvýšit ztrátovost a chybovost. V souvislosti s těmito problémy vznikly nové protokoly, které tyto problémy řeší. Vznikly protokoly týkající se kvality služeb (QoS), protokoly týkající se řízení času a synchronizace (clock), protokoly pro řízení relací a další [2].

Na obrázku 2.1 jsou znázorněny protokoly, pomocí kterých lze uskutečnit relaci pro přenos mediálního obsahu v reálném čase.



Obr. 2.1: Streamovací protokoly [2]

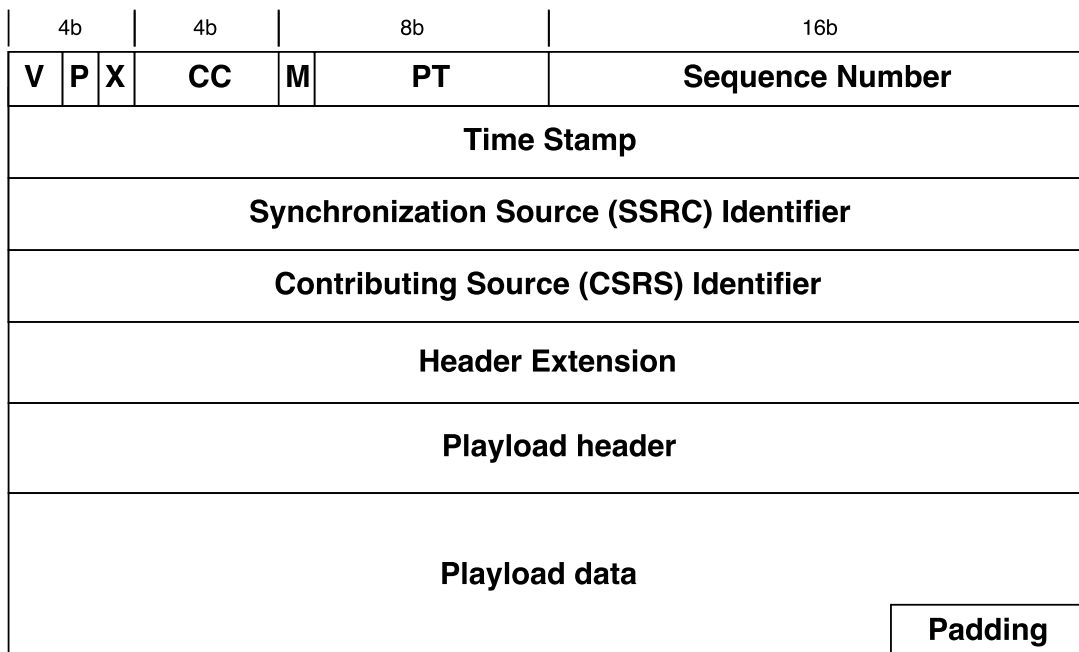
2.1 Real-Time Transport Protocol (RTP)

Real-Time Transport Protocol (RTP) je protokol, který má na starosti koncové doručování multimediálních dat přes internet v reálném čase. RTP podporuje přenos dat vícesměrového vysílání tzv. multicast. Protokol kombinuje přenos dat s řídicím protokolem RTCP (protokol bude blíže popsán v další kapitole), který umožňuje sledování dat pro velké multicastové sítě. Monitorování umožňuje příjemci detekovat, zda nedochází k nežádoucím prvkům sítě, jako jsou např. Latence nebo Packet loss.

Záhlaví paketu informuje příjemce o způsobu rekonstrukce dat, a jakým kódem jsou pakety bitů zabaleny. Protokol RTP typicky využívá protokol UDP (User Datagram Protocol), ze kterého využívá multiplexování a kontrolní součet. Může využít i další přenosové protokoly např. protokoly SIP nebo H.323. Tento protokol však nijakým způsobem nezaručuje bezchybný a včasný přenos [3].

2.1.1 Hlavička RTP

V této kapitole bude popsána RTP hlavička dle doporučení RFC 3550 [3]. Hlavička je znázorněna na obrázku 2.2 s popisem částí hlavičky.



Obr. 2.2: Hlavička RTP packetu [3]

V - Version (2 bity) Nese informaci o verzi protokolu RTP.

P - Padding (1 bit) Informuje o existenci jednoho nebo více následných přídatných oktetů, které nenesou informaci. Při dekódování se tyto přídatné oktety (výplň) ignoruje.

X - Extension (1 bit) Hlavička paketu je rozšířena, pokud je tento bit uveden do polohy High. Tato možnost se používá v případě, že potřebujeme přenést více informací, než nám dovoluje nerozšířená hlavička RTP.

CC - CSRC Count (4 bity) CSRC count určuje počet identifikátorů, ty pak rozšiřují základní hlavičku.

M - Marker (1 bit) Používá se na aplikační úrovni a definuje profil. Je-li nastaven, pak to znamená, že aktuální data mají pro aplikaci zvláštní význam.

PT - Payload Type (7 bitů) Určuje formát užitečného zatížení a určuje jeho interpretaci v aplikaci. To je určeno profilem RTP, ten rozlišuje typy zátěže podle datových typů.

Sequence Number (16 bitů) Sekvenční číslo nese informaci o paketu. Díky tomuto identifikátoru může přijímač zjistit ztracený paket, či paket, který byl doručen mimo pořadí. Sekvenční číslo se zvyšuje pro každý datový paket RTP. Při přetečení se čítač nuluje. Hodnota sekvenčního čísla by měla být náhodná, a to z bezpečnostních důvodů.

Time Stamp (32 bitů) Časové razítko slouží k identifikaci prvního oktetu dat v paketu, a tím dovoluje přijímači přehrávat přijaté vzorky ve vhodných intervalech. V případě přítomnosti více datových toků médií jsou časová razítka v každém streamu nezávislá, takže nezaručují synchronizaci.

Synchronization Source (SSRC) Identifier (32 bitů) Jednoznačný identifikátor zdroje synchronizace slouží k identifikaci zdroje streamu. Každý účastník obdrží jedno náhodné číslo, které bude obsaženo ve všech paketech dané relace. Může přesto dojít ke kolizi, kdy 2 účastníci budou mít přidělené stejné číslo, protože každý zdroj vybírá tento identifikátor náhodně. Tuto kolizi pak řeší protokol RTCP, který ukončí danou relaci, a zdroj pak vybere náhodně nové SSRC číslo.

Contributing Source (CSRC) Identifier (32 bitů) Tento identifikátor, který lze nazvat jako identifikátor přispívajícího zdroje, je používán v případě, kdy data RTP paketu nejsou generována jedním zdrojem. Každý takový přispívající zdroj obdrží identifikátor CSRC.

Payload header (hlavička zátěže) Informace o každé zátěži je součástí fixní hlavičky RTP paketu, ale někdy je pro správné fungování potřeba více údajů o zátěži. Tyto rozšiřující informace nese hlavička zátěže.

Payload data (užitečná data) Za hlavičkou zátěže se nachází poslední část paketu RTP, a to užitečná data. Předem nastaveny parametry určují formát a velikost zátěže [3, 4] .

2.2 RTP Control Protokol (RTCP)

Jedná se o řídicí protokol, který řídí tok dat v reálném čase, a jehož doporučení je popsáno v RFC 3550 [3]. Tento kontrolní protokol pracuje ruku v ruce s protokolem RTP. Protokol RTP doručuje aktuální data, zatímco RTCP slouží k posílání řídicích paketů účastníkům hovoru. Primární funkcí je poskytnout zpětnou vazbu o kvalitě služby. Některé zprávy, které jsou vysílány RTCP protokolem budou popsány v následující podkapitole. Důležité pro každou implementaci protokolu RTP a RTCP je způsob, jakým se pakety zasadí do dané sítě. Pro dosažení nejvyššího výkonu by se zasazení RTP a RTCP protokolu do sítě neměla měnit z toho důvodu, že každá změna na trase vede ke kolísání velikosti zpoždění paketu při průchodu sítí, tzv. Latence [5].

2.2.1 RTCP zprávy

RTCP vysílá zprávy, které nesou různou informaci o přenosu. Níže jsou uvedeny některé zprávy, které jsou vysílány RTCP protokolem dle doporučení RFC 3550 [3].

SR (Sender Report) Díky statistickým informacím, které tato zpráva nese, může příjemce odhadnout rychlost přenosu a jeho kvalitu. Klient je díky tomu schopen měřit jednosměrné zpoždění přenosu, pokud je tak nakonfigurován. Tyto zprávy se odesílají pravidelně, ale ne pro každý RTP paket.

RR (Receiver Report) Na základě statistik z SR zpráv se vytváří přijímací report, ve kterém jsou informace o kolísání zpoždění příjemce a čísla ztracených paketů. Znalost informací obsažených v SR a RR umožňují vysílači dat měnit kvalitu přenášeného obsahu (audio, video či data).

SDES (Session Description) Zpráva obsahující popis relace. Obsahem každého SDES paketu musí být vždy CNAME (kanonické jméno), ale může obsahovat i další popisné údaje jako jsou NAME (běžný název zdroje), EMAIL (emailová adresa zdroje), PHONE (telefonní číslo zdroje) a další. CNAME je jedinečný identifikátor pro danou relaci a během přenosu se nemůže měnit. Díky tomuto identifikátoru může příjemce seskupit více streamu.

BYE (Goodbye) Zpráva informující o odchodu účastníka ze spojení. Tato zpráva není důležitá pro synchronizaci, ale je nezbytná pro RTCP [5].

2.3 Session Description Protocol (SDP)

Při zahájení jakékoliv multimediální relace, jako jsou například telekonference, VoIP, streamování videa a další, je nutné, aby relace obsahovala potřebné informace.

K tomu slouží protokol SDP. Protokol SDP předává detaily o daném médiu, adresy, metadata. SDP reprezentuje pouze obecný formát pro popis relace. Protokol neobsahuje transportní mechanismus, takže pro přenos používá dostupné transportní protokoly. Protokol je použitelný pro širokou škálu síťových prostředí [6].

Zpráva SDP je sada řádků kódu. V tabulce 2.1 jsou znázorněny povinné řádky SDP zprávy a dále v tabulce 2.2 jsou znázorněny nepovinné řádky. Existují ještě další řádky, ale ty jsou nepovinné [6, 7].

Tab. 2.1: SDP Zpráva (povinné řádky)

Typ	Popis
v	Verze protokolu
o	Identifikátor původu a Identifikátor relace
s	Název relace
c	Informace o spojení
t	Čas, po který je relace aktivní
m	Popis média
a	Doplňkový atribut média

Tab. 2.2: SDP Zpráva (nepovinné řádky)

Typ	Popis
i	Relační informace
u	Adresa URI popisu
e	Emailová adresa
p	Telefonní číslo
c	Informace o spojení (není vyžadováno, pokud je zahrnut ve všech médiích)
b	Informace o šířce pásma (pro popis relace i médií)
z	Nastavení časového pásma
k	Kryptovací klíč (pro popis relace i popis médií)
a	Nula, nebo více řádků atributů relace (pro popis relace i médií)
r	Nula, nebo více opakování
i	Název média
c	Informace o připojení (pokud tato data ještě nezná)

Každý řádek kódu je ve formátu <typ>=<hodnota>. Pole <typ> obsahuje písmeno, které určuje typ. Obsah pole <hodnota> závisí na typu [7]. Níže jsou popsány 3 příklady SDP řádků.

V položce <hodnota> pro řádek typu <o> jsou následující parametry:

o=roman 152433 152433 IN IP4 192.168.1.3

- uživatelské jméno (roman)
- Identifikátor relace (152433)
- Verze relace (152433)
- Typ sítě (IN) – v tomto případě se jedná o internetovou síť.
- Typ adresy (IP4) – v tomto případě se jedná o adresu typu IPv4.
- IP adresa stanice, která relaci vytvořila (192.168.1.3)

V položce <hodnota> pro řádek typu <c> jsou následující parametry:

c=IN IP4 192.168.2.3

- Typ sítě (IN) – v tomto případě se jedná o internetovou síť.
- Typ adresy (IP4) – v tomto případě se jedná o adresu typu IPv4.
- IP adresa stanice, která relaci vytvořila (192.168.2.3)

V položce <hodnota> pro řádek typu <a> jsou následující parametry:

a=rtpmap : 0 PCMU/800

- Typ kodeku (0)
- Název kodeku (PCMU)
- Vzorkovací frekvence (8000)

2.4 Real Time Streaming Protocol (RTSP)

Aplikační protokol, který slouží ke kontrole doručování dat v reálném čase. Spravuje jak vysílání, tak i přijímání dat, ale nejedná se o transportní protokol, který přenáší data. Streamovací data se přenášejí přes transportní protokoly (UDP/IP, nebo RTP/UDP/IP). RTSP funguje na bázi klient-server, kdy klient vyšle žádost na server a server na danou žádost odpoví (funkce funguje i v opačném směru). RTSP obsahuje rozšiřitelný rámec, který řídí dodávání dat v reálném čase, a to na vyžádání od klienta. Zdroj může obsahovat jak živý datový kanál, tak i uložené multimediální soubory. Protokol RTSP má velice podobnou syntaxi s protokolem HTTP/1.1. Rozdíl je v tom, že protokol HTTP je tzv. *bezstavový* – nezachovávají stav komunikace, každý dotaz je veden zvlášť. Doporučení k tomuto protokolu se nachází v RFC 2326 [8].

Vlastnosti protokolu RTSP:

- Rozšiřitelný o nové funkce a parametry.
- Lehce analyzovatelný.
- Bezpečný (využívá webový ochranný mechanismus).
- Nezávislý na transportním protokolu.

- Schopen pracovat s více servery (každý mediální proud se může nacházet na jiném serveru).
- Řízení nahrávacích zařízení.
- Oddělení kontroly proudů a zahájení konference (řízení streamu je odděleno od přizvání mediálního serveru do konference).
- Podporuje proxy a firewall.
- Podporuje HTTP.
- Vhodné řízení serveru (klient je schopen jak spustit, tak zastavit proud dat).
- Transportní domluva (klient může vyjednat způsob přenosu streamu).

Základní funkce RTSP:

- Získání dat ze serveru (obsahuje adresy, porty).
- Pozvání serveru ke konferenci.
- Přidání multimediálních dat do prezentace (možnost přijímat dodatečný obsah).

2.4.1 RTSP metody

V této podkapitole jsou popsány RTSP metody. V tabulce 2.3 jsou znázorněny jednotlivé zprávy. U každé ze zpráv je znázorněn směr, odkud a kam metoda směřuje (C – klient, S – server). V posledním sloupci je znázorněna důležitost dané zprávy [4, 8].

Tab. 2.3: RTSP metody.

Metoda	Směr	Důležitost
DESCRIBE	C › S	Doporučený
ANNOUNCE	C › S, S › C	Volitelný
GET_PARAMETER	C › S, S › C	Volitelný
OPTIONS	C › S	Povinný
PAUSE	C › S	Doporučený
PLAY	C › S	Povinný
RECORD	C › S	Volitelný
REDIRECT	S › C	Volitelný
SETUP	C › S	Povinný
SET_PARAMETER	C › S, S › C	Volitelný
TEARDOWN	C › S	Povinný

DESCRIBE - Tento požadavek posílá klient na server pro získání popisu multimediálních dat. Jako identifikátor slouží adresa URL. Server odpovídá požadovaným

popisem. Metoda DESCRIBE je součástí inicializační fáze RTSP. Odpověď metody DESCRIBE musí obsahovat veškeré informace o zdroji, který popisuje.

ANNOUNCE - Slouží ke dvěma účelům. První účel je pro případ, kdy klient vysílá na server. V tomto případě ANNOUNCE oznámí popis prezentace nebo multimediálních dat, které identifikuje dle URL. Druhý účel se využívá, když server vysílá na klienta. V tomto případě ANNOUNCE aktualizuje popis relace v reálném čase.

GET_PARAMETER - Metoda GET_PARAMETER načte hodnotu parametru pro prezentaci nebo streamu. Obsah odpovědi není nijak definován, lze ji implementovat.

OPTIONS - Dovoluje klientovi získat dostupné metody ze specifického zařízení. Neovlivňuje stav serveru.

PAUSE - Tato metoda dočasně zastaví jeden nebo všechny streamy. Stream může být znovu obnovený metodou PLAY.

PLAY - Klient posílá požadavek na zahájení vysílání dat způsobem nastaveným v metodě SETUP. Pokud je požadavek PLAY spuštěn po pozastavení mediálního toku, pak se médium začne přehrávat v okamžiku pozastavení.

RECORD - Tato metoda iniciuje nahrávání multimediálního vysílání.

REDIRECT - Metoda REDIRECT informuje klienta, že se musí připojit k jinému serveru.

SETUP - Určuje mechanismus přenosu, který má být použitý pro přenášené médium. Klient může poslat požadavek SETUP i pro tok, který právě běží, a to změnou parametrů přenosu, pokud to server umožňuje.

SET_PARAMETER - Metoda SET_PARAMETER vyžaduje zadání hodnoty parametru pro prezentaci nebo streamu identifikované pomocí adresy URI.

TEARDOWN - Klient vyšle serveru žádost o ukončení vysílání multimediálních dat a ukončí relaci s klientem [4, 8].

2.5 Session Announcement Protocol (SAP)

Protokol používán k oznamování relace na vícesměrovém vysílání (multicast). Zprostředkovatel SAP periodicky odesílá oznámení o vícesměrovém vysílání na známou multicastovou adresu a port. Tímto způsobem je zajištěno, že se k multicastovému vysílání může připojit libovolný počet uživatelů. Zpráva SAP pouze informuje, oznamuje o existenci dané relace, tzn. že zpráva SAP nenesení informace o počtech přihlášených uživatelů. SAP zprávy se vždy odesílají na port 9875. Protokol je definován v doporučení RFC 2974 [9].

2.6 MPEG Transport Stream

Digitální video se stalo běžným standardem dnešních technologií. Avšak pro samostatné skladování, nebo přenosu digitálního videa je potřeba velké množství paměti, jelikož jedna sekunda nekomprimovaného videa standardní kvality zabere kolem 32 MB. Proto vznikly komprimační metody jako je standard MPEG. Jedná se o standard digitálního videa či zvuku, který je určený pro přenos a ukládání komprimovaného multimediálního obsahu. Používá se obzvláště ve vysílacích systémech jako jsou DVB, IPTV či ATSC. Přenosový tok určuje kontejnerový formát zapouzdřující elementární toky, které jsou obsaženy v balení, s vlastnostmi korekce chyb a synchronizačními funkcemi pro uchování integrity přenosu, v případě, kdy dochází k ztrátám, zpožděním, nebo dalším nežádoucím jevům při přenosu nespolehlivým, ztrátovým způsobem jako je přenos protokolem UDP [4].

Při kompresi MPEG dochází k ztrátám informací, a tím pádem se jedná o kompresi ztrátovou. Využívá se tzv. predikce snímku, kdy aktuální snímek může být podobný jako snímek předchozí nebo následující. Kódován je pak pouze rozdíl mezi snímky (predikovaným a skutečným), což významně snižuje velikost sekvence. Existují tři verze standardu MPEG (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4).

MPEG-2 Transport Stream Označovaný také jako MPEG nebo MPEG-2 TS nebo jednoduše TS, je speciální formát pro přenos komprimovaného videa. Oproti PS (Program Stream), které jsou optimalizované pro efektivní ukládání a předpokládají, že dekodér má přístup k celému streamu pro synchronizaci, TS (Transport Stream) jsou navrženy pro poskytování dat v reálném čase přes nespolehlivé přenosové médium. K tomu je třeba pravidelně přidávat časové značky do streamu, přičemž synchronizace různých paketů (kousky elementárních toků) se nastaví relativně k nejnovějšímu časovému razítku, namísto jediného bodu na začátku souboru, jako u PS [10].

Existují dvě hlavní varianty MPEG-2 TS. Pokud se do TS vkládá více videí a dalších elementárních proudů, které jsou určeny ke společnému přehrávání, pak se jedná o první variantu a to MPTS (Multiple Program Transport Stream). Obecně se toto používá pro tradiční DVB. Jakmile dekodér obdrží TS, může dekódovat pouze toky přehrávaného programu a ignoruje toky pro jiné kanály. Je-li do TS přidáno pouze jedno video, považuje se to za SPTS (Single Program Transport Stream). Když program, který má být dekódován, je předem znám, stejně jako při streamu po internetu, nedává smysl plýtvat přenosovou šířkou pásma, jelikož program nebude nikdy dekódován, ale zachování časových informací je stále nezbytné.

Pakety transportního streamu mají stanovenou délku, a to 188 B, přičemž obsahuje i hlavičku, která je 4 B. Každý paket TS musí obsahovat PID (Program Identifier). Pakety stejného elementárního streamu obsahují stejné PID. Transportní stre-

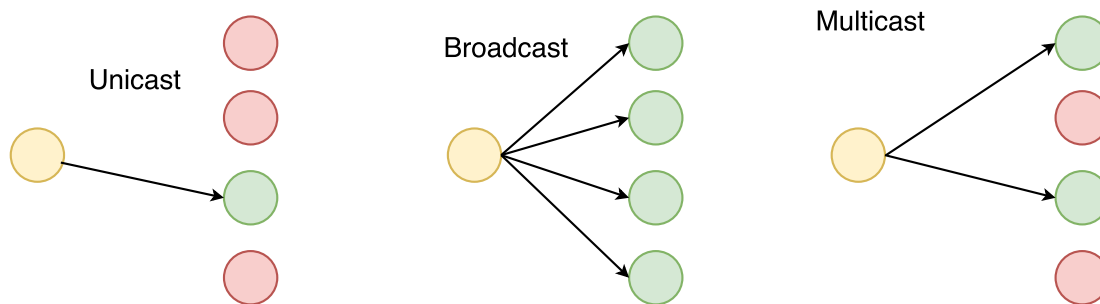
amy obsahují, kromě videa a audia, také metadata, která nesou informace o všech přenášených programech tzv. PAT (Program Association Table). Dále každá položka v tabulce PAT odkazuje na programy v tabulce PMT (Program Map Table) a PMT odkazuje na elementární streamy programu [11].

3 UNICASTOVÉ A MULTICASTOVÉ VYSÍLÁNÍ

Existují tři režimy komunikace: Unicast, Broadcast a Multicast. Tyto tři komunikace jsou znázorněny na obrázku 3.1. Tradiční komunikace IP umožňují uživateli posílat pakety jinému uživateli (tzv. unicast). Pak je zde druhá možnost, kdy uživatel vysílá všem uživatelům připojeným k dané síti (tzv. broadcast). Poslední způsob je vysílání určité skupině uživatelů připojených v síti (tzv. multicast) [2].

Srovnání Multicastového a Unicastového vysílání. Oba druhy vysílání mají svůj jedinečný účel při vytváření video služby. Multicast ovšem obsahuje tři výhody oproti unicastovému vysílání.

- Šetří šířku pásma odesláním společného datového toku k mnoha uživatelům najednou.
- Snižuje přetížení sítě. Nedochozí k tolika zahlcením a ztrátám paketu na směrovači.
- Úspora na serverech. Multicast vyžaduje pouze jeden vysílací server.



Obr. 3.1: Typy vysílání [2]

3.1 Unicast

Jedná se o konvekcční síťový způsob spojení dvou zařízení napříč sítí. Data, která jsou přenášena uvnitř tohoto spojení, jsou určena pouze pro tyto účastníky. Nejběžnějším příkladem unicastového typu komunikace je webové prohlížení stránek, kde klientský počítač pošle požadavek na vzdálený webový server o zobrazení obsahu určité stránky. Webový server tuto žádost přijme a pošle klientovi požadovaný obsah. Přenos dat je určen pouze pro klientský počítač a webový server. Z pohledu IPTV je příkladem unicastového vysílání aplikace VoD. Typická síť IPTV zahrnuje server VoD, širokopásmové připojení a klientskou přípojku. Klient vyšle požadavek na server VoD s požadavkem na zahájení relace. Server pak předá uživateli přes webové rozhraní všechny dostupný obsah a po výběru požadovaného obsahu uživatelem,

server VoD zahájí unicastovou relaci přenosu dat. Pro video standardního rozlišení je datový proud kolem 5 Mb/s a pro video vyššího rozlišení kolem 15 Mb/s. Nevýhodou tohoto řešení je, že každý další stream vytváří nové spojení mezi klientem a serverem, což významně zvyšuje využití šířky pásma [2].

3.2 Multicast

IP Multicast je technologie šetřící šířku pásma, která je speciálně navržena pro omezení provozu tím, že současně dodává jediný tok informací do množství koncových uživatelů [12]. Nahrazením kopií pro všechny příjemce s dodáním jediného toku informací, IP Multicast dokáže minimalizovat zátěž jak odesílačích, tak i přijímajících hostitelů a snížit tak celkovou síťovou komunikaci. V rámci sítě multicast jsou routery zodpovědné za replikaci a distribuci obsahu vícesměrového vysílání všem hostitelům, kteří poslouchají určitou skupinu multicast. Směrovače používají Protokol nezávislého vícesměrového vysílání (PIM) pro vytváření distribučních stromů pro vysílání multicastového obsahu, což vede k nejúčinnějšímu přenosu dat do více příjemců.

IP Multicast nabízí výhody související s ochranou šířky pásma sítě. V aplikacích s vysokou šířkou pásma, jako je například video MPEG, může IP Multicast využívat pouze relaci s malým počtem příjemců, protože video proudy by jinak spotřebovaly velkou část dostupné šířky pásma sítě. Dokonce i pro aplikace s malou šířkou pásma zachová IP Multicast prostředky při přenosu do tisíců příjemců. Navíc je IP Multicast jedinou alternativou, která není všesměrová (broadcastová) pro situace, které vyžadují současně odesílání dat více než jednomu příjemci.

U aplikaci s malou šířkou pásma může nepoužití IP Multicastu zahrnovat replikaci dat ze zdroje. Toto může zhoršit výkon aplikací, způsobit latence a proměnné zpoždění, které ovlivňuje funkčnost aplikace. Pro vyřešení tohoto problému by pomohly drahé servery, které by řídily replikaci a distribuci dat. Taková řešení také vedou k více přenosům stejného obsahu, což spotřebovává obrovské množství šířky pásma sítě. U většiny aplikací s vysokou šířkou pásma tyto stejné problémy způsobují, že IP Multicast je jedinou možnou volbou. Níže je popsán hlavní protokol pro podporu vícesměrového vysílání [12].

3.2.1 Multicastová adresace

IP multicast používá rozsah adres třídy D (224.0.0.0 až 239.255.255.255). V rámci rozsahu adres IP třídy D existuje řada adres vyhrazených úřadem Internet Assigned Numbers Authority (IANA). Tyto adresy jsou vyhrazeny pro známé protokoly a aplikace vícesměrového vysílání [12].

3.2.2 Internet Group Management Protocol (IGMP)

Protokol IGMP přináší podporu IP multicastu k protokolu IP. IGMP je protokol používaný hostitelem pro informování nejbližšího směrovače schopného vícesměrového vysílání multicastových skupin, které si přeje přijímat. Existují tři verze IGMP (IGMPv1, IGMPv2, IGMPv3), z nichž každá poskytuje vylepšení oproti předchozí verzi [13].

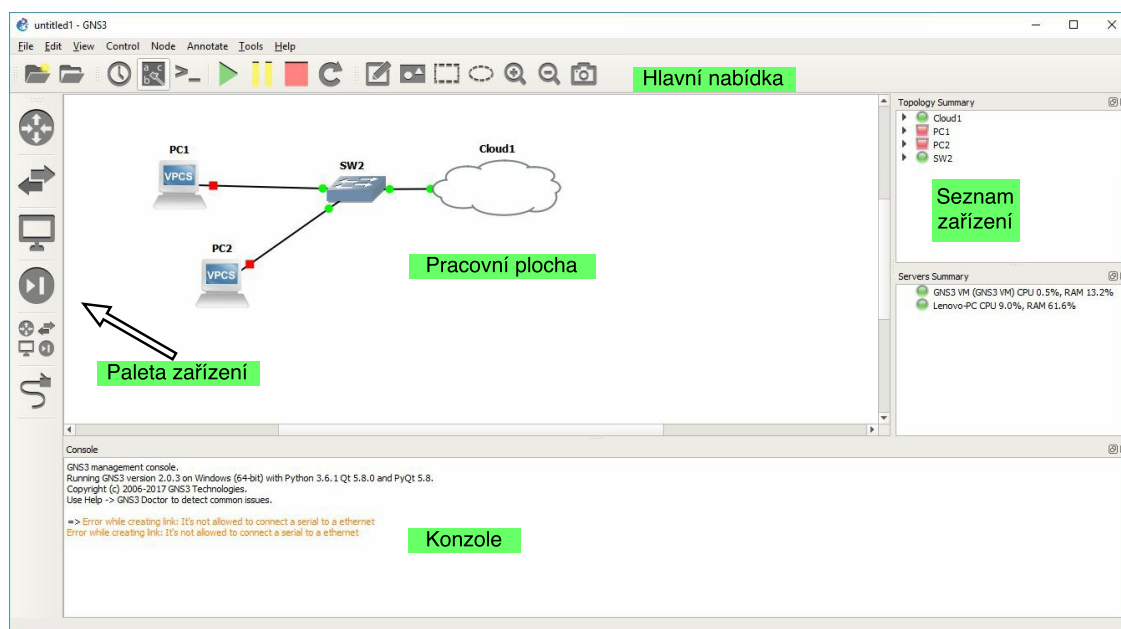
IGMPv1 poskytuje jednoduchý mechanismus pro hosty, aby informoval nejbližší směrovač vícesměrového vysílání, že chtějí přijmout určitou skupinu. IGMPv1 navíc poskytuje mechanismus pro směrovače, který se dotazuje, zda mají někteří hostitelé v síti LAN zájem o příjem multicastových přenosů. IGMP dotazy se přenášejí v pravidelných intervalech. IGMPv1 neposkytuje žádný explicitní mechanismus pro opuštění skupiny, takže i poté, co poslední hostitel přestane odesílat reporty, směrovač vícesměrového vysílání pořád vysílá.

IGMPv2 funguje stejně, jako IGMPv1, ale IGMPv2 navíc nabízí explicitní funkci pro opuštění skupiny. Rovněž kromě odesílání obecných reportů vylepšuje koncept dotazu tím, že umožňuje routeru dotazovat členy určité skupiny. Jedná se o hlavní vylepšení oproti verzi 1, a výrazně tím zvyšuje rychlost, s jakou může být zastavena multicastová komunikace pro jednu skupinu, a tím implicitně začít provoz pro jinou skupinu. Například hostitel H aktuálně přijímá provoz pro skupinu G1. H nyní chce přestat přijímat provoz pro skupinu G1, a místo toho začne přijímat provoz pro skupinu G2. Používá-li IGMPv1, pak H přestane vysílat reporty pro G1 a zahájí přenos reportů pro G2. Dokud nebude členství G1 vyřazeno, H doručí provoz pro G1 i G2. Pokud používá IGMPv2, pak H odešle funkci pro opuštění skupiny pro G1 a report pro G2. Uvolnění skupiny umožňuje směrovači odesílat dotazy IGMP (může to být dotaz specifický pro skupinu, nebo obecný dotaz). Za předpokladu, že žádný jiný hostitel v síti LAN nemá zájem o G1, pak směrovač přestane vysílat přenos této skupiny.

IGMPv3 poskytuje prostředky pro hostitele pro specifikaci zdroje, ze kterého si přeje přijmout data pro určitou skupinu. IGMPv3 se používá v případě, kdy je vyžadováno specifické vícesměrové vysílání (např. pro implementaci SSM – Source Specific Multicast) [14].

4 GNS3 (GRAPHICAL NETWORK SIMULATOR 3)

Počítačové sítě se v dnešní době prakticky nedají pouze navrhnout, a hned realizovat, protože by rychle vyvstaly problémy, které by mohly mít za důsledek neočekávané chování sítě, nefunkčnost sítě, či peněžní škody. Simulátory, ve kterých lze otestovat funkci sítě, umožňují předejít těmto problémům. Volně dostupný simulátor GNS3 umožňuje ve virtuálním prostředí efektivně navrhnout požadovanou topologii s nasazením síťových prvků odpovídajícím reálným zařízením [15]. Program umožňuje analyzovat, měřit parametry sítě. Tento program využívá uživatelského grafického rozhraní, ve kterém lze lehce vytvářet vlastní topologie. Prostředí programu s popisem jednotlivých částí se nachází na obrázku 4.1.

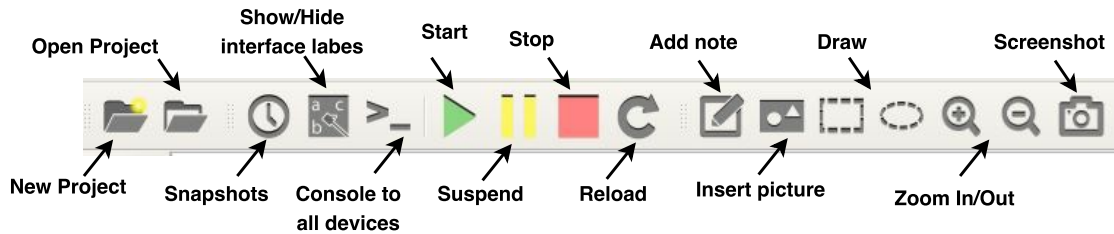


Obr. 4.1: Prostředí programu GNS3

Na obrázku 4.2 jsou znázorněny jednotlivé součásti hlavní nabídky. Obsahuje možnosti jako jsou:

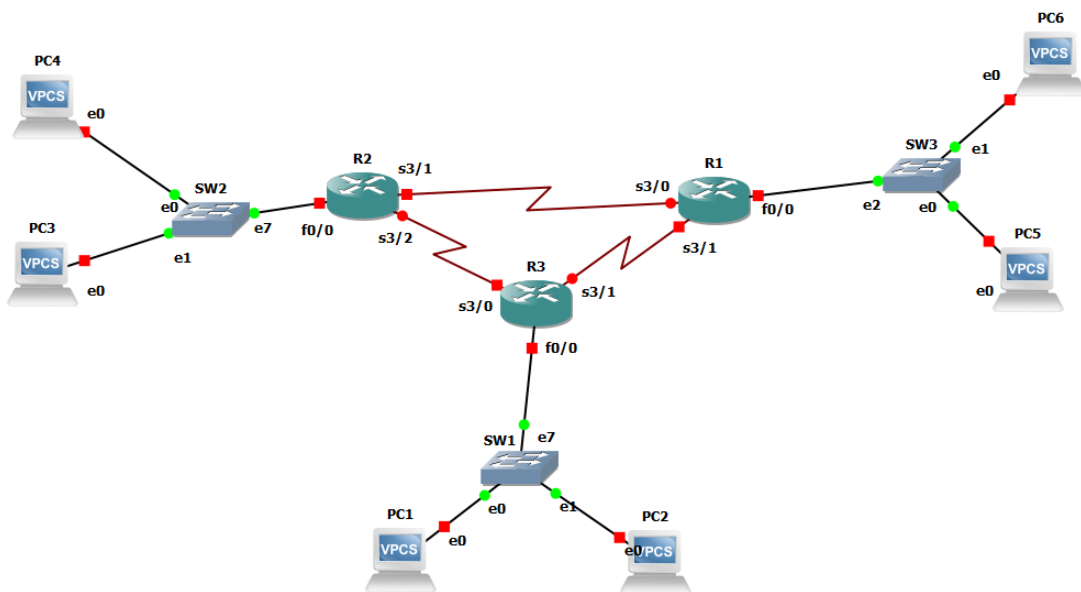
- Vytvoření nového projektu (New Project).
- Otevření projektu (Open Project).
- Uložené dílčí stavy tvorby a stavu sítě (Snapshots).
- Možnost zobrazit popisky ke všem zařízením (Show/Hide interface labels).
- Konzolové připojení ke všem zařízením (Console to all devices).
- Spuštění, pozastavení, či zastavení všech zařízení (Start, Suspend, Stop).
- Znovunačtení všech zařízení (Reload).

- Vložení poznámek, obrázků, či nástroj pro kreslení (Add note, Insert picture, Draw).
- Zoom (Zoom In/Out).
- Snímek obrazovky (Screenshot).



Obr. 4.2: Hlavní nabídka programu GNS3

Příklad topologie sítě vytvořené v simulátoru GNS3 je znázorněna na obrázku 5.1.



Obr. 4.3: Topologie vytvořena v prostředí GNS3

Každé zařízení přidané do topologie musí být přiřazené a spuštěné na virtuálním serveru. Existují tři možnosti, jakým lze tento server realizovat:

- První možnost je využívat tzv. **Local GNS3 server**. Server běží lokálně na stejném počítači.
- Druhý způsob je tzv. **Local GNS3 VM**. Server běží ve virtuálním prostředí. Využívá virtualizačního prostředí jako jsou VMware, či VirtualBox.
- Poslední způsob je tzv. **Remote GNS3 VM**. Server běží vzdáleně (cloud).

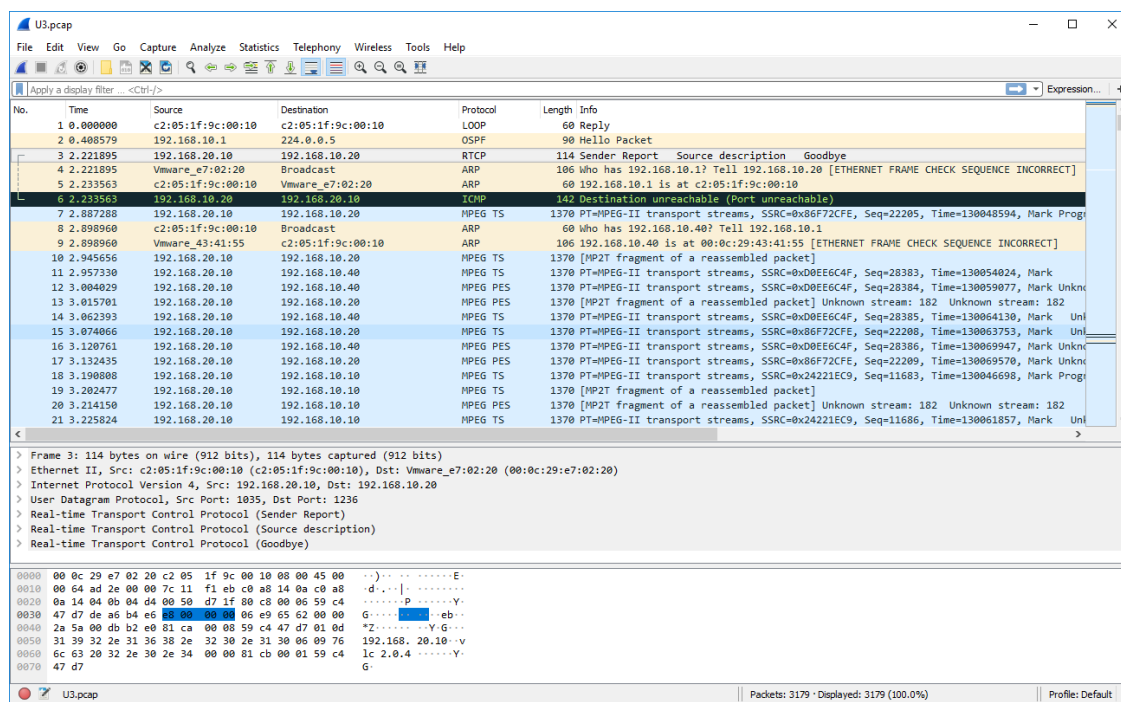
4.1 Dynamips

Pro napodobování hardwaru Cisco přichází GNS3 s emulátorem Dynamips. Jedná se o dohlížející program, který dokáže emulovat Cisco routery řady 1700, 2600, 3600, 3700 a 7200. Díky službě Dynamips lze snadno a rychle konfigurovat modely sítí s různými druhy karet, jako jsou SLOT, WAN atd. K virtuálním kartám vstupů a výstupů lze lehce přidávat více ethernetových rozhraní, přepínacích modulů a sériových portů. Dokonce lze přidat, nebo odebrat paměť na jednotlivých zařízeních v závislosti na požadavcích projektu a verzi Cisco IOS. Dynamips není schopen napodobit hardwarový integrovaný obvod (ASIC) specifických aplikací pokročilých přepínačů Catalyst společnosti Cisco [16].

5 WIRESHARK

Jedná se o program pro zachytávání provozu na vedení, který byl použit v této práci. Jak se data přesouvají přes síť z klienta na server nebo do tiskáren, bezdrátových přístupových bodů a přes internet, pohybuje se v podobě elektrických signálů a frekvencí. Nástroj pro zachycení paketů (nazývaný také síťový analyzátor) lze použít k zachycení těchto dat pro analýzu. Síťový analyzátor je nástroj pro odstraňování problémů, který se používá k nalezení a řešení problémů s komunikační sítí, plánování kapacity sítě a optimalizaci sítě. Analyzátoři sítě mohou zachytit veškerý provoz, který prochází sítí, informovat o návštěvnosti, dekodovat a interpretovat používané protokoly. Dekodovaná data jsou zobrazena ve formátu, který usnadňuje jejich pochopení, odlupování vrstev zapouzdřených dat, která se používají k jejich identifikaci nebo k jejímu použití v síti. Analyzátor sítě může také zachytit pouze provoz, který odpovídá kritériím výběru definovaným filtrem. To umožňuje technikovi zachytit pouze provoz, který je relevantní pro daný problém. Typický síťový analyzátor zobrazuje dekodovaná data ve třech panelech:

- Shrnutí: Zobrazuje přehled jednorázového protokolu nejvyšší vrstvy obsažený v rámečku, stejně jako čas záznamu, zdrojové a cílové adresy.
- Detail: Poskytuje podrobnosti o všech vrstvách uvnitř rámečku.
- Hex: Zobrazí surová zachycená data v šestnáctkovém formátu.



Obr. 5.1: Prostředí programu Wireshark

Elektronické šíření informací je stále důležité a složitá výměna dat mezi systémy se rychle zvyšuje. Počítačové sítě dnes nesou veškeré druhy datových, hlasových a video přenosů. Síťové aplikace vyžadují plnou dostupnost bez přerušení nebo přetížení. Je velmi důležité, aby tento síťový systém fungoval co nejúčinněji, protože prostoje jsou nákladné i neúčinné využití dostupných zdrojů. Pro analýzu sítí a protokolů je řada technik, které síťoví technici používají ke studiu vlastností sítí, včetně připojení, kapacity a výkonu. Síťová analýza může být použita k odhadu kapacity stávající sítě, sledování výkonových charakteristik nebo plánování budoucích aplikací a inovací. Typický síťový analyzátor podporuje mnoho protokolů, které umožňují zobrazovat konverzace probíhající mezi účastníky v síti. Wireshark lze využít v této funkci. Síťové analyzátoři obvykle poskytují následující funkce:

- Zachytit a dekodovat data v síti.
- Analýza síťové aktivity zahrnující specifické protokoly.
- Generovat a zobrazovat statistiky o činnosti sítě.
- Provedení analýzy vzorků síťové aktivity.

Klíčem k úspěšnému řešení problémů je znalost fungování sítě za normálních podmínek. Tyto znalosti umožňují síťovému inženýrovi rychle rozpoznat abnormální operace. Pomocí strategie pro řešení problémů se síť lze problém řešit metodicky a vyřešit s minimálním narušením zákazníků. Dobrý přístup k řešení problémů zahrnuje tyto kroky:

- Rozpoznává příznaky a definuje problém.
- Izolace a porozumění problému.
- Identifikace a testování příčiny problému.
- Řešení problému.
- Ověření, zda byl problém vyřešen.

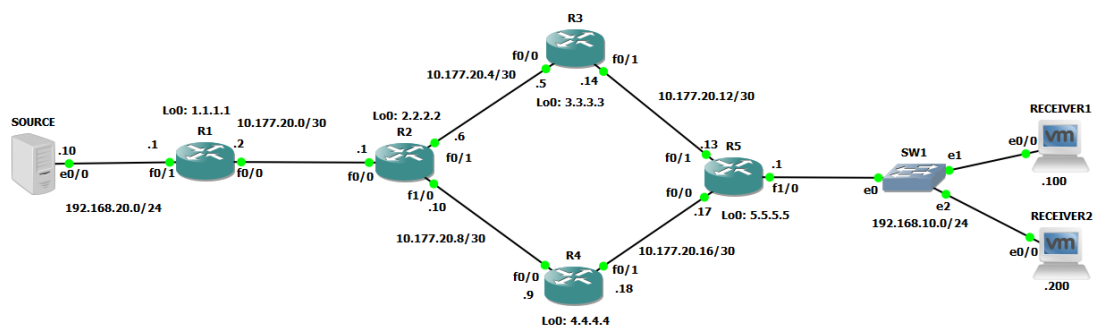
Program Wireshark vychází z modelu OSI. Je to model pro propojení otevřených systémů (OSI), který se používá k poskytnutí metodického způsobu přístupu k tomu, jak data procházejí sítěmi, systémy a pracují s aplikací používanou v těchto počítačích a sítích. Je to užitečný nástroj, který se zdá být nadčasový, protože je od svého vzniku již před mnoha lety často používán. Slouží jako způsob, jak nejen popsat, jak se data přenášejí do systému a sítě, ale také vynikající nástroj, který lze použít k řešení problémů.

Když data dorazí na místo určení, fyzická vrstva přijímající stanice ji zvedne a provede reverzní proces (také známý jako dekapulace). Fyzická vrstva převede bity zpět do rámců, aby se přenesly na vrstvu datového spojení. Vrstva datového odkazu odstraňuje hlavičku a zápatí a přenáší data na síťovou vrstvu. Opět se tento proces opakuje, dokud data nedosáhnou až k aplikační vrstvě [17].

6 SIMULACE SLUŽBY IPTV

6.1 Porovnání služby podle protokolů a rozlišení videa

V této části práce je popsána praktická část. Nejdříve jsem v simulačním prostředí GNS3 vytvořil topologii sítě. Tato topologie je znázorněna na obrázku 6.1. Na obrázku se nacházejí IP adresy jednotlivých sítí a názvy rozhraní. Komunikace v síti mezi jednotlivými zařízeními je zajištěna pomocí dynamického směrovacího protokolu OSPF.



Obr. 6.1: Topologie simulované sítě

Topologie obsahuje 5 routerů s operačním systémem Cisco IOS. Jedná se o routery Cisco 3725, které disponují dvěma rozhraními FastEthernet přímo na základní desce. Dále pak třemi sloty pro připojení WIC rozhraní (tzn. maximálně 6 sériových portů) a dva přídavné síťové moduly (32 portů typu FastEthernet, nebo 8 sériových portů). Tato topologie obsahuje také jeden EthernetSwitch, který je zakomponován v simulátoru GNS3 a obsahuje nezákladnější funkce přepínačů, které pro svůj účel v této topologii postačí. Součástí této topologie jsou i dvě koncová zařízení a vysílací server. Koncová zařízení představují dva virtuální počítače (RECEIVER1 a RECEIVER2) a také vysílací server představuje virtuální počítač. Operační systém virtuálních počítačů je Windows XP.

Po zprovoznění sítě a ověření funkčnosti všech rozhraní a schopnosti komunikace začala práce na virtuálních počítačích. Nejdříve proběhla konfigurace síťových karet všech tří virtuálních zařízení na požadované IP adresy. MTU jednotka byla nastavena na 1500 bajtů. Následně proběhla instalace programu pro vysílání v případě virtuální stanice serveru (Source), či přijímacího softwaru v případě přijímacích stanic (RECEIVER1, RECEIVER2). Software, který zprostředkovává funkci přijímače, ale také může zastávat roli vysílače, se jmenuje VLC media player. VLC media

player umožňuje širokou škálu možností použití. Program podporuje přehrávání videa, audia, podporuje mnoho kompresních formátů, ale také obsahuje streamovací protokoly, které umožňují vysílat multimediální data přes síť.

V síti je nastavena podpora vícesměrového vysílání, kterou zaručuje protokol IGMPv2 a protokol PIM Sparse Mode. Na obrázku je zobrazen výpis příkazu *show ip igmp membership*, který popisuje vícesměrové skupiny.

```
R5#sh ip igmp membership
Flags: A - aggregate, T - tracked
      L - Local, S - static, V - virtual, R - Reported through v3
      I - v3lite, U - Urd, M - SSM (S,G) channel
      1,2,3 - The version of IGMP the group is in
Channel/Group-Flags:
      / - Filtering entry (Exclude mode (S,G), Include mode (*,G))
Reporter:
      <mac-or-ip-address> - last reporter if group is not explicitly tracked
      <n>/<m> - <n> reporter in include mode, <m> reporter in exclude

Channel/Group          Reporter          Uptime   Exp.   Flags  Interface
*,239.255.255.250     192.168.10.100   00:12:26 02:32 2A     Fa1/0
*,236.1.1.1           192.168.10.100   00:00:03 02:57 2A     Fa1/0
*,224.0.1.40         5.5.5.5          00:12:28 02:40 2LA    Lo0
R5#
```

Obr. 6.2: Popis vícesměrové skupiny

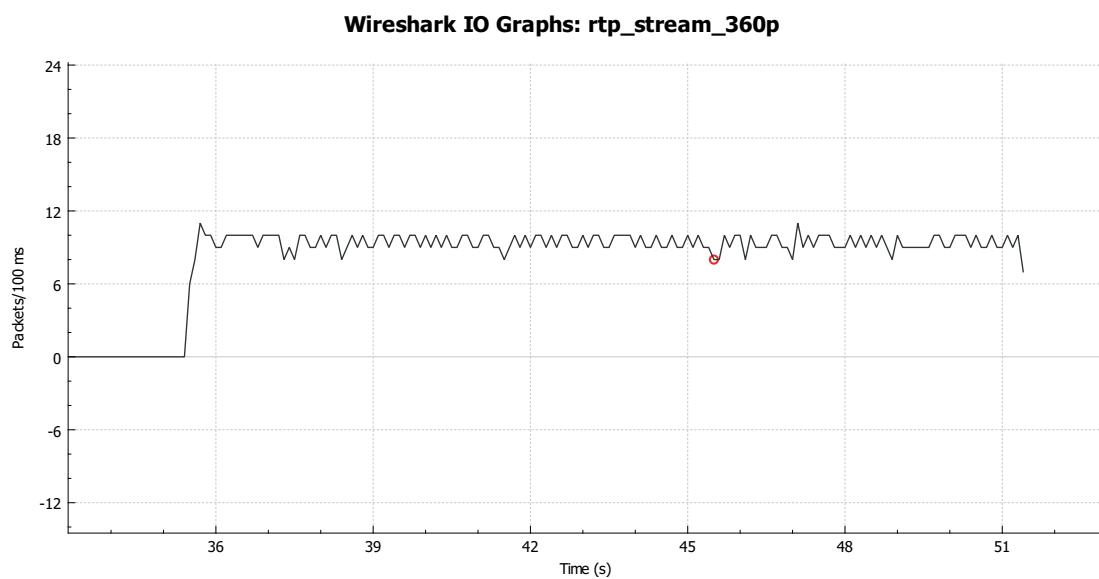
Na stanici SOURCE byl nastaven stream, který byl zprostředkován protokolem RTP / MPEG Transport Stream. Adresa, na kterou byl stream vysílaný je 236.1.1.1 a port 5004. Po konfiguraci se vysílání spustilo. Na koncových zařízeních pro příjem se v programu VLC media player spustilo přijímání síťového proudu na zadaném portu a adrese, a následně se spustilo vysílané video. Analýza provozu byla provedena programem Wireshark, vždy na výstupu routeru R5. Výsledky tohoto streamu se nacházejí níže.

6.1.1 RTP stream pro video rozlišení 360p

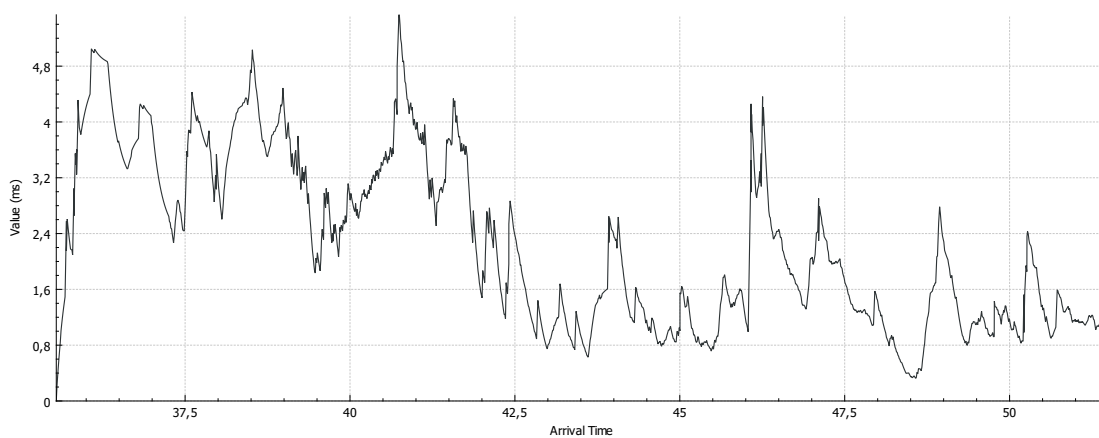
Pro streamované video o rozlišení 480 x 360 byly dosaženy tyto výsledky. Z obrázku 6.3 lze vyčíst délku paketů. Přenos dat se pohybuje v průměrné hodnotě 1370 délky paketu. Dále jsou zde i menší pakety, jedná se o pakety ostatních protokolů. Ztrátovost paketů se pohybovala okolo 5%, což je v celku přijatelné a na obraze a zvuku prakticky nerozeznatelné. Na obrázku 6.4 je znázorněn přenos paketů v čase. Je zde patrná změna při spuštění přenosu, a také mírné kolísání. Latence, nebo-li zpoždění doručování paketů je znázorněn na obrázku 6.5. Hodnota zpoždění doručení paketů se pohybuje v přijatelných mezích. Obrázky 6.8 a 6.7 zobrazují název streamu, který byl zachycen.

Topic / Item	Count	Average	Min val	Max val	Rate (ms)	Percent	Burst rate	Burst start
▼ Packet Lengths	1528	1349.83	60	1370	0.0297	100%	0.1200	46.080
0-19	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
20-39	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
40-79	14	61.14	60	68	0.0003	0.92%	0.0100	3.444
80-159	9	95.33	90	106	0.0002	0.59%	0.0100	0.000
160-319	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
320-639	1	352.00	352	352	0.0000	0.07%	0.0100	28.991
640-1279	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
1280-2559	1504	1370.00	1370	1370	0.0292	98.43%	0.1200	46.080
2560-5119	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
5120 and greater	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-

Obr. 6.3: Velikost paketů pro video rozlišení 360p (RTP)



Obr. 6.4: Počet přenesených paketů v čase (RTP)



Obr. 6.5: Zpoždění doručování paketů u videa rozlišení 360p (RTP)

Na obrázku 6.6 je zobrazena část výstupu příkazu *show ip mroute*. Tento příkaz zobrazuje směrovací tabulku vícesměrového vysílání během probíhajícího streamu.

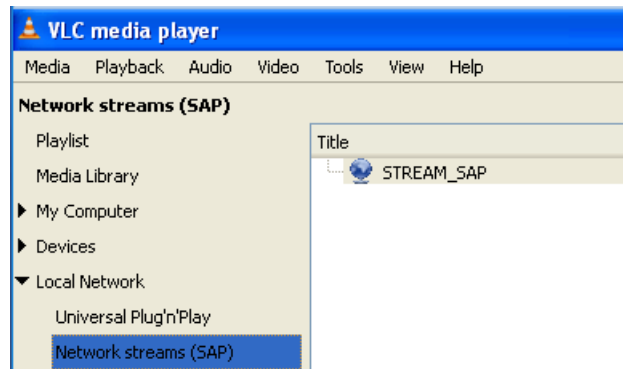
```
(* , 236.1.1.1), 00:10:34/stopped, RP 2.2.2.2, flags: SJC
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 10.177.20.18
  Outgoing interface list:
    FastEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:02:55/00:02:45

(192.168.20.10, 236.1.1.1), 00:08:33/00:02:53, flags: JT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 10.177.20.18
  Outgoing interface list:
    FastEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:02:56/00:02:44
```

Obr. 6.6: Směrovací tabulka vícesměrového vysílání

```
▼ Session Announcement Protocol
  > Flags: 0x20
    Authentication Length: 0
    Message Identifier Hash: 0x6420
    Originating Source: 192.168.20.10
    Payload type: application/sdp
▼ Session Description Protocol
  Session Description Protocol Version (v): 0
  > Owner/Creator, Session Id (o): - 15983269474350399488 15983269474350399488 IN IP4 user-77v9b1ojci
    Session Name (s): STREAM_SAP
```

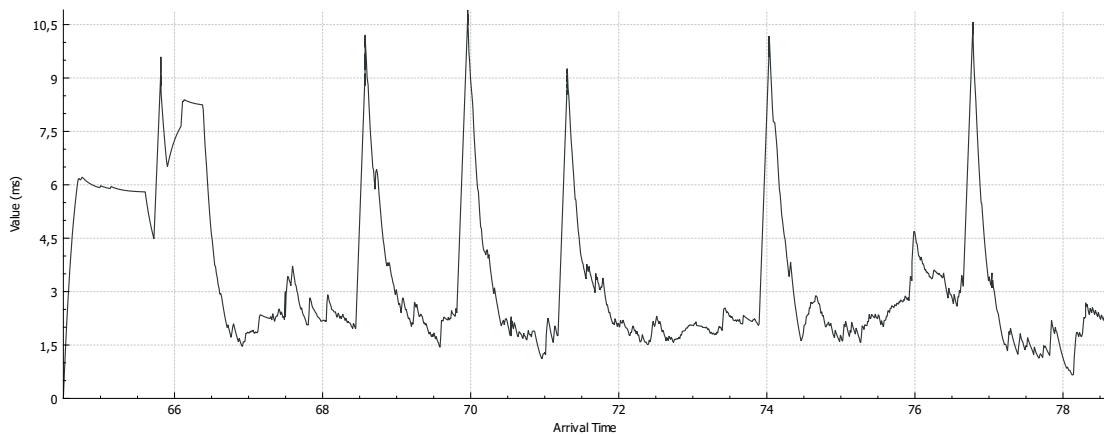
Obr. 6.7: Obsah SAP a SDP paketů



Obr. 6.8: Název streamu přenesený protokolem SAP

6.1.2 RTP stream pro video rozlišení 720p

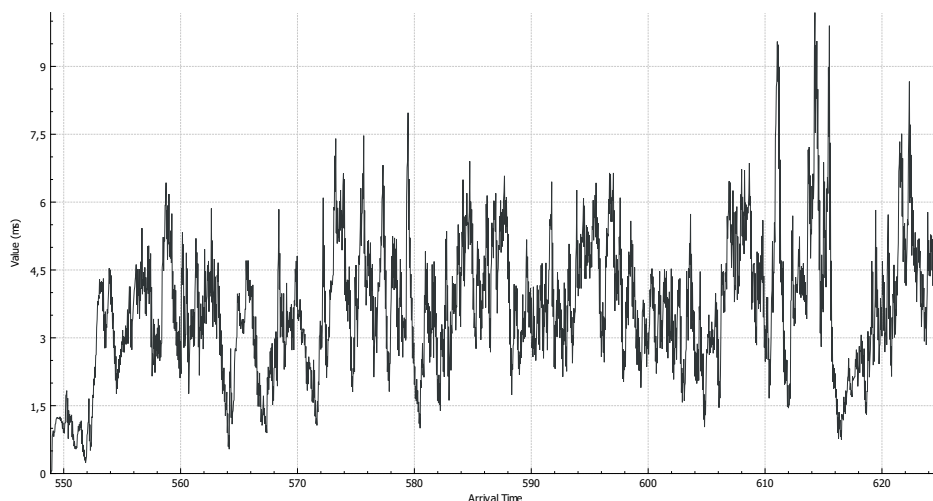
Pro streamované video rozlišení 720p byly dosaženy tyto výsledky. Ztrátovost během 15 sekundového streamu se rovnala 53 %. Tato hodnota ztrátovosti způsobila zcela nepoužitelný stream. Obraz i zvuk byl přerušovaný. Se ztrátovostí je spjaté i zpoždění doručování paketů. Na obrázku 6.9 jsou zcela zřetelné špičky, které znázorňují výpadky přenosu.



Obr. 6.9: Zpoždění doručování paketů u videa rozlišení 720p (RTP)

6.1.3 UDP stream pro video rozlišení 360p

Pro porovnání protokolu RTP byl proveden stream přenášený protokolem UDP. Pro streamované video rozlišení 360p byly dosaženy tyto výsledky. Ztrátovost streamu se pohybovala kolem 4 % (pro RTP byla ztrátovost rovna 5 %). Hodnota zpoždění doručování paketů se pohybovala okolo 5,5 ms (pro stream RTP se hodnota pohybovala okolo 3 ms). UDP stream dosahuje nižší ztrátovosti, ale dochází k většímu zpoždění doručování.



Obr. 6.10: Zpoždění doručování paketů u videa rozlišení 360p (UDP)

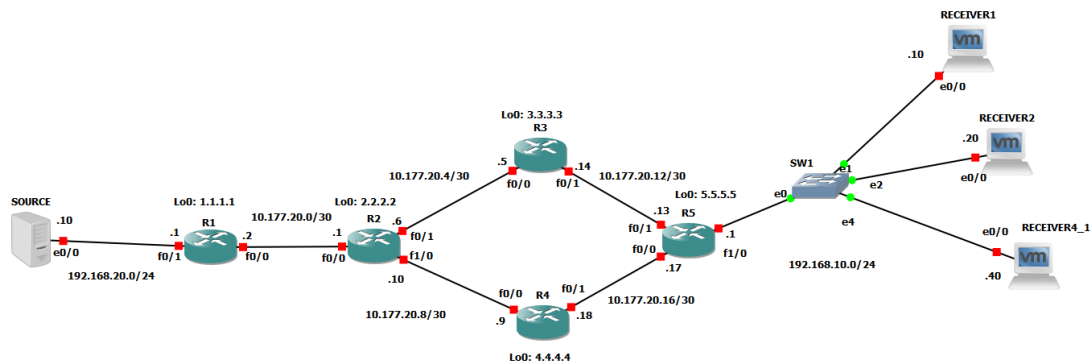
6.2 Srovnání vlivu Multicastu a Unicastu

Tato kapitola se zabývá simulací, a následnou analýzou síťového provozu za použití unicastového a multicastového vysílání, jejich vzájemné ovlivňování a dopad na propustnost sítě. Simulace byla prováděna v programu GNS3, kde byla navržena topologie podobná, jako při simulaci služby IPTV pro různé protokoly a rozlišení videa, která byla popsána v předešlé kapitole. Rozdíl v topologii je v odlišném počtu přijímacích stanic, konkrétně tato topologie obsahuje 3 přijímací stanice. Topologie je znázorněna na obrázku: 6.11. Obrázek obsahuje popisky jednotlivých rozhraní a také IP adresy, které jsou k těmto rozhraním přiřazené. Po ověření spojení mezi všemi prvky sítě a správné funkčnosti, se začalo provádět simulace. Stanice SOURCE zajišťovala vysílání síťových proudů do sítě. Dále jsou v topologii stanice RECEIVER, které se staraly o příjem dat a zobrazování obsahu na obrazovku. Pro streamy, které trvaly vždy dvě minuty byly provedeny následující simulace:

- Unicastový proud pro 1 přijímací stanici (U1).
- Unicastový proud pro 2 přijímací stanice (U2).
- Unicastový proud pro 3 přijímací stanice (U3).
- Multicastový proud pro 1 přijímací stanici (M1).
- Multicastový proud pro 2 přijímací stanice (M2).
- Multicastový proud pro 3 přijímací stanice (M3).
- Multicastový proud pro 2 přijímací stanice + Unicastový proud pro 1 přijímací stanici (M2-U1).
- Multicastový proud pro 1 přijímací stanici + Unicastový proud pro 2 přijímací stanice (M1-U2).

Programem Wireshark se tyto simulace zachytávalo a ukládalo pro následné zpra-

ování a analýzu.



Obr. 6.11: Topologie pro srovnání Multicastového a Unicastového vysílání

Hlavní veličinou pro posuzování výsledků simulací je veličina latence neboli časová prodleva (zpoždění) a jitter neboli rozptyl zpoždění.

Latence (zpoždění): V síti s přepojováním paketů se měří buď jednosměrné zpoždění (One way delay – čas od zdroje odeslání paketů k cíli, který jej přijímá) nebo tzv. zpoždění cesty tam a zpět (Round-trip delay – jednosměrná latence od zdroje k cíli plus jednorázová latence z cíle zpět na zdroj). Druhý jmenovaný způsob je častěji používán, protože může být měřena z jednoho bodu. Nejzákladnějším příkladem měření zpoždění je příkaz ping protokolu ICMP. V netriviální síti, jako je příklad naší topologie, bude typický paket přesunut přes mnoho odkazů, přes mnoho brán, z nichž každý nezačne předávat paket, dokud nebude úplně přijat. V takové síti je minimální latence součtem minimální latence každého spojení plus zpoždění vysílání každé linky kromě poslední, plus latence předávání každé brány. V praxi je tato minimální latence dále zesílena zpožděním ve frontě a zpracováním. Zpoždění fronty nastává, když brána přijímá více paketů z různých zdrojů směřujících ke stejnému cíli. Vzhledem k tomu, že obvykle může být přenášén pouze jeden paket, pak některé pakety musí být ve frontě pro přenos, což způsobuje další zpoždění. Zpoždění zpracování probíhá, zatímco brána určuje, co dělat s nově přijatým paketem [17].

Jitter (rozptyl zpoždění): V našem případě se jedná o odhad statistické odchylky časového intervalu mezi doručováním RTP paketů, měřeného a zapsaného v hlavičce RTP paketů, konkrétně v bitech časového razítka a vyjádřené jako celé číslo.

Intervalový jitter J je definován jako střední odchylka (vyhlazená absolutní hodnota) rozdílu D v rozmezí paketů u příjemce ve srovnání s odesílatelem pro dvojici paketů. V níže uvedené rovnici pro dva pakety relativní doba přechodu je rozdíl

mezi časovým razítkem RTP paketů a hodinami přijímače v době doručení, měřena ve stejných jednotkách [17].

Pokud S_i je časové razítko RTP z paketu i a R_i je čas příchodu do jednotek RTP časového razítka pro paket i , pak pro dva pakety i a j , D může být vyjádřeno jako na rovnici 6.1.

$$D(i, j) = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i) \quad (6.1)$$

Jitter by měl být vypočítán průběžně, jak je datový paket přijat, přičemž se použije tento rozdíl D pro tento paket a předchozí paket $i-1$ v pořadí příchodu (ne nutně v pořadí) podle vzorce 6.2.

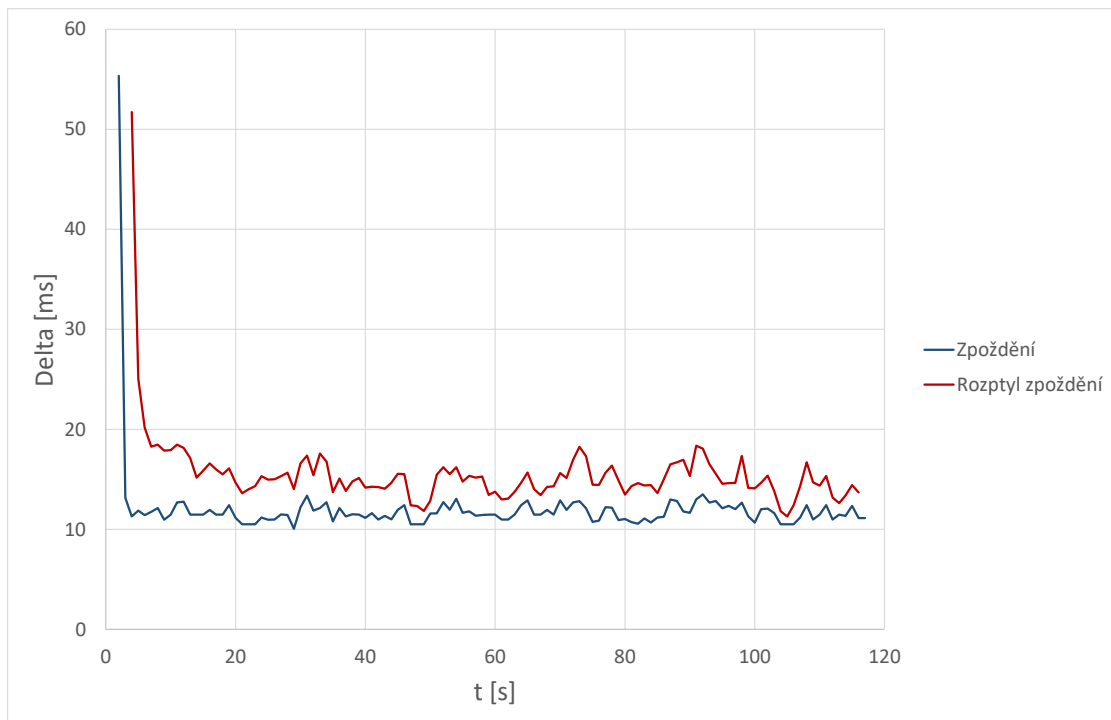
$$J(i) = J(i - 1) + (|D(i - 1, i)| - J(i - 1)) / 16 \quad (6.2)$$

Při každém vydání zprávy o příjmu je vzorkována aktuální hodnota J .

Tento algoritmus je optimální pro odhad prvního řádu a parametr zisku $1/16$ poskytuje dobrý poměr snížení hluku při zachování přiměřené míry konvergence

6.2.1 Zpoždění a rozptyl zpoždění v závislosti na čase pro tři multicastové příjemce (M3)

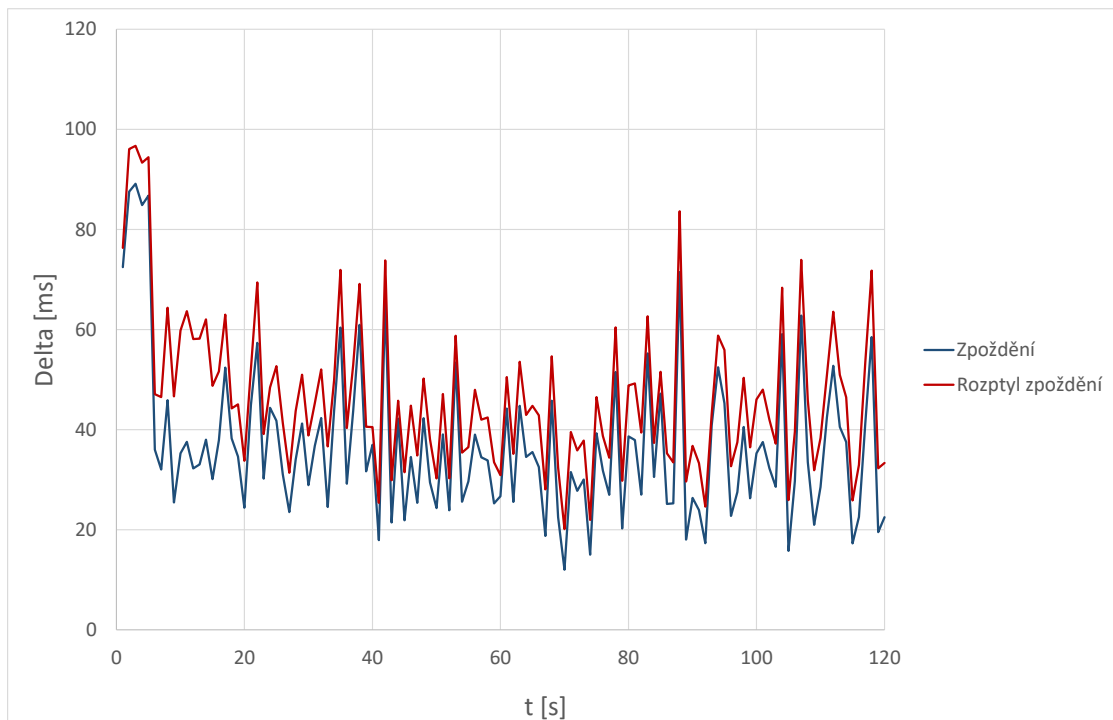
V této podkapitole se nacházejí grafické závislosti zpoždění a rozptylu zpoždění na čase pro několik vybraných simulací. Na obrázku 6.12 je znázorněna závislost pro multicastové vysílání pro 3 přijímací stanice. Na grafu je viditelná proměnlivost zpoždění a také rozptyl zpoždění. V průběhu prvních 10 sekund je z grafu zřejmé, že se jedná o zahájení vysílání a hodnoty zpoždění jsou i pět krát vyšší než hodnoty po uběhnutí 10 vteřin vysílání. Tato špička představuje počáteční navazování spojení, vybírání optimální cesty a mezi-prvkovou komunikaci. S časem se tato špička snižuje a přetrvává s mírnými výkyvy okolo hodnoty zpoždění 12 ms, což je přijatelná hodnota, která nemá výraznější vliv na výsledný přenos videa. Ztrátovost tohoto přenosu se rovnala 8,5 %.



Obr. 6.12: Závislost času na zpoždění a rozptylu zpoždění pro tři multicastové příjemce

6.2.2 Zpoždění a rozptyl zpoždění v závislosti na čase pro tři unicastové příjemce (U3)

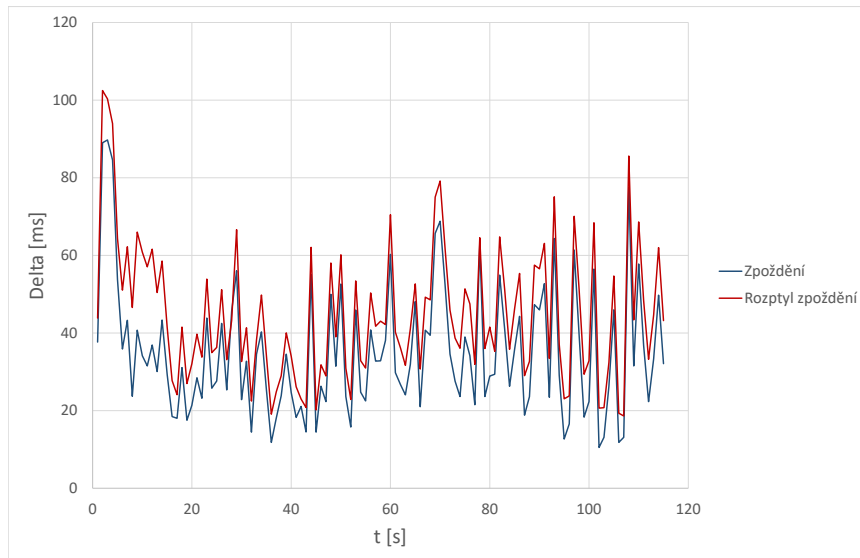
V této simulaci byly provedeny tři unicastové proudy na přijímací stanice. Výsledkem této simulace je graf znázorněn na obrázku 6.13. V průběhu prvních 10 sekund dochází k navazování spojení a přípravě přenosu, proto se v tomto časovém rozpětí nachází špička. Z grafu lze vyčíst proměnlivost zobrazených veličin. Zpoždění se pohybuje kolem 40 ms. Výsledný přenos lze považovat za nepoužitelný, docházelo k častým výpadkům videa i zvuku. Nepoužitelnost videa dosvědčuje i procentuální ztrátovost paketů, ta se rovná 65 %.



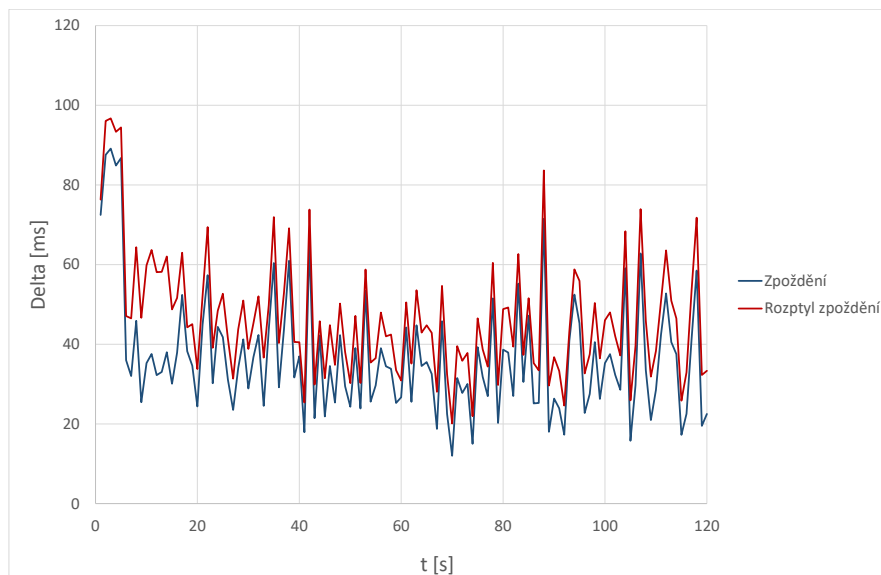
Obr. 6.13: Závislost času na zpoždění a rozptylu zpoždění pro tři unicastové příjemce

6.2.3 Zpoždění a rozptyl zpoždění pro jeden multicastový a dva unicastové příjemce (M1-U2)

V tomto případě probíhala dvou minutová simulace pro jednu multicastovou stanicí a zároveň pro dvě unicastové stanice. V tomto případě budou sítí procházet tři datové toky. Chování multicastového proudu je znázorněno na grafu 6.14. Znovu je zde viditelná počáteční špička, která se časem ustálí, ale z důvodu tří datových toků je zpoždění kolísavé a pohybuje se okolo 35 ms, což je podobný výsledek jako při třech unicastových prouděch. Na grafu 6.15 je znázorněn průměr dvou unicastových proudů, z důvodu přehlednosti grafu a zároveň výsledné podobnosti výsledných unicastových proudů. Zpoždění kolísá kolem 35 ms, a je zřejmé, že se jednotlivé proudy vzájemně ovlivňují a jejich zpoždění dosahuje podobných hodnot, také ztrátovost paketů je v průměru 60 %, což zamezuje dostatečnému zaručení rozlišení přenosu.



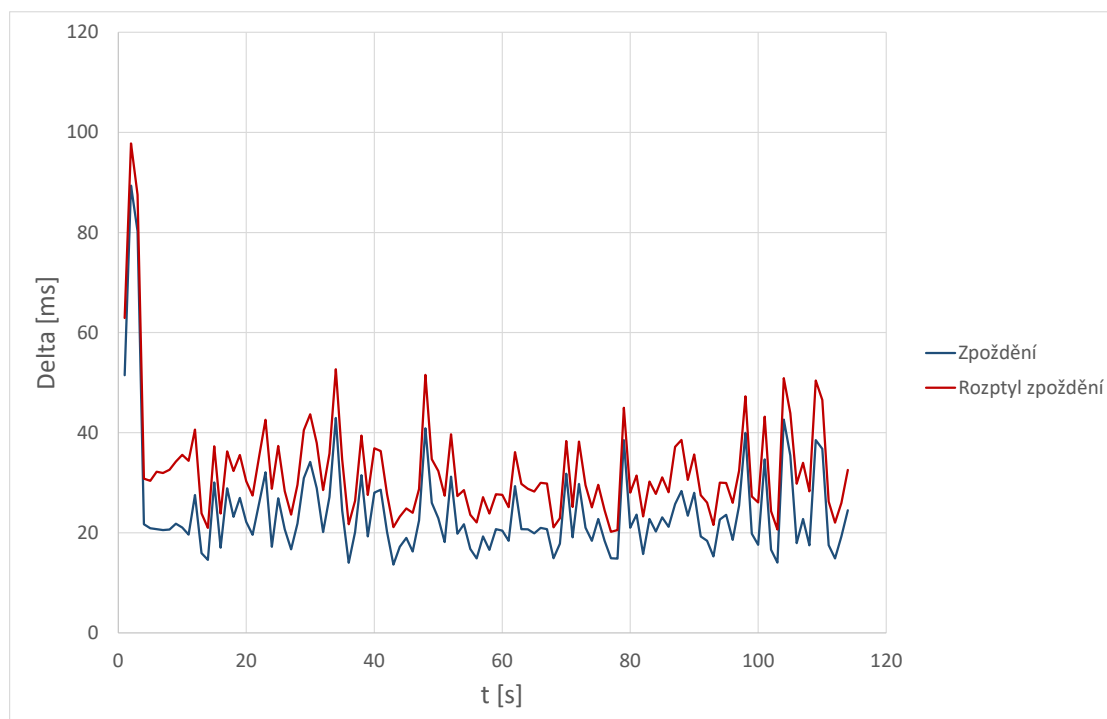
Obr. 6.14: M1-U2 Multicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)



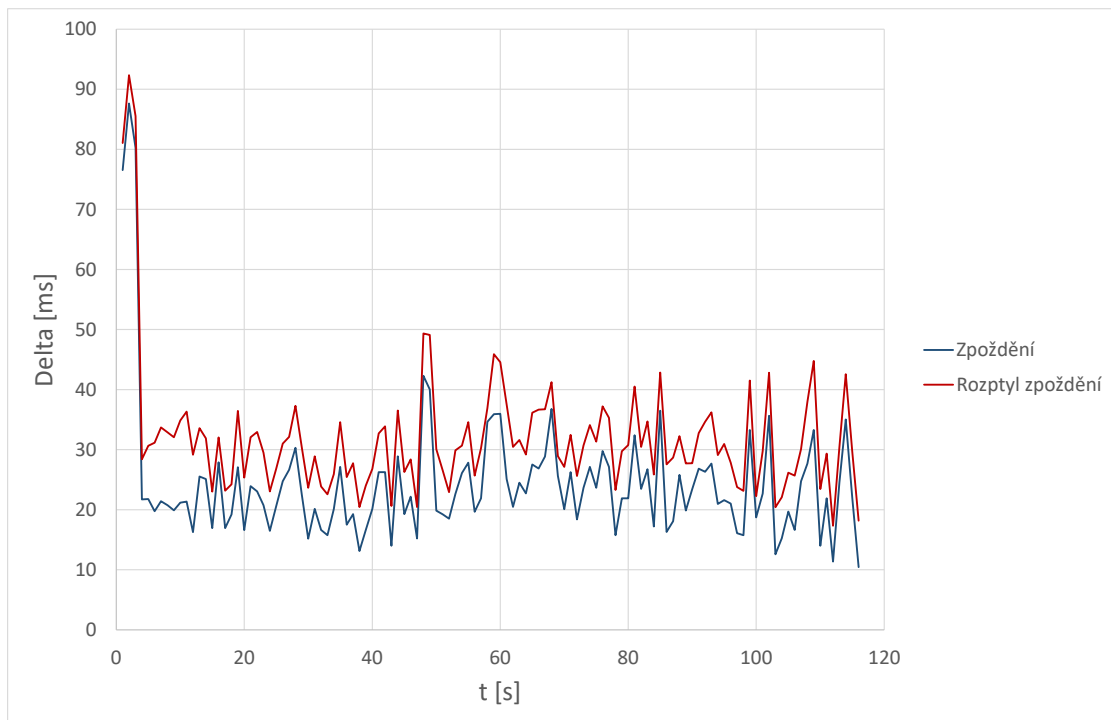
Obr. 6.15: M1-U2 Unicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)

6.2.4 Zpoždění a rozptyl zpoždění pro jeden unicastový a dva multicastové příjemce (M2-U1)

Pro tuto simulaci byl vysílán multicastový proud pro dva příjemce a také unicastový proud pro jednoho příjemce. V tomto případě procházely sítí dva datové toky, proto se zpoždění multicastového i unicastového proudu pohybuje kolem hodnoty 20 ms. Ztrátovost paketů proudů se rovnala 45 %, tato ztrátovost způsobila viditelné občasné výpadky videa, nebo přerušení synchronizace, což mělo za důsledek časové posunutí zvuku oproti videa. Výsledné grafy jsou znázorněny na obrázcích 6.16 pro multicastový proud a 6.17 pro unicastový proud.



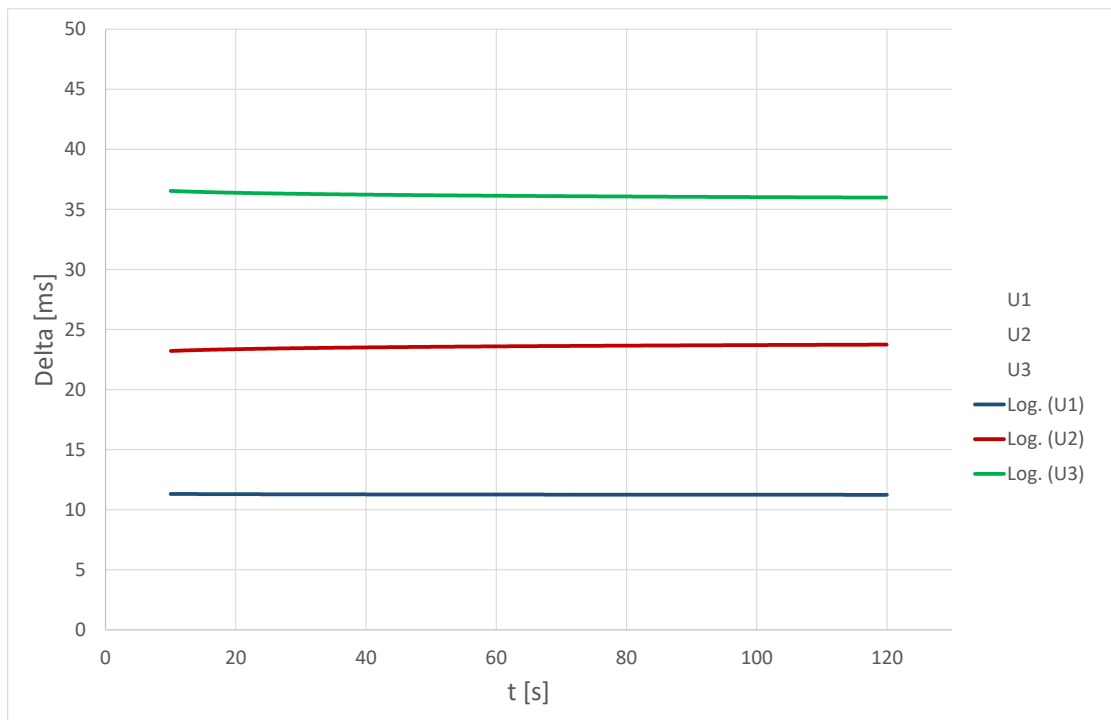
Obr. 6.16: M2-U1 Multicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)



Obr. 6.17: M2-U1 Unicast (Zpoždění + Rozptyl zpoždění)

6.2.5 Unicastové vysílání (srovnání)

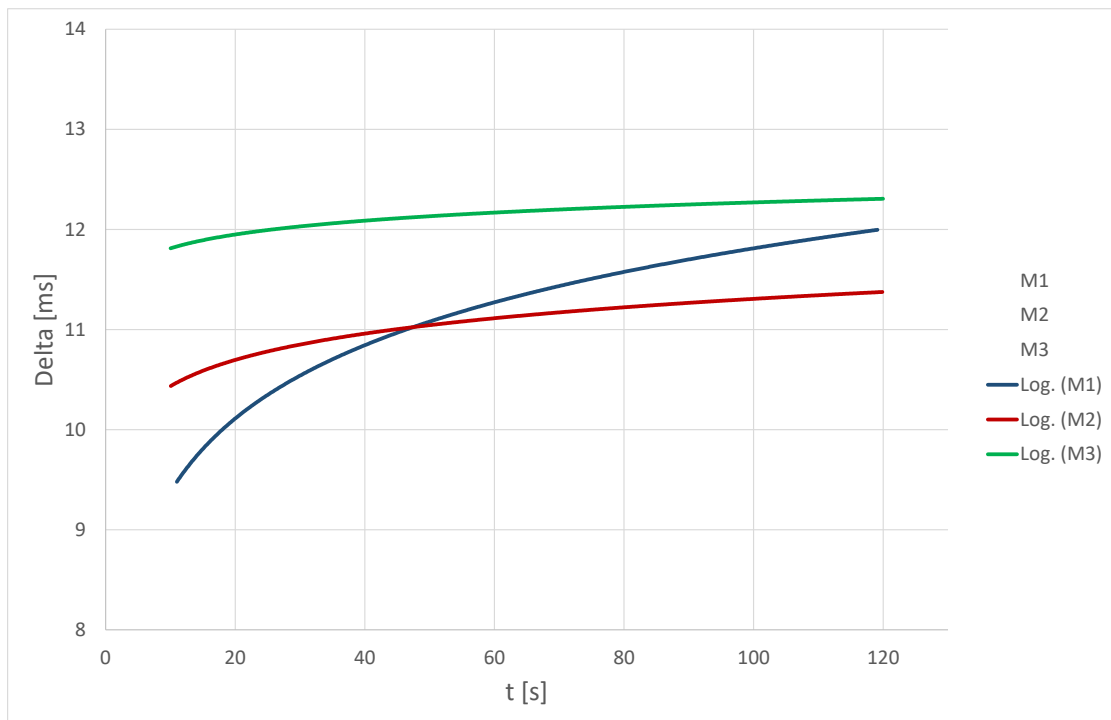
Na grafu 6.18 je znázorněna logaritmická spojnice trendu pro tři simulace. Pro jeden unicastový proud (U1), pro dva unicastové proudy (U2) a pro tři unicastové proudy (U3). Z grafu vyplývá, že s rostoucím počtem vytvořených relací, zpoždění doručování paketů roste, tak stejně i ztrátovost tyto nedostatky sítě byly viditelné i na výsledném přeneseném videu. Pro U1 se zpoždění pohybuje kolem 11 ms a ztrátovost se rovnala 3,5 %. Pro U2 se zpoždění pohybuje kolem 22 ms a ztrátovost paketů se rovnala 45 %. Pro U3 se tato hodnota pohybuje kolem 37 ms a ztrátovost je 65 %.



Obr. 6.18: Závislost zpoždění na čase při unicastovém vysílání

6.2.6 Multicastové vysílání (srovnání)

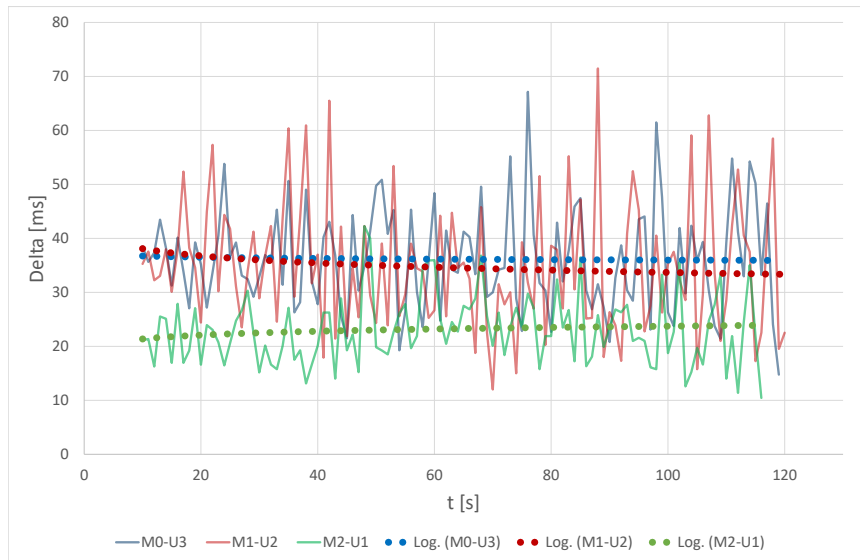
Graf tohoto srovnání je zobrazen na obrázku 6.19. Pro multicastové proudy jsou výsledky poněkud odlišné oproti unicastovému vysílání, které vyplývají z obecného fungování a výhod multicastu. Řady grafu jsou vyneseny pouze jako logaritmická spojnice trendu pro přehlednost a výstižnost grafu. Všechny řady grafu logaritmicky rostou, avšak pouze v rozpětí zpoždění 9,5 ms až 13 ms, což je oproti unicastu velký rozdíl. Pro simulaci obsahující jednoho multicastového příjemce se ztrátovost rovnala 2,8 %. Pro simulaci obsahující dva multicastové příjemce se ztrátovost rovnala 4,5 %. A pro simulaci obsahující tři multicastové příjemce se ztrátovost rovnala 10,1 %. Ani v jednom z těchto případů výsledná ztrátovost, či zpoždění nezpůsobilo problémy pro výslednou funkčnost a rozlišení přenosu video obsahu.



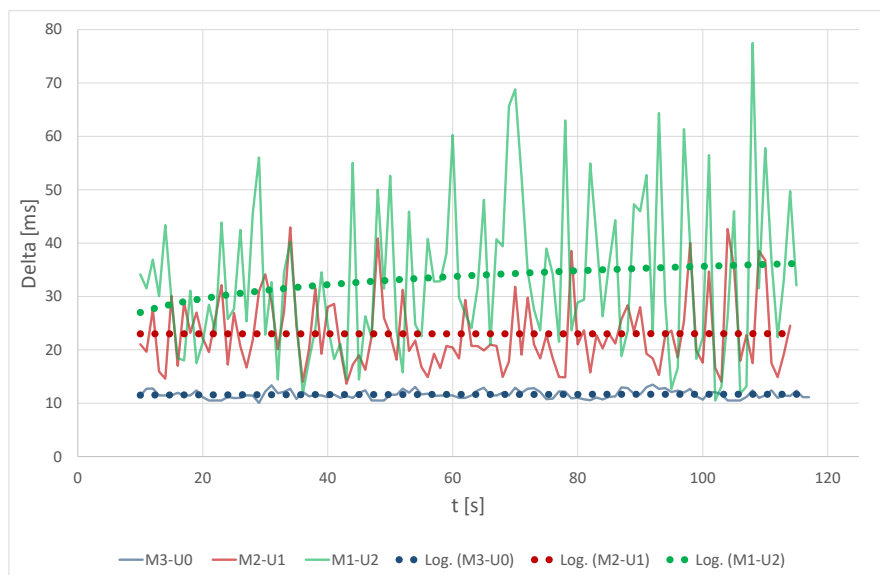
Obr. 6.19: Závislost zpoždění na čase při multicastovém vysílání

6.2.7 Unicastové vysílání v kombinacích s multicastovým vysíláním

Na obrázku 6.20 a 6.21 jsou znázorněny průběhy pro kombinace, které byly provedeny. Jsou to kombinace unicastového a multicastového vysílání, kdy v grafu 6.20 jsou zobrazeny pouze unicastové proudy dané kombinace a pro graf 6.21 jsou zobrazeny pouze multicastové proudy dané kombinace.



Obr. 6.20: Unicast v kombináciách



Obr. 6.21: Multicast v kombináciách

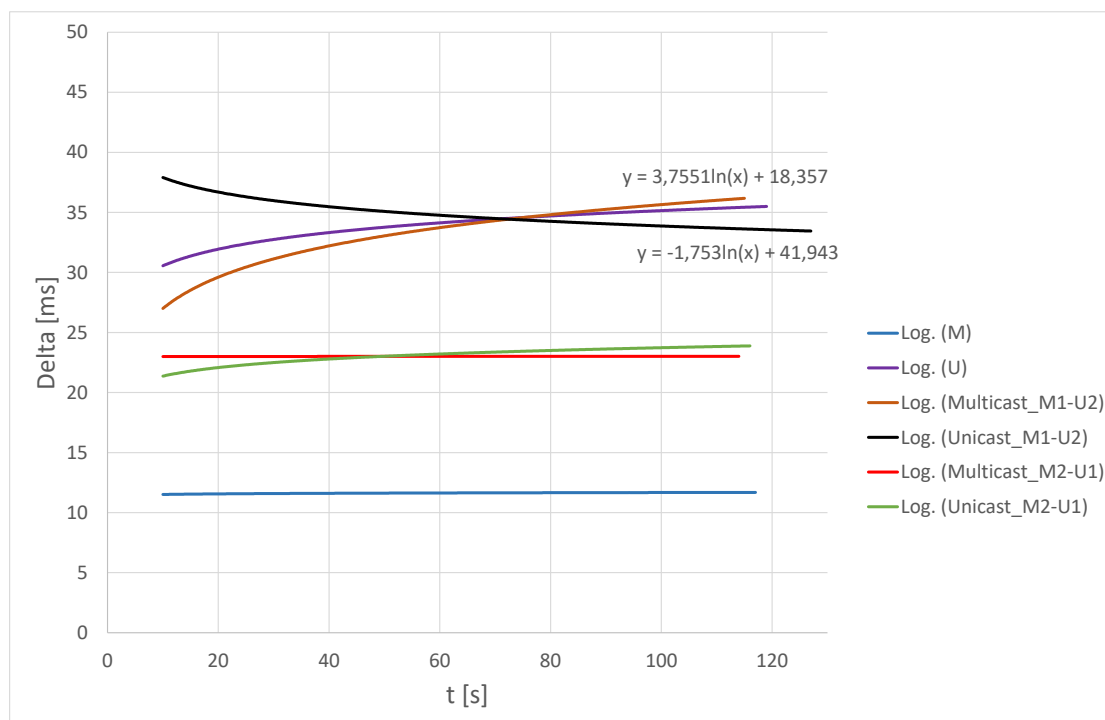
Unicastové srovnání. Pro kombinaci M0-U3 je logaritmická spojnice trendu mírně klesající funkce. To stejné platí i pro kombinaci M1-U2. Tyto dvě kombinace obsahují stejný počet datových proudů, proto jsou výsledky podobné. U kombinace M2-U1 je logaritmická spojnice trendu mírně rostoucí a v našem časovém rozsahu zpoždění nepřekračuje hranici 25 ms. Tato kombinace obsahuje pouze dva datové proudy, proto je hodnota zpoždění nižší.

Multicastové srovnání. Pro kombinaci M3-U0 je výsledné zpoždění konstantní okolo hodnoty 11 ms. Při kombinaci M2-U1 dochází k mírnému ovlivnění provozu na síti, a to z důvodu jednoho unicastového proudu, avšak výsledná hodnota zpoždění se pohybuje konstantně okolo 23 ms. U kombinace M1-U2 je zřejmý veliký vliv dvou unicastových proudů, které zatěžují síť. Logaritmická spojnice trendu má tvar rostoucí funkce.

Nárůst zpoždění doručování paketů je dle grafu 6.22 zřejmý. Pro tři multicastové proudy je toto zpoždění nejnižší ze všech analyzovaných kombinací. Při kombinacích obsahujících i unicastové relace se tyto hodnoty zvyšují. Pro řadu Multicast_M1-U2 a Unicast_M1-U2 je viditelné překřížení, které může odpovídat změně vyhodnocování front, nebo pořadí vstupu paketů do front na síťových prvcích, kdy z počátku simulace multicastový proud byl rychleji přeposílán (nižší zpoždění), a proto se na unicastovém proudu zvýšilo zpoždění. S postupem času se však tato situace změnila a rychlejší dobu vyřizování paketů převzal unicastový proud. V grafu se nacházejí i rovnice logaritmické spojnice trendu, pro kterou byla provedena předpověď, jak se zpoždění doručování bude vyvíjet. V tabulce 6.1 se nachází rovnice, do kterých byly dosazeny hodnoty času v sekundách od 10 s po 100 000 s, což odpovídá necelým 28 hodinám. Hodnota zpoždění by se u unicastového proudu za 28 hodin snížila z 37,9 ms na 21,76 ms. Naopak u multicastového proudu se hodnota zpoždění zvýšila z 27 ms na 61,58 ms.

Tab. 6.1: Výpočet logaritmické spojnice trendu

Výpočet rovnice spojnice trendu		
Rovnice:	$-1,753 \cdot \ln(x) + 41,943$	$3,7551 \cdot \ln(x) + 18,357$
Čas:	Unicast M1-U2	Multicast M1-U2
10	37,90656833	27,00343728
100	33,87013666	35,64987457
1 000	29,833705	44,29631185
10 000	25,79727333	52,94274913
100 000	21,76084166	61,58918641



Obr. 6.22: Souhrnný graf

7 ZÁVĚR

Teoretická část práce se zabývá základními vlastnostmi služby IPTV. V první kapitole jsou popsány základní poznatky a parametry, které jsou základem správné funkčnosti a maximálního využití potenciálu služby. V následné kapitole jsou popsány protokoly, které zaručují přenos, kontrolu, zpětnou vazbu a správný chod sítě. Dále jsou uvedeny druhy vysílání a bližší popis unicastového a multicastového vysílání. V poslední teoretické části je popsán simulační program GNS3, ve kterém byla prováděna simulace síťové služby, a také je zde popsán program Wireshark, který byl použit pro zachytávání a vyhodnocování simulací. Hlavním cílem praktické části bylo vytvoření simulace v programu GNS3, která bude zprostředkovávat službu IPTV, a následně odzkoušení a analýza síťového provozu. Byl vytvořen návrh sítě, potom proběhla konfigurace jednotlivých síťových prvků a koncových stanic. Proběhly testy různých druhů vysílání. Provoz byl zachytáván pro následnou analýzu. Při přenosu vedením FastEthernet, což je asi nejběžnější přenosové médium uživatelů, a při použití standardního nastavení směrovačů pro stream, dochází ke značným ztrátám, a to při přenosu videa s vyšším rozlišením, jako je HD, či Full HD. Pro tato rozlišení videa byly ztráty a hodnoty zpoždění příliš velké a zamezovaly dostatečné kvalitě přenosu, proto docházelo k výpadkům obrazu či ztráta synchronizace mezi zvukem a videem. Dále byly provedeny simulace na základě, kterých se porovnávalo unicastové a multicastové vysílání. V případě, že všichni uživatelé žádají, aby jim byl doručován stejný obsah, pak je multicastový druh vysílání zcela jistě vhodnější, jelikož pro multicastové vysílání na tři stanice je výsledná hodnota zpoždění 12 ms a ztrátovost 8,5%, oproti tomu při použití unicastového vysílání pro tři stanice se hodnota zpoždění rovnala 40 ms a ztrátovost paketů se rovnala 65%. Taková ztrátovost indikuje, že docházelo k přepřínování front na směrovačích, a následné nutnosti zahození paketů, které by zvyšovaly zpoždění jejich doručování, a tím zmenšovaly propustnost celé sítě, což je nežádoucí pro správné fungování sítě. Při kombinování multicastového a unicastového vysílání je přívětivé, aby co nejvíce stanic vyžadovaly stejný obsah, protože pak lze využít výhody multicastového vysílání, kdy sítí prochází pouze jeden datový proud. Při větším množství unicastových proudů dochází k velkému zatížení sítě, které ovlivňuje i případné multicastové proudy. V případě simulace pro jeden multicastový a dva unicastové příjemce dochází k 35 ms zpoždění doručování paketů, v opačném případě, kdy je jeden unicastový a dva multicastové přijímací stanice se rovná zpoždění doručování paketů 20 ms. Přenos videa v reálném čase vyžaduje dostatečnou šířku pásma. Šířka, kterou nabízí vedení FastEthernet tuto šířku nedovoluje. Pro přenos videa většího rozlišení a pro více příjemců by bylo třeba použít optického přenosového média.

LITERATURA

- [1] YANG XIAO, S., S. XIAOJIANG DU, S. JINGYUAN ZHANG, S. FEI HU a S. GUIZANI. Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet. *Communications Magazine, IEEE* [online]. USA: IEEE, 0711, **45**(11), 126 -134 [cit. 2017-11-29]. DOI: 10.1109/MCOM.2007.4378332. ISSN 0163-6804. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4378332/>
- [2] WEBER, Joseph. a Tom. NEWBERRY. *IPTV crash course*. 1. New York: McGraw-Hill, c2007. ISBN 9780072263923.
- [3] SCHULZRINNE, Henning et al. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. <Http://www.ietf.org> [online]. New York: RFC Editor, 2003 [cit. 2017-10-23]. Dostupné z: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>
- [4] ČÍKA, Petr. *Multimediální služby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012. ISBN 978-80-214-4443-.
- [5] LÖBNER, Torsten. *How to synchronize the next generation of IPTV: Explanation of the ETSI standardized version*. 1. Hamburg: Diplomica Verlag, 2012. ISBN 9783863412623.
- [6] HADLEY, M., JACOBSON, V.; a PERKINS, C.;. SDP: Session Description Protocol. <Https://tools.ietf.org> [online]. IETF. Glasgow: University of Glasgow, 2006 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc4566.pdf>
- [7] PEREZ, André. *Voice over LTE: EPS and IMS networks*. Online-Ausg. London: ISTE, 2013. ISBN 9781118648834.
- [8] SCHULZRINNE, Henning et al. Real Time Streaming Protocol (RTSP). <Https://tools.ietf.org> [online]. New York: Netscape, 1998 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc2326.pdf>
- [9] HADLEY, M., PERKINS, C.; a WHELAN, E.;. Session Announcement Protocol. <Https://www.ietf.org> [online]. -: IETF, 2000 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <https://www.ietf.org/rfc/rfc2974.txt>
- [10] WOODS, John W. *Multidimensional signal, image, and video processing and coding*. 2nd ed. Boston: Academic Press, c2012. ISBN 978-0-12-381420-3.
- [11] WAGNER, Marcel a Ivan KOPILOVIC. A comparison of transport protocols in IPTV systems. In: *2008 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting* [online]. USA: IEEE, 2008, 2008, s. 1-5

- [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1109/ISBMSB.2008.4536620. ISBN 978-1-4244-1648-6. ISSN 2155-5052. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4536620/>
- [12] JOSEPH, Vinod. a Srinivas. MULUGU. *Deploying next generation multicast-enabled applications: label switched multicast for MPLS VPNs, VPLS, and wholesale Ethernet*. 1. Waltham, MA: Morgan Kaufmann, c2011. ISBN 978-0-12-384923-6.
- [13] MINOLI, Daniel. *IP multicast with applications to IPTV and mobile DVB-H*. 1. Hoboken, N.J.: Wiley, c2008. ISBN 9780470258156.
- [14] DAVIES, Guy. *Designing and developing scalable IP networks*. 1. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2004. ISBN 9780470867396.
- [15] GNS3 | The software that empowers network professionals. *GNS3 / The software that empowers network professionals*. [online]. [cit. 2017-12-01]. Dostupné z: <https://gns3.com/>
- [16] NEUMANN, Jason C. *The book of GNS3: build virtual network labs using Cisco, Juniper, and more*. 1. San Francisco: No Starch Press, 2015. ISBN 9781593275549.
- [17] SHIMONSKI, Robert. *The wireshark field guide: analyzing and troubleshooting network traffic*. Boston: Syngress, 2013. ISBN 978-0-12-410413-6.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

ADSL	Asymetric digital subscriber line
ATSC	Advanced Television Systems Commitee standart
DVB	Digital Video Broadcasting
FTTC	Fiber to the curb
FTTH	Fiber to the home
GNS3	Graphical Network Simulator-3
HD	High Definition
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol television
IPv4	Internet Protocol version 4
LAN	Local area network
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPTS	Multiple Program Transport Stream
MTU	Maximum transmission unit
OSI	Open Systems Interconnection model
PAT	Program Association Table
PID	Program Identifier
PIM	Protocol Independent Multicast
PMT	Program Map Table
PS	Program Stream
QoS	Quality of service
RFC	Request for Comments
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SAP	Session Announcement Protocol

SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SPTS	Single Program Transport Stream
SSM	Source Specific Multicast
TS	Transport Stream
UDP	User Datagram Protocol
VDSL	Very high bit rate digital subscriber line
VLC	VideoLAN client
VM	Virtual Machine
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over Internet Protocol

SEZNAM PŘÍLOH

A Obsah přiloženého CD

54

A OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

Součástí této přílohy jsou soubory, které jsou umístěny na přiloženém CD, jsou znázorněny na níže vypsáném výpisu.

```
/ ..... kořenový adresář přiloženého CD
├── BP-xszyme01.pdf ..... bakalářská práce
├── M-U.xlsx ..... tabulky naměřených hodnot s grafy
```