

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

**EFEKTĪVA IPTV BEZVADU PĀRRAIDE
MĀJAS TĪKLĀ**

BAKALaura DARBS

Autors: Edgars Peļņa

Studenta apliecības Nr.: ep12028

Darba vadītājs: Dr.dat. Leo Trukšāns

RĪGA 2016

ANOTĀCIJA

Bakalaura darba uzdevums ir mājas apstākļos izveidot datortīklu, kurā saņemtā Interneta Protokola televīzijas plūsma pirms nonākšanas televīzijas iekārtā tiek pārraidīta bezvadu tīkla, tādējādi ļaujot izvairīties no papildu tīkla kabeļu ievilkšanas. Mērķis ir šajā tīklā panākt efektīvu datu plūsmu bez tīkla traucējumiem un citiem nevēlamiem blakusefektiem. Mērķa sasniegšanai darbā pētīti un izmēģināti vairāki tīkla konfigurācijas varianti, analizēta televīzijas plūsmas ietekme uz pārējo bezvadu tīklu, kā arī aprakstītas novērotās sekas un to iespējamie cēloņi. Datortīkla izveidē izmēģinātas divu ražotāju tīkla iekārtas.

Darba noslēgumā ir izveidots strādājošs tīkls, kurā televīzijas pārraide notiek paredzētajā veidā, tomēr izvirzītie mērķi nav sasniegti pilnībā, ar datu efektīvu plūsmu saistītām problēmām saglabājoties.

Atslēgvārdi: IP, IPTV, televīzija, bezvadu pārraide, mājas tīkls

ABSTRACT

Effective wireless transmission of IPTV in home network

The task of the bachelor's paper is to create a new network in home environment where the received Internet Protocol television stream is transmitted wirelessly before entering television unit, thus avoiding the need for additional network cabling. The aim is to achieve efficient data flow in this network without any network interference and other side effects. To achieve the objectives, different network configuration variants were tried, television data flow's impact on the rest of the wireless network was analysed, and the observed effects and their possible causes have been described.

In the result, a working network has been created where television transmission happens in the intended way. Not all of the objectives were fully met, however, and a few data flow problems still persist.

Keywords: IP, IPTV, television, wireless transmission, home network

SATURS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS	6
IEVADS.....	8
1. TELEVĪZIJAS PĀRRAIDES TEHNOLOĢIJAS	10
1.1. Agrākie TV pārraides veidi	10
1.2. IP televīzija	10
1.3. IP televīzijas iezīmes	11
1.3.1. Reālā laika IPTV	11
1.3.2. Pieprasījumuvideo	12
1.3.3. Video ar laika nobīdi	12
1.4. IPTV salīdzinājums ar Interaktīvo TV un Interneta TV	12
2. SITUĀCIJAS RAKSTUROJUMS	14
2.1. Pakalpojuma sniedzēja piedāvātais serviss	14
2.2. Ēkas topoloģijas apraksts	14
2.3. Līdzšinējā tīkla topoloģija	15
2.4. Līdz šim izmantotās tīkla iekārtas	16
2.5. Prasības no jaunā tīkla	17
2.6. Paredzētā tīkla topoloģija	18
3. IEKĀRTAS, RĪKI UN PROGRAMMATŪRA	20
3.1. Izmantotās tīkla iekārtas	20
3.1.1. Lattelecom Technicolor modems.....	20
3.1.2. MikroTik RB2011UiAS maršrutētājs.....	21
3.1.3. MikroTik 951G-2HnD maršrutētājs	22
3.1.4. Lattelecom IPTV dekoderis	23
3.1.5. ZyXEL NAS atmiņas iekārta	23
3.1.6. WD HD TV	24
3.2. Maršrutētājos iebūvēti rīki.....	24

3.2.1. Bandwith Test	24
3.2.2. Graphing	25
3.2.3. Wireless Snooper	26
3.3. Papildu programmatūra datorā	26
3.3.1. Iekšējās IP nomainas programma	26
3.3.2. Advanced IP Scanner programma	27
3.3.3. WinBox.....	28
3.3.4. inSSIDer	29
4. DATORTĪKLA REALIZĀCIJA	30
4.1. Iekārtu sagatavošana darbam.....	30
4.2. IPS piedāvātā pakalpojuma ātruma mērījumi.....	30
4.3. IP televīzijas pārraide caur MikroTik maršrutētājiem vadu tīklā.....	32
4.4. IP televīzijas pārraide caur MikroTik maršrutētājiem bezvadu tīklā	35
4.5. Datu tīkla pievienošana televīzijas tīklam	38
4.6. 802.11 un nv2 protokolu konfliktēšana	39
4.7. Videoplūsmas pārraide no NAS caur bezvadu tīklu.....	43
4.8. Citas izveidotā tīkla problēmas	45
4.9. Datu plūsmas mērījumi jaunajā datortīklā.....	46
REZULTĀTI	48
SECINĀJUMI	49
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	50

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

Sarakstā zemāk paskaidroti tie termini, kas sastopami šajā bakalaura darbā un kuru nozīme var nebūt acumirkļī skaidra.

802.11 – bezvadu tīkla ieviešanas specifikācija 2.4, 3.6, 5 un 60 GHz frekvencēs.

Access point – datortīkla iekārta, kas ļauj ar Wi-Fi standartu savietojamām bezvadu ierīcēm pieslēgties pie vadu tīkla.

ACK (*acknowledgment*) – datu pakete, kas pārraidīta starp datortīklam pieslēgtām iekārtām un apstiprina citas datu paketes veiksmīgu saņemšanu.

CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*) – tīkla protokols, kura ietvaros viena ierīce pirms datu sūtīšanas pārlicinās, vai pārraides vidē datus jau nesūta kāda cita ierīce.

Dekoderis (*set-top box*) – ierīce, kas digitālu televīzijas video plūsmu pārvērš analogā plūsmā un pārraida ierīcei pieslēgtam video atskaņotājam.

DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) – tīkla protokols, kas datortīklam pieslēgtai ierīcei automātiski izdala IP adresi un citus parametrus, lai ierīce spētu darboties tīklā.

Ehotests – programma, kas ļauj pārbaudīt, vai IP datortīklam pieslēgta ierīce ir sasniedzama.

FastEthernet – datu pārraides standarts, kas pārraidi veic ar ātrumu 100 Mb/s.

GigabitEthernet – datu pārraides standarts, kas pārraidi veic ar ātrumu 1000 Mb/s.

HD (*High Definition*) – augstas izšķirtspējas video apzīmējums.

HDD (*Hard Disk Drive*) – atmiņas iekārta ar strauji rotējošiem diskiem digitālu datu uzglabāšanai.

IP – Interneta Protokols, kas definē saziņas formātu starp divām vai vairāk ierīcēm tīklā.

IPTV – televīzija, kas tiek pārraidīta, izmantojot Interneta Protokolu.

IP adrese – cipariska adrese, kas identificē katru ierīci, kas izmanto Interneta Protokolu.

IP pakete – strukturēts datu formāts pārraidei datortīklā.

IPS – Interneta pakalpojuma sniedzējs.

LAN (*Local Area Network*) – datortīkls, kas pārklāj ļoti mazu platību, piemēram, istabu, un kuru no ārējā tīkla atdala maršrutētājs.

Koaksiālais kabelis – datortīklos izmantota kabeļa veids.

Komutators – datortīkla ierīce, kas vienā tīklā savieno vairākas ierīces.

Maršrutētājs – datortīkla ierīce, kas savieno kopā vienu vai vairākus datortīklus.

Modems – ierīce, kas analogu signālu pārveido digitālā un otrādi.

NAS (*Network Attached Storage*) – datortīklam pieslēgta atmiņas iekārta.

NAT (*Network Address Translation*) – tehnoloģija maršrutētājos, kas iekšējā tīkla adreses pārveido uz vienu ārējā tīkla adresi un otrādi.

Nv2 – datu bezvadu pārraides protokols MikroTik maršrutētājos.

Pakešu komutācija – nosūtāma ziņojuma sadalīšana vairākās daļās, katru no tām sūtot neatkarīgi vienu no otras ar iespēju sūtīšanu veikt pa dažādiem maršrutiem.

Pieprasījumvideo (*video on demand*) – pakalpojums, kurā skatītājs no pārraižu klāsta var izvēlēties, kuru no tām skatīties.

RAID (*Redundant Array of Independent Disks*) – tehnoloģija HDD savienošanai vienotā masīvā.

RouterOS – MikroTik maršrutētājos iebūvēta operētājsistēma.

Saskarne – programmatūras vizuālā daļa, kurā lietotājs veic darbības.

SSID (*Service Set Identifier*) – bezvadu tīkla nosaukums.

Tīkla tilts - datortīklu tehnoloģija, kurā divi vai vairāki tīkli tiek apvienoti vienā.

Ugunsmūris – sistēma, kas liedz neautorizētu piekļuvi datortīklam vai tajā esošai ierīcei.

WAN (*Wireless Area Network*) – publisks datortīkls, kuru nodrošina Interneta pakalpojuma sniedzēji.

Wi-Fi – datu pārraides protokols bezvadu tīklā.

IEVADS

Lai savās mājās starp diviem stāviem uz vairākām istabām nebūtu jāizvelk jauni tīkla kabeļi, kas nozīmētu sienu bojāšanu un remontu pēc tam, darba autors no Interneta pakalpojuma sniedzēja saņemto IPTV jeb Interneta protokola televīzijas plūsmu caur speciāliem piekļuves punktiem jau apmēram 10 gadus pārraida mājas bezvadu tīklā. Tomēr pusgadu pirms pētījuma veikšanas līdz šim izmantotajām ierīcēm tika konstatēts defekts, kas izvērtās viena piekļuves punkta svilšanā no iekšpuses, par ko liecināja tumšs pleķis uz ierīces baltā korpusa. Drošības nolūkos tika nolemts iegādāties jaunas ierīces.

Sekojoši līdzīgu pakalpojuma sniedzēja - šajā gadījumā – uzņēmuma Lattelecom – tehnoloģiskajai attīstībai, darba autoram nebija saprotams, kāpēc līdz ar Interneta televīzijas, Interaktīvās televīzijas un citiem piedāvātajiem pakalpojumiem vēl aizvien nav sperti soļi televīzijas plūsmas bezvadu pārraides iespēju nodrošināšanas attīstībā. Vēl vairāk – sarunās ar uzņēmuma klientu apkalpošanas personālu vairākkārt dzirdēts apgalvojums, ka nekas tāds nav iespējams. Tas lika aizdomāties par iemeslu, kāpēc uzņēmums nolēmis izplatīt neprecīzu informāciju, ja vismaz tehniskie darbinieki noteikti apzinās, ka tas ir iespējams.

Tā kā kopš līdzšinējo iekārtu iegādes pagājis zināms laiks, tika pieļauts, ka nu jau tirgū varētu būt pieejamas labākas alternatīvas. Ignorējot pakalpojumu sniedzēja apgalvojumus un aptaujājot ar datortīkliem saistītus cilvēkus, tika saņemts ieteikums pamēģināt bezvadu pārraidi panākt ar jaunākajiem MikroTik maršrutētājiem, kas turklāt nodrošina ļoti plašas konfigurēšanas iespējas. Līdz ar to autora īpašumā nonāca vairākas MikroTik ierīces, kas plašāk aprakstītas nodaļā 3.1. un ar kurām pētījuma gaitā tiek mēģināts izveidot jaunu datortīklu saņemtās televīzijas plūsmas pārraidei.

Pētījuma mērķis ir ne vien izveidot jaunu tīklu televīzijas pārraidei, bet arī novērot, kādas ir šādas konstantas televīzijas plūsmas bezvadu pārraides sekas un blakusefekti un kādu ietekmi tas atstāj uz pārējo bezvadu datu tīklu. Mērķis ir arī spēt izdarīt secinājumus par to, vai Lattelecom apgalvojumam ir labs iemesls, vai tomēr IPTV bezvadu pārraidi vajadzētu spēt piedāvāt kā visiem pieejamu servisu, ko darba autors uzskata par iespēju, kas no klientu puses varētu būt ļoti pieprasīta.

Darba autora zināšanām par datortīkliem parādotes tikai pēdējos pāris gadus, prasības pret izveidojamo datortīklu ir palielinājušās. Tā, piemēram, paralēli televīzijai ir mērķis nodrošināt arī cita veida videofailu plūsmu caur citām datortīklam pieslēgtām ierīcēm. Ar tagadējām autora prasmēm datortīklā pārraidāmajām datu plūsmām un tīkla konfigurācijai jau tiek pievērsta daudz lielāka uzmanība, mēģinot to realizēt pēc iespējas

efektīvāk, kas nebija iespējams ar iepriekš izmantotajām ierīcēm, kuru konfigurēšanas iespējas bija ierobežotas.

Darba pirmajā nodaļā izpētītas un apskatītas būtiskākās televīzijas pārraides tehnoloģijas, salīdzinot senākās ar mūsdienās aktuālajām. Plašāk aprakstīta IPTV jeb televīzijas veids, kas izmanto Interneta Protokolu un tādējādi piedāvā daudz vairāk interaktīvu iespēju, nekā tas bija iespējams kādreiz.

Otrajā nodaļā sniegts ieskats agrākajā tīkla infrastruktūrā, kā arī aprakstīta ēkas topoloģija, kurā izveidojams jaunais datortīkls, un nosauktas tā prasības. Trešajā nodaļā uzskaitīta programmatūra un rīki, kas izmantoti tīkla problēmu diagnosticēšanā un tā pārraudzība, savukārt ceturtajā nodaļā tīkls jau tiek realizēts, analizējot ieviešanas gaitā konstatētos blakusefektus un neparedzētās problēmas.

1. TELEVĪZIJAS PĀRRAIDES TEHNOLOĢIJAS

Šajā nodaļā aprakstīti tradicionālie televīzijas pārraides veidi, kā arī jaunākais no tiem – IP televīzija (IPTV). Tā salīdzināta ar līdzīgiem televīzijas paveidiem – Interaktīvo TV un Interneta TV.

1.1. Agrākie TV pārraides veidi

Tradicionālā mājas televīzija pieejama trīs dažādos veidos [1]. Pirmais no tiem ir apraides jeb ciparu televīzija, kas izmanto radioviļņu tehnoloģiju un antenas uz ēku jumtiem. Antena, uztverot radioviļņus, tos pārvērš elektriskos signālos, kas tiek pārraidīti tālāk uz televīzijas iekārtu. Otrs televīzijas pārraides veids, kas parādījies nedaudz vēlāk, ir satelīttelevīzija, kurā tiek izmantoti uz jumtiem novietoti satelītu šķīvji, kas uztver signālu no satelītiem Zemes orbītā. Trešais veids – kabeļtelevīzija, kas izmanto līdz patērētājiem aizvilktus koaksiālos kabeļus. Ar dažādām frekvencēm caur šiem kabeļiem vienlaicīgi tiek pārraidīti vairāki televīzijas kanāli, un ar speciālas iekārtas palīdzību var izvēlēties vienu no tiem.

Tomēr visu iepriekšminēto televīzijas pārraides veidu trūkums ir fakts, ka televīzijas pārraidi iespējams skatīties tikai tad, kad tā tiek pārraidīta. Lai arī visi veidi piedāvā kanālu izvēli, tas būtībā ir vienīgais, ko iespējams pamainīt pēc paša izvēles. Tradicionālā televīzija nepiedāvā variantu kādu pārraidi noskatīties laikā, kas patērētājam ir ērtāk, ja vien to ar citu tehnoloģiju palīdzību savlaicīgi neieraksta. Tāpat informācija plūst tikai vienā virzienā – no pakalpojuma sniedzēja pie patērētāja. Tas nozīmē, ka pakalpojuma sniedzējam pat nav iespējas saņemt atpakaļ ar statistiku saistītu informāciju.

Šīs un vēl daudzas citas neērtības atrisina televīzijas pārraides veids, kas aktuāls kļuvis mūsdienās līdz ar tehnoloģiju straujo attīstību – Interneta Protokola televīzija. Ar tās palīdzību televīzijas iespējas patērētājam sniedz daudz lielāku interaktivitāti.

1.2. IP televīzija

IPTV ir televīzijas pārraides veids, kas izmanto Interneta Protokolu un tajā ietilpstošo protokolu kopu, lai pārraidāmo informāciju sadalītu sīkās vienībās, sauktās par IP paketēm, un nosūtītu patērētāja televīzijas iekārtām ar pakešu komutācijas (angļu - *packet-switching*)

palīdzību [2]. Citiem vārdiem – televīzija tiek pārraidīta caur mūsdienu interneta tehnoloģijām, piemēram, maršrutētājiem un komutatoriem. Televīzijas avots var būt gan Interneta pakalpojuma sniedzēja (IPS) infrastruktūra, kas nodrošina interneta savienojumu, gan arī cits uzņēmums, kas izmanto IPS izveidoto tīklu.

Atšķirībā no tradicionālajiem televīzijas veidiem IPTV gadījumā dati tiek straumēti jeb pārraidīti brīdī, kad patērētājam piederoša iekārta šo informāciju pieprasa. Uzņēmums, kas nodrošina IPTV pakalpojumu, savos datu centros glabā informāciju ar visām pārraidēm, kuras saviem klientiem piedāvā skatīties, kā arī nodrošina programmatūru, kas klientiem nepieciešama, lai šos kanālus un televīzijas pārraides izvēlētos.

Tipiskā situācijā uzņēmums klientiem piešķir signāla dekoderi (angļu – *set-top box*) jeb ierīci, kas kalpo par starpnieku starp klientu un Interneta savienojumu [3]. Ierīce tiek pieslēgta pie televizora un informāciju sūta abos virzienos – klienta izvēle tiek nokodēta un pārsūtīta tālāk tīkla, savukārt atpakaļ saņemtā informācija tiek atkodēta, lai izvēlēto pārraidi parādītu televizorā. Ierīce gan kodē un atkodē saņemtos datus, gan nosūta ar statistiku saistītu informāciju, gan arī nodrošina televizorā redzamo saskarni. Tipiskā situācijā nodrošinātā ir mājaslapai līdzīga saskarne, kurā lietotājs var pārvietoties pa saskarnes elementiem, veicot piedāvātās darbības.

Lai aprakstītās iespējas varētu nodrošināt, dekoderī tiek iekļauts un izmantots Interneta Protokols. Tā visa rezultātā iespējas ir daudz plašākas par tām, ko piedāvā tradicionālā televīzija, kas informāciju spēj sūtīt tikai vienā virzienā.

1.3. IP televīzijas iezīmes

Pateicoties spējai informāciju sūtīt abos virzienos, IP televīzija ļāvusi attīstīties vēl vairākiem pārraižu skatīšanās režīmiem [4]. Tradicionāli tā bija iespēja pārraidi skatīties tikai laikā, kad tā tiek pārraidīta. Mūsdienās tiek piedāvāti pakalpojumi, kas gan ļauj skatīties pēc paša vēlmes izvēlētu pārraidi, gan tajā pašā brīdī raidītu pārraidi attīt līdz tās sākumam. Atsevišķi pakalpojumu sniedzēji ļauj skatīties pat senāk raidītas pārraides.

1.3.1. Reālā laika IPTV

No angļu valodas *live IPTV*, ar šo režīmu tiek saprasta tradicionālā televīzijas kanālu pārraide, kad skatītājs raidījumu redz brīdī, kad tas tiek pārraidīts. Atšķirība IP televīzijas gadījumā ir tāda, ka pārraides datus klients saņem tikai brīdī, kad caur dekoderi tos

pieprasa. Tas savukārt nozīmē, ka pieprasījums vispirms tiek nosūtīts vienā virzienā, bet atbilde pēc tam – pretējā virzienā.

1.3.2. Pieprasījumvideo

No angļu valodas *video on demand*, šajā režīmā skatītājam tiek piedāvāta izvēle, kādu raidījumu skatīties. Šis režīms pat var nebūt saistīts ar parastajiem televīzijas kanāliem. Tā vietā pakalpojuma sniedzējs var nodrošināt katalogu ar citiem raidījumiem un pārraidēm, piemēram, filmām, seriāliem un multfilmām, kas televīzijas kanālos netiek rādītas. Skatītājs pieprasa skatāmo pārraidi, samaksā noteiktu papildu maksu un to uzreiz var redzēt.

1.3.3. Video ar laika nobīdi

No angļu valodas *time-shifted IPTV*, šajā režīmā pakalpojuma sniedzējs ļauj skatīties pārraidi, kas rādīta kādu laiku iepriekš. Parasti šādu iespēju piedāvā tikai noteiktam laika periodam, piemēram, raidījumiem ne senākiem par vienu nedēļu. Tas ļauj samazināt saglabāt nepieciešamo informāciju pakalpojuma sniedzēja infrastruktūrā, kā arī mazināt kopējā tīkla noslodzi.

Šajā režīmā skatītājs var brīvi izvēlēties, kurā laikā pārraidi noskatīties, piemēram, pārraidi, kas rādīta no rīta, var noskatīties vakarā pēc darba. Tāpat pārraidi iespējams noskatīties atkārtoti neierobežotu skaitu reižu.

1.4. IPTV salīdzinājums ar Interaktīvo TV un Interneta TV

Šī darba pētījumā autors izmanto piedāvātos servisu no tāda Interneta pakalpojumu sniedzēja, kas piedāvā arī Interneta TV un Interaktīvo TV, tāpēc, lai saprastu šo dažādo, tomēr līdzīgo televīzijas variantu atšķirību, tie šajā nodaļā tiek salīdzināti.

Izpētot vairākus tīmekļa resursus [5, 6], izdarīti secinājumi, ka šie jēdzieni bieži vien tiek lietoti, saprotot vienu un to pašu, reizēm tos jaucot kopā un skaidrojot vienu kopā ar otru, jo atšķirība starp tiem ir visai neliela. Interneta Protokols ļauj piedāvāt ļoti dažādus pakalpojumus, kas robežojas vien ar pakalpojumu sniedzēja izdomu, tāpēc zem viena

piedāvātā pakalpojuma nereti tiek iekļauts kaut kas, ko cits iekļautu zem cita televīzijas veida.

Kā skaidrots nodaļā 1.2., IPTV ir televīzijas veids, kas datu pārraidei izmanto Interneta Protokolu. Tomēr šis veids ir pamatā arī Interaktīvajai TV. Gan viens, gan otrs veids nodrošina video augstā kvalitātē bez jūtamiem traucējumiem un tiek pārraidīts pār pakalpojumu sniedzēja kontrolētu tīklu [7, 8]. Pakalpojuma sniedzējam nav jāuztraucas par pārraides drošību un kvalitāti, jo tas ir paša kontrolē pretēji Interneta TV. Apgrūtinājums šeit rodas vienīgi tāpēc, ka pārraidei ir jānodrošina pavisam jauna, kontrolēta infrastruktūra.

Interneta TV ir televīzija vai cita veida video plūsma, kas tiek nodrošināta pār jau esošu tīkla infrastruktūru [9]. Šāds pakalpojums vairs nav, piemēram, IPS, bet gan kādas trešās puses, kas pakalpojumu piedāvā, pārziņā. Pie Interneta TV pieder, piemēram, tādi pakalpojumi, kuriem lietotājs piekļūst caur pārlūkprogrammu datorā vai citā viedierīcē, piemēram, video straumēšanas serviss Netflix [10]. Šāda servisa pārraudzībā nav tīkla infrastruktūra, un tas tādējādi nevar pilnībā garantēt video straumēšanu bez savienojuma pārtraukumiem vai citām problēmām, kas nav tā pārziņā.

2. SITUĀCIJAS RAKSTUROJUMS

2.1. Pakalpojuma sniedzēja piedāvātais serviss

Darba autors pētījumā un datortīkla izveidē izmanto SIA “Lattelecom” piedāvāto pakalpojumu “Interaktīvā televīzija” [11]. Lai arī nodaļā 1.4. secināts, ka Interaktīvā TV ir IPTV paveids, autors pirms pētījuma uzsākšanas vēlējās pārliedzināties, ka arī izmantotais pakalpojums pieskaitāms pie IPTV.

Uzņēmuma publicētajā pakalpojuma aprakstā [12] nosauktas tādas iespējas kā plaša kanālu izvēle (atbilst termins *live TV*), TV arhīvs un TV ieraksti (atbilst termins *time-shifted IPTV*) un videonoma (atbilst termins *video on demand*). Šie trīs termini apskatīti nodaļā 1.3. kā tie, kas raksturo IPTV.

To, ka uzņēmuma piedāvātais pakalpojums saistīts ar IPTV, apliecina arī tas, ka pakalpojumā iekļauts signāla dekodēris (angļu – *set-top box*) katram klienta televizoram. Tāpat arī uzņēmums nodrošina televīziju augstā kvalitātē bez jūtamiem traucējumiem, un darba autoram no iepriekšējas pieredzes ir zināms, ka pakalpojumam tiek nodrošināta speciāla, kontrolēta tīkla infrastruktūra.

Lai būtu pilnīga pārliedzība, autoram izdevās atrast saiti [13], kurā kāds cits uzņēmums stāsta par IPTV risinājuma ieviešanu uzņēmuma “Lattelecom” vajadzībām. Arī tajā skaidri nosaukts tieši IPTV.

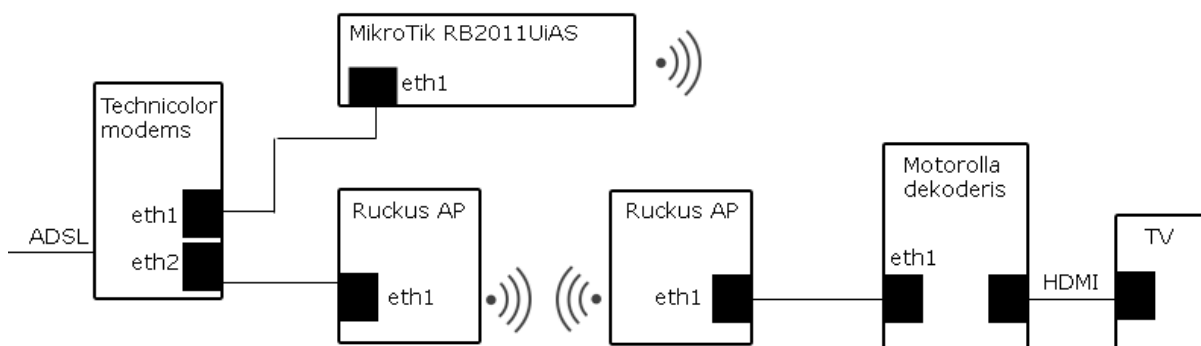
2.2. Ēkas topoloģijas apraksts

Datortīklu televīzijai paredzēts veidot divstāvīgā privātmājā ar vairākām televīzijas iekārtām. Ienākošais signāls no Interneta pakalpojumu sniedzēja aizvadīts līdz ēkas otrajam stāvam, savukārt abi televizori novietoti ēkas pirmajā stāvā, tomēr dažādās telpās, tāpēc, lai nebūtu jāizvelk jauni tīkla kabeļi, televīziju tiek mēģināts pārraidīt bezvadu tīklā starp maršrutētājiem, no kuriem divi novietoti katrs pie sava televizora, bet trešais – otrā stāva istabā pie ienākošā signāla.

2.3. Līdzšinējā tīkla topoloģija

Kā aprakstīts darba ievadā, autors IPTV plūsmu bezvadu tīklā pārraida jau vairākus gadus, tomēr līdz šim izmantotā tīkla topoloģija ļoti atšķīrās no tās, kādu tiek mēģināts realizēt pētījuma ietvaros. Tam par iemeslu galvenokārt ir zināšanas un prasmes šāda tīkla izveidē, kas iegūtas tikai pēdējos gados un bez kurām iepriekš tas nebija paveicams. Tāpat arī izmantotās ierīces, kas aprakstītas nodaļā 2.4., nepiedāvāja tik plašas konfigurācijas iespējas kā tās, kuras tiks izmantotas turpmāk. Papildu klāt tīklam nācis vēl otrs televizors, turpretī iepriekš izmantots tika tikai viens.

Līdz šim izmantotā tīkla topoloģija parādīta attēlā 2.3.1.



2.3.1. att. Izmantotās tīkla topoloģijas shēma

Zīmējumā redzams, ka ienākošais signāls tiek saņemts IPS nodrošinātajā Technicolor modemā. Tālāk tas tiek sadalīts pa divām pieslēgvietām – 1. pieslēgvietā, kas veido iekšējo datu tīklu, savienota ar MikroTik maršrutētāju, savukārt 2. pieslēgvietā, caur kuru notiek televīzijas plūsmas pārraide, savienota ar Ruckus maršrutētāju. Ruckus maršrutētājs bezvadu tīklā sasaistīts ar otru tādu pašu maršrutētāju, kas savukārt novietots blakus televīzijas iekārtai – Motorola dekoderim.

Šāda tīkla topoloģija televīzijas bezvadu pārraidei daudzus gadus strādāja nevainojami, bet sākot ar brīdi, kad ierīcēm vienai otru izdevās tīklā atrast. Ar lielākām problēmām bija jāsaskaras katru reizi, kad mājās pazuda strāva, kā rezultātā ierīcēm nācās vienai otru tīklā meklēt atkārtoti. Nereti tas rezultējās ar vairākkārtīgiem mēģinājumiem abus maršrutētājus atkārtoti pārstartēt. No konfigurācijas viedokļa, pēc autora domām, ierīcēm vajadzēja spēt vienai otru atrast uzreiz. Tomēr brīdī, kad ierīces spēja viena otru atrast, tās turpināja pārraidīt televīziju bez traucējumiem līdz nākamajai to pārstartēšanās reizei.

Viens no mīnusiem šādai tīkla topoloģijai ir apstākļi, ka no parastā datu tīkla pie Ruckus AP un tā konfigurēšanas loga nav iespējams pieslēgties. Piekļuves punktam ir nodrošināta tikai viena Ethernet pieslēgvietā, tomēr tā tiek izmantota savienojumam ar Technicolor modema 2. pieslēgvietu. Pat, ja pieslēgvietu būtu vairāk, ierīce nav paredzēta tik plašai konfigurācijai, kas ļautu lietotājam ērti konfigurēt apakštīklus un VLAN tīklus, kā arī izvairīties no neparedzētu tīkla cilpu izveides.

Lai arī autoram vairs nav pieejas Ruckus ierīcēm, lai veiktu pārbaudi, tomēr pēc nepareizās konfigurācijas, kas tika konstatēta pētījumā, veidojot jauno datortīklu, un aprakstīta nodaļā 4.9., var izdarīt minējumu, ka līdzīga konfigurācija bija traucējoša arī tīkla topoloģijā ar Ruckus AP. Pēc noklusējuma šo piekļuves punktu vienīgajai Ethernet pieslēgvietai tika piešķirta noteikta IP adrese, bet, ņemot vērā, ka pieslēgvietā savienota ar Technicolor modema pieslēgvietu un televīzijas pārraidei nepieciešama tīkla 2. slāņa (angļu – *Layer 2*) tilta konfigurācija, IP adreses piešķiršana varēja radīt traucējumus.

2.4. Līdz šim izmantotās tīkla iekārtas

Šajā nodaļā aprakstīti Ruckus piekļuves punkti, kas televīzijas bezvadu pārraidei tikuši izmantoti līdz pētījuma brīdim. Pārējās iekārtas tīklā nav mainījušās, ir aktuālas arī turpmāk un aprakstītas 3. nodaļā.

Tīklā līdz šim izmantoti “Ruckus 7811” piekļuves punkti, kas redzami attēlā 2.4.1.



2.4.1. att. “Ruckus 7811” piekļuves punkts

Šīm ierīcēm piemīt neraksturīga forma, kas skaidrojama ar to, ka tās ir īpaši paredzētas intensīvu multivides datu plūsmu pārraidei. Par to liecina arī fakts, ka iekārtu reklāmas bukletos zīmētajās topoloģijas shēmas parādīta datu plūsmas pārraide no modema

līdz dekoderim, kas ir tieši tas, kas bija nepieciešams darba autora datortīklā. Darba rakstīšanas brīdī gan šis ierīces modelis jau pāris gadus skaitās novecojis un vairs netiek pārdots.

Ierīces aprīkotas ar tehnoloģijām, kas to lietošanas laikā reālā laikā mēra signāla stiprumu un apkārtējās vides interferenci un pielāgo 6 antenu masīvā ietilpstošo antenu virzienu, lai nodrošinātu pēc iespējas augstāku pārraides kvalitāti. Šie piekļuves punkti izmanto Ruckus izstrādātu *multicast* tehnikas paveidu, sauktu par “Multicast TV-over-WLAN”, kas radīts ar mērķi nodrošināt labāku kvalitāti par parasto *multicast* tehniku.

Ierīcēm ir tikai viena Ethernet pieslēgvietā, kas nozīmē, ka tās var savienot tikai ar vienu ierīci, piemēram, modemu vai dekoderi.

Maršrutētāji, ar kuriem Ruckus AP turpmāk tiks aizstāti, aprakstīti nodaļā 3.1.3.

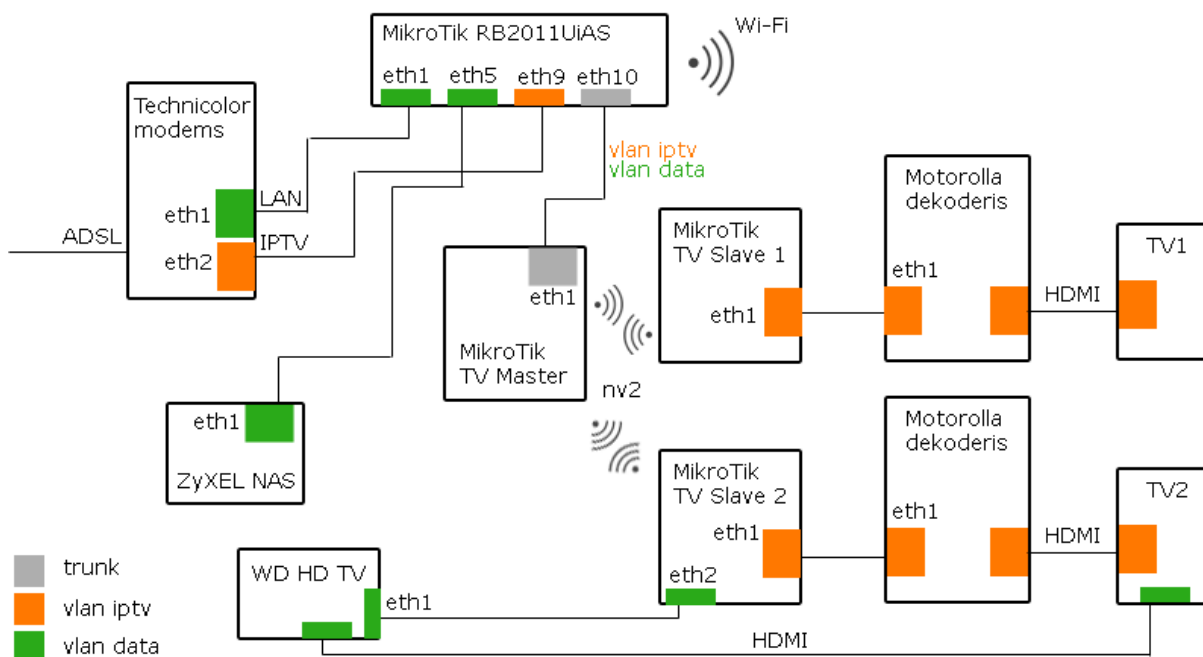
2.5. Prasības no jaunā tīkla

Aizstājot Ruckus AP ar MikroTik maršrutētājiem, paveras daudz plašākās tīkla konfigurācijas iespējas. Zemāk apkopotas tās tīkla prasības, kuras darba autors vēlas sasniegt ar pētījumā veidojamo datortīklu.

- IPTV datu plūsma jāvar pārraidīt bezvadu tīklā starp MikroTik maršrutētājiem;
- televīzijas pārraidēs nedrīkst būt novērojami traucējumi, piemēram, video raustīšanās, ja vien tā nav īslaicīga vaina IPS piedāvātajā pakalpojumā;
- IPTV bezvadu plūsma nedrīkst negatīvi iespaidot pārējo mājas bezvadu tīklu;
- caur bezvadu tīklu, kas izveidots televīzijai, jāvar pārraidīt arī cita veida video plūsmu, piemēram, multfilmu no tīklā esoša servera;
- ar parastajam mājas datu tīklam pievienotu datoru bez liekas savienošanas ar papildu vadu jāvar pieslēgties pie visiem maršrutētājiem, lai veiktu to konfigurācijas izmaiņas;
- televīzijas tīklam jābūt norobežotam no pārējā tīkla, izmantojot VLAN tehniku.

2.6. Paredzētā tīkla topoloģija

Lai sasniegtu nodaļā 2.5. izvirzītās prasības, izveidota jauna tīkla topoloģijas shēma, kas parādīta attēlā 2.6.1.



2.6.1. att. Izveidojamā tīkla topoloģijas shēma

Tāpat kā iepriekš, no IPS saņemtie dati ienāk Technicolor modēmā. Rēķinoties ar to, ka tīklā nepieciešami divi nesaistīti bezvadu savienojumi – viens Wi-Fi tīklam, otrs televīzijas pārraidei starp maršrutētājiem -, modema tuvumā nepieciešams pieslēgt divus MikroTik maršrutētājus, jo izmantotajos ierīču modeļos nav iespējams izveidot vienlaicīgi gan atsevišķu piekļuves punktu, gan bezvadu tiltu savienojumam ar citu piekļuves punktu.

Attiecīgi shēmā ieviests maršrutētājs “MikroTik RB2011”. Lai “MikroTik TV Master” maršrutētājs, kas bezvadu tīklā pārraidīs televīziju, nebūtu jāpieslēdz pie Technicolor modema 2. pieslēgvietas, kas liegtu iespēju pieslēgties pie IPTV VLAN tīklā esošajiem maršrutētājiem un to konfigurācijas no datu VLAN tīkla, uz “MikroTik RB2011” ir izveidots savienojums gan no modema 1., gan 2. pieslēgvietas, kas nozīmē, ka caur šo maršrutētāju plūst pilnīgi visi dati, tādējādi visa plūsma pārskatāma vienuviet.

Tā kā “MikroTik RB2011” maršrutētājs tiek izmantots Wi-Fi tīklam, televīzijas pārraidei nepieciešama otra iekārta. Tāpēc maršrutētājs savienots ar “MikroTik TV Master” iekārtu. Starp abiem maršrutētājiem izveidots VLAN trunk savienojums, lai starp tiem varētu pārraidīt gan IPTV plūsmu, gan parastos datus.

“MikroTik TV Master” izveidojis savienojumu ar diviem citiem MikroTik maršrutētājiem bezvadu tīklā, pārraidot uz tiem IPTV plūsmu. Pie katra no abiem maršrutētājiem savukārt pieslēgta televīzijas iekārta – dekoderis ar televizoru.

Lai no “MikroTik RB2011” 5. pieslēgvietā esošā NAS serverīša varētu tīklā uz vienu no televizoriem pārraidīt ar IPTV nesaistītu video plūsmu, piemēram, multfilmu, arī 5. pieslēgvietā pievienota datu VLAN tīklam. Otrā galā šajā VLAN tīklā pievienota “MikroTik TV Slave 2” maršrutētāja 2. pieslēgvietā, kas saslēgta ar multivides failu atskaņotāju “WD HD TV”. Caur šo iekārtu uz “TV2” no NAS serverīša nonāk ne-IPTV video plūsma.

Visbeidzot, “MikroTik RB2011” maršrutētājs pilda arī piekļuves punkta funkciju, nodrošinot atsevišķu Wi-Fi tīklu bezvadu ierīcēm. Šis Wi-Fi tīkls izmanto 802.11 protokolu, savukārt televīzijas bezvadu pārraidei izvēlēts nv2 protokols, kura izvēle pamatota pētījuma gaitā nodaļā 4.4.

3. IEKĀRTAS, RĪKI UN PROGRAMMATŪRA

Šajā nodaļā aprakstītas pētījumā izmantotās iekārtas, pieminot to būtiskās iespējas, kas izmantotas par mērķi izvirzītā datortīkla izveidē. Papildu veikta izpēte un īsi apskatīta programmatūra, kas šī pētījuma ietvaros varētu izrādīties noderīga, lai pārraudzītu datu plūsmu un konstatētu iespējamās problēmas vai konfigurācijas blakusefektus. Vairāki pieminētie rīki jau ir iebūvēti izmantotajās ierīcēs, tādējādi tiek pieņemts, ka tie sniedz visai tiešu un precīzu informāciju.

3.1. Izmantotās tīkla iekārtas

Nodaļā 2.6. aprakstīta izveidojamā tīkla topoloģija ar 5 maršrutētājiem, no kuriem viens tiek izmantots kā modems pakalpojumu sniedzēja sūtītā signāla dekodēšanai un novirzīšanai uz paredzētajām pieslēgvietām, viens - lokālā tīkla padziļinātai pārvaldībai, bet trīs – televīzijas pārraidei bezvadu tīklā uz divām televīzijas iekārtām.

3.1.1. Lattelecom Technicolor modems

Datu plūsma no IPS vispirms nokļūst pie attēlā 3.1.1.1. redzamā modema, kas ir pakalpojumu sniedzēja speciāli modificēta iekārta ar noteiktu konfigurāciju atbilstoši sniegtajam pakalpojumam.



3.1.1.1. att. Lattelecom piešķirtais Technicolor modems

Šai iekārtai ir 4 LAN pieslēgvietas (attēls 3.1.1.2.), no kurām katra pilda specifisku uzdevumu. Pirmā no tām paredzēta lokālajam tīklam, kuram automātiski tiek izdalītas

privātās IP adreses. Ceturtā pieslēgvietā paredzēta vienas publiskās IP adreses izdalīšanai un šī pētījuma ietvaros netiek izmantota. Gan otrā, gan trešā pieslēgvietā ļauj pieslēgt vienu televizora dekoderi. Kā vēlāk noskaidrots nodaļā 4.3., ar sarežģītāku konfigurāciju divus televizorus iespējams pieslēgt arī pie vienas modema pieslēgvietas, bet tam nepieciešami papildu maršrutētāji.

Darba autora īpašumā nav trešā dekodera, kuru arī mēģināt pieslēgt pie vienas pieslēgvietas, tomēr tāda rīcība, pat ja strādātu, patērētu gandrīz visu iespējamo tīkla plūsmu. Darba pētījumā tiek izmantota pirmā un otrā LAN pieslēgvietā attiecīgi datu un televīzijas tīkla izveidei, savukārt DSL pieslēgvietā tiek saņemts signāls no IPS.



3.1.1.2. att. Technicolor modema pieslēgvietas

Rēķinoties ar faktu, ka šim modemam jebkurā brīdī ar speciāli tam paredzētiem lietotāju profiliem var pieslēgties uzņēmuma Lattelecom tehniskie darbinieki [14], darba autors no šī modema datus pārraida tālāk uz MikroTik maršrutētājiem, kurus pats kontrolē, bet citādi šo modemu neizmanto. Šajā modemā iestrādātais Wi-Fi piekļuves punkts ir izslēgts, lai nekonfliktētu ar citu maršrutētāju veidotajiem bezvadu tīkliem.

3.1.2. MikroTik RB2011UiAS maršrutētājs

Attēlā 3.1.2.1. redzamais maršrutētājs tiek izmantots, lai nodrošinātu datu tīklu gan vadu, gan bezvadu līmenī, un konfigurēts ar atbilstošu ugunsgrābi pret ārējo tīklu, ar to saprotot arī starp šo un Lattelecom Technicolor modemu esošo tīklu.



3.1.2.1. att. MikroTik RB2011UiAS maršrutētājs

Šim maršrutētājam ir 5x GigabitEthernet un 5x FastEthernet pieslēgvietas. Pēc noklusējuma pirmā pieslēgvietā konfigurēta kā tā, kurā ienāk dati no ārpuses. Šī pētījuma

ietvaros par tādu ir pārkonfigurēta 10. pieslēgvietā, GigabitEthernet pieslēgvietu izmantojot citām vajadzībām, kur noderīgs lielāks ātrums.

Arī 9. pieslēgvietā pētījuma ietvaros pārkonfigurēta, lai saņemtu datus no Technicolor modema, tikai tajā nonāk vienīgi televīzijas datu plūsma.

Maršrutētājā iestrādāta RouterOS operētājsistēma, kas tīkla administratoriem piedāvā ļoti plašu iespēju klāstu. Pētījuma ietvaros tiek konfigurētas tādas iespējas kā bezvadu tīkls, tīkla tilti (angļu – *bridge*), VLAN tehnoloģija, DHCP serveris, ugunsbūris, vairāki datu pārraides protokoli un citas.

3.1.3. MikroTik 951G-2HnD maršrutētājs

Pētījumā tiek izmantoti trīs attēlā 3.1.3.1. redzami maršrutētāji/piekļuves punkti, lai nodrošinātu IP televīzijas pārraidi bezvadu tīklā. Viens no tiem konfigurēts kā *Master*, kas saņem televīzijas datu plūsmu no ārpusē un pārraida to uz atlikušajiem diviem, kas konfigurēti *Slave* režīmā. Tas nozīmē, ka tie šo datu plūsmu bezvadu tīklā uztver un tālāk pārraida uz televīzijas iekārtām.



3.1.3.1. att. MikroTik 951G-2HnD maršrutētājs

Šim maršrutētājam ir 5x LAN pieslēgvietas un iespēja izveidot arī bezvadu tīklu. Darba ietvaros *Master* režīmā konfigurētais maršrutētājs datu plūsmu no ārpusē saņem 1. pieslēgvietā, bet tālāk pārsūta bezvadu tīklā, savukārt *Slave* režīmā konfigurētie maršrutētāji datu plūsmu uztver bezvadu tīklā un pārsūta tālāk uz televīzijas iekārtu pa 1. pieslēgvietu.

Līdzīgi kā MikroTik RB2011UiAS maršrutētājā, arī šajā iekārtā instalēta RouterOS operētājsistēma, kas nodrošina aptuveni tās pašas iespējas.

3.1.4. Lattelecom IPTV dekoderis

Lai nodrošinātu uzņēmuma Lattelecom piedāvātās Interaktīvās televīzijas skatīšanos uz 2 televizoriem, tiek izmantoti 2 Motorola dekoderi (attēlā 3.1.4.1.). Tie veic saņemtās datu plūsmas dekodēšanu no speciāla formāta un parādīšanu uz pieslēgta televizora.



3.1.4.1. att. Motorola VIP1003 dekoderis

Pētījuma ietvaros nodaļā 4.8. tiek pārbaudīta arī to spēja bezvadu tīklā veikt dekoderim nepieciešamās programmatūras ielādi. Programmatūra nepieciešama, lai nodrošinātu Interaktīvajai televīzijai paredzēto saskarni, kā arī apmainītos ar informāciju par lietotāja veiktajām darbībām un saņemtu atpakaļ kanālu datu plūsmu. Tās ielāde tiek veikta katru reizi, kad dekoderis pārstartējas, piemēram, strāvas pārrāvuma gadījumā.

3.1.5. ZyXEL NAS atmiņas iekārta

Attēlā 3.1.5.1. redzama tīkla atmiņas iekārta, kas šī pētījuma ietvaros pieslēgta datu tīklam, lai paralēli televīzijai pārraidītu arī citu video plūsmu, piemēram, saglabātus koncertierakstus vai multfilmās, un pārbaudītu, vai datu plūsmas savā starpā nekonfliktē.



3.1.5.1. att. ZyXEL NAS atmiņas iekārta

Ierīce sastāv no diviem cietajiem diskiem (HDD), kas savstarpēji saslēgti RAID režīmā un informāciju viens no otra dublē. Tai ir viena GigabitEthernet pieslēgvietā.

3.1.6. WD HD TV

Šī multivides failu atskaņošanas ierīce (attēlā 3.1.6.1.) izmantota, lai uz televizora atskaņotu ZyXEL NAS iekārtā saglabātos multivides failus. Tā atpazīst plašu failu formātu klāstu un nodrošina ērtu lietošanas vides saskarni.



3.1.6.1. att. WD HD TV – multivides failu atskaņotājs

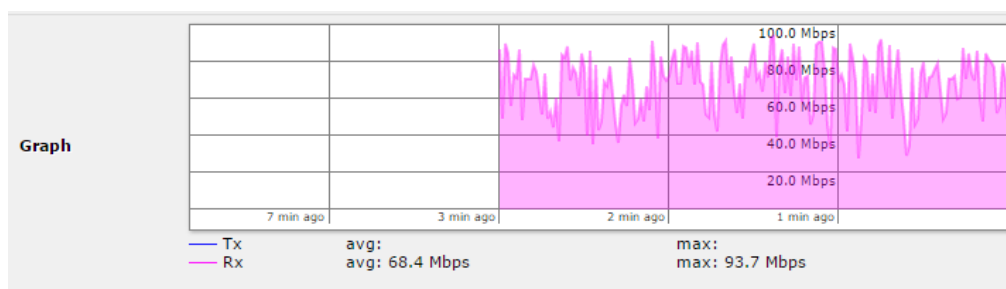
Pētījumā ierīce tiek izmantota lokāli esošu video datu plūsmas pārraides pārbaudei paralēli IP televīzijai.

3.2. Maršrutētājos iebūvēti rīki

MikroTik maršrutētājos ir iebūvēti daudzi noderīgi rīki tīkla datu plūsmas pārraudzībai, un vairāki no tiem izvēlēti izmantošanai arī šajā pētījumā, jo sniedz šķietami tiešu un precīzu informāciju, kā to redz pati ierīce.

3.2.1. Bandwith Test

Attēlā 3.2.1.1. redzamais rīks ir iebūvēts maršrutētāju RouterOS operētājsistēmā. Ar tā palīdzību iespējams izsaukt nepārtrauktu datu plūsmas pārraidi uz ierīci, kuras IP adresi var norādīt ievades lauciņā, kā arī redzēt šīs datu plūsmas pārraides ātrumu.



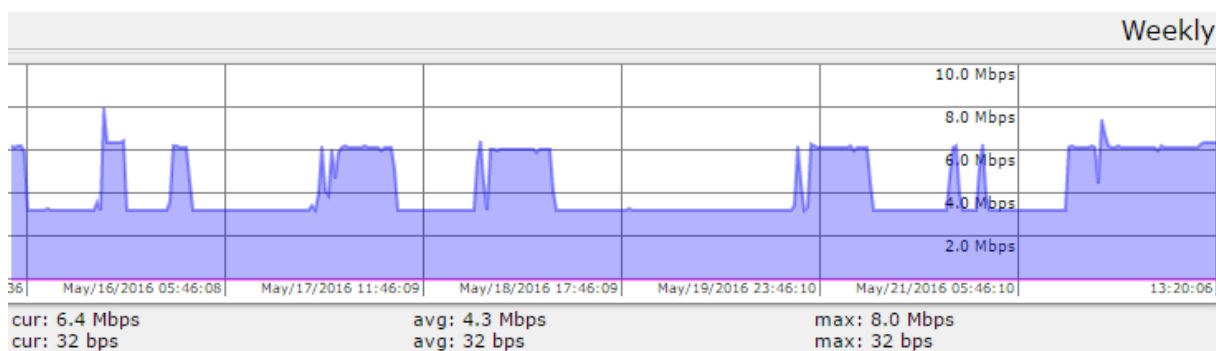
3.2.1.1. att. Bandwith Test – rīks darbībā

Rīks zīmē grafiku ar datu plūsmas ātrumu un ļauj izvēlētajā laika posmā novērot gan ātruma kāpumus, gan kritumus. Ir iespēja izvēlēties starp diviem datu pārraides protokoliem – TCP vai UDP - un norādīt, vai datus tikai saņemt, vai arī sūtīt.

Darba ietvaros testēts, kāds ir datu plūsmas ātrums starp ierīcēm un to pieslēgvietām, lai saprastu, vai kādā ķēdes posmā nav nepietiekama caurlaidība un vai konfigurācijā tādējādi nav kāda kļūda.

3.2.2. Graphing

Grafiku veidošanas rīks “Graphing” (attēlā 3.2.2.1.) veic datu plūsmas mērījumus lietotāja norādītām ierīces pieslēgvietām (arī virtuālajām, piemēram, VLAN) un zīmē detalizētus grafikus. Mērījumi tiek izpildīti pēc izvēles reizi 5 minūtēs, stundā vai diennaktī.



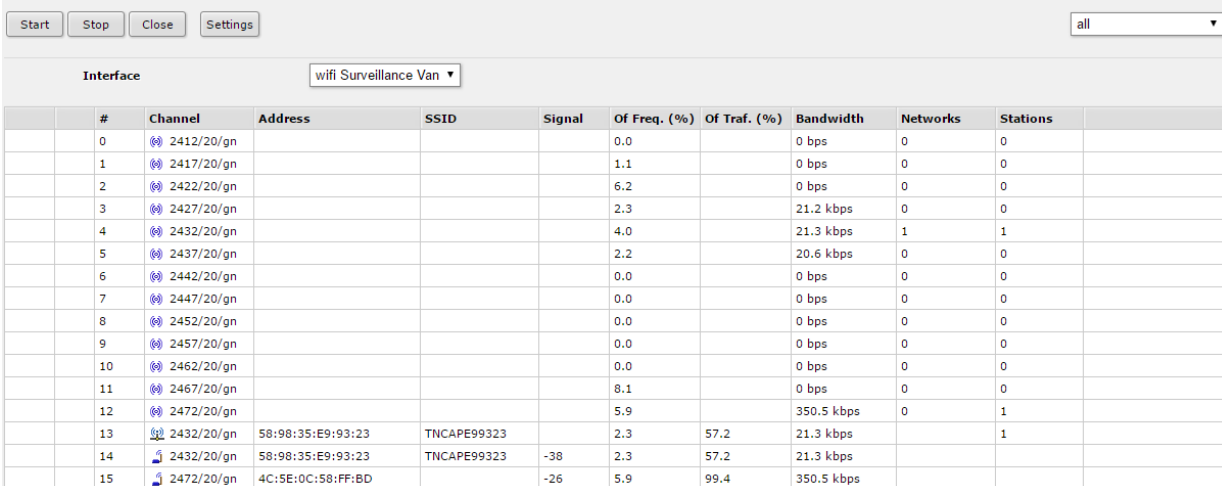
3.2.2.1. att. Graphing – rīks darbībā

Grafiki tiek zīmēti dažādiem laika posmiem, piemēram, diennaktij, nedēļai, mēnesim un gadam. Rīkā iespējams norādīt, lai tiktu mērīti arī patērētie atmiņas, procesora un cietā diska resursi.

Pētījumā iestatīts, lai grafiki tiktu zīmēti ilgākam laika periodam, un novērots, vai laika gaitā ir bijušas kādas uzskatāmas televīzijas plūsmas izmaiņas.

3.2.3. Wireless Snooper

Ar attēlā 3.2.3.1. redzamo rīku darba autors pētīja bezvadu tīkla frekvenču noslogotību, lai atrastu labākos frekvenču kanālus nepieciešamajām datu plūsmām.



#	Channel	Address	SSID	Signal	Of Freq. (%)	Of Traf. (%)	Bandwidth	Networks	Stations
0	2412/20/gn				0.0		0 bps	0	0
1	2417/20/gn				1.1		0 bps	0	0
2	2422/20/gn				6.2		0 bps	0	0
3	2427/20/gn				2.3		21.2 kbps	0	0
4	2432/20/gn				4.0		21.3 kbps	1	1
5	2437/20/gn				2.2		20.6 kbps	0	0
6	2442/20/gn				0.0		0 bps	0	0
7	2447/20/gn				0.0		0 bps	0	0
8	2452/20/gn				0.0		0 bps	0	0
9	2457/20/gn				0.0		0 bps	0	0
10	2462/20/gn				0.0		0 bps	0	0
11	2467/20/gn				8.1		0 bps	0	0
12	2472/20/gn				5.9		350.5 kbps	0	1
13	2432/20/gn	58:98:35:E9:93:23	TNCAPE99323		2.3	57.2	21.3 kbps		1
14	2432/20/gn	58:98:35:E9:93:23	TNCAPE99323	-38	2.3	57.2	21.3 kbps		
15	2472/20/gn	4C:5E:10C:58:FF:BD		-26	5.9	99.4	350.5 kbps		

3.2.3.1. att. Wireless Snooper – rīks darbībā

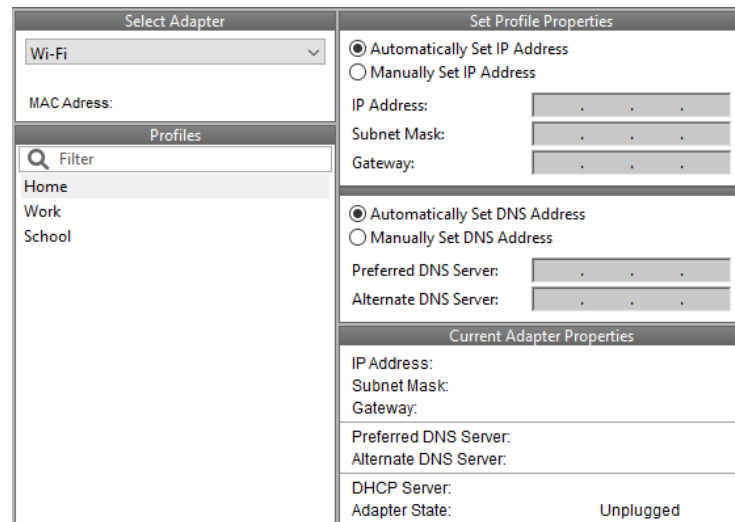
Rīka pluss ir iespēja redzēt arī IPTV pārraidei izmantotās frekvences noslogotību, jo, kā aprakstīts nodaļā 4.4., autors IPTV pārraidei izvēlējies specifisku pārraides protokolu, kas neietilpst pie ierastā Wi-Fi 802.11 protokola un kuru tādējādi daudzas ierīces, tai skaitā programmatūra datorā, neuzrāda.

3.3. Papildu programmatūra datorā

Šeit uzskaitītas tās programmas un lietotnes, kas izmantotas gan maršrutētāju un tīkla iestatījumu konfigurēšanai, gan tīkla datu plūsmas pārraudzībai un nav iekļautas pašās iekārtās vai arī nepieciešamas, lai iegūtu informāciju tieši ārpus tīkla ierīcēm.

3.3.1. Iekšējās IP nomaiņas programma

Tīkla veidošanas procesā, pieslēdzoties pie maršrutētājiem un pieslēgvietām ar atšķirīgu konfigurāciju, kur var nebūt ieslēgts DHCP serveris, kas automātiski piešķirtu vajadzīgo IP adresi, darba autors izmantoja attēlā 3.3.1.1. redzamo programmu, lai vajadzīgos iestatījumus uzliktu manuāli.

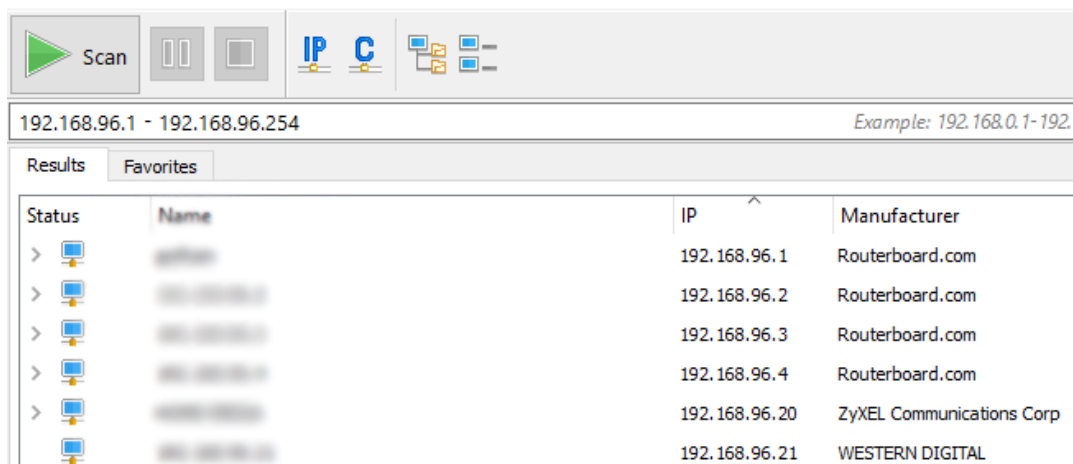


3.3.1.1. att. Simple IP Config – programma darbībā

Ar šīs programmas palīdzību varēja arī izvēlēties izmantojamo tīkla adapteri, piemēram, Ethernet pieslēgvietai vai bezvadu tīklam. Programma izmantota, jo Windows operētājsistēmā iebūvētie rīki ir grūtāk pieejami, un tiem nepieciešams izdarīt vairāk darbību.

3.3.2. Advanced IP Scanner programma

Esošajā brīdī sakonfigurētā tīkla un tam pieslēgto un uztveramo ierīču pārskatam autors izmantoja attēlā 3.3.2.1. redzamo programmu. Caur to ir iespējams norādīt tīkla apgabalu, kuru pārbaudīt, un rezultātā programma parāda visas ierīces, kuras izvēlētajā apgabalā ir uztveramas.

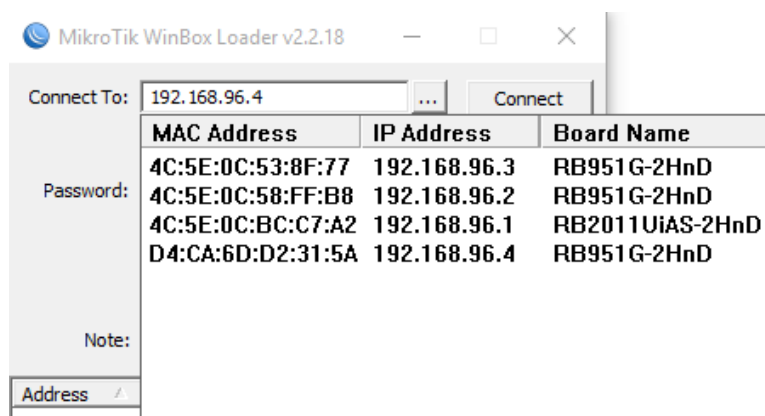


3.3.2.1. att. Advanced IP Scanner – programma darbībā

Šī programma tīkla izveidē ļāva ātri noskaidrot, kāda ir tīkla redzamība ar izveidoto konfigurāciju, un veikli reaģēt uz izmaiņām. Tas bija ļoti būtiski brīdī, kad caur vairākiem maršrutētājiem tika konfigurēti virtuālie tīkli jeb VLAN tīkli un tīkla tilti (angļu – *bridge*).

3.3.3. WinBox

MikroTik maršrutētāju konfigurēšanai ir pieejams arī rīks, kas nav bāzēts uz tīmekļa saskarni, - WinBox (attēlā 3.3.3.1.). Tā priekšrocības pret tīmekļa saskarni ir iespēja aplūkot sarakstu ar MikroTik ierīcēm, kas ir redzamas tīklā, pie kura pieslēgts dators, caur kuru palaista programma. Tāpat caur šo rīku pie MikroTik ierīces iespējams pieslēgties, izmantojot ierīces MAC adresi. Šāda iespēja noderīga brīžos, kad maršrutētāja pieslēgvietai nav uzlikta noteikta IP adrese, ar ko darba autors pētījumā saskārās bieži.

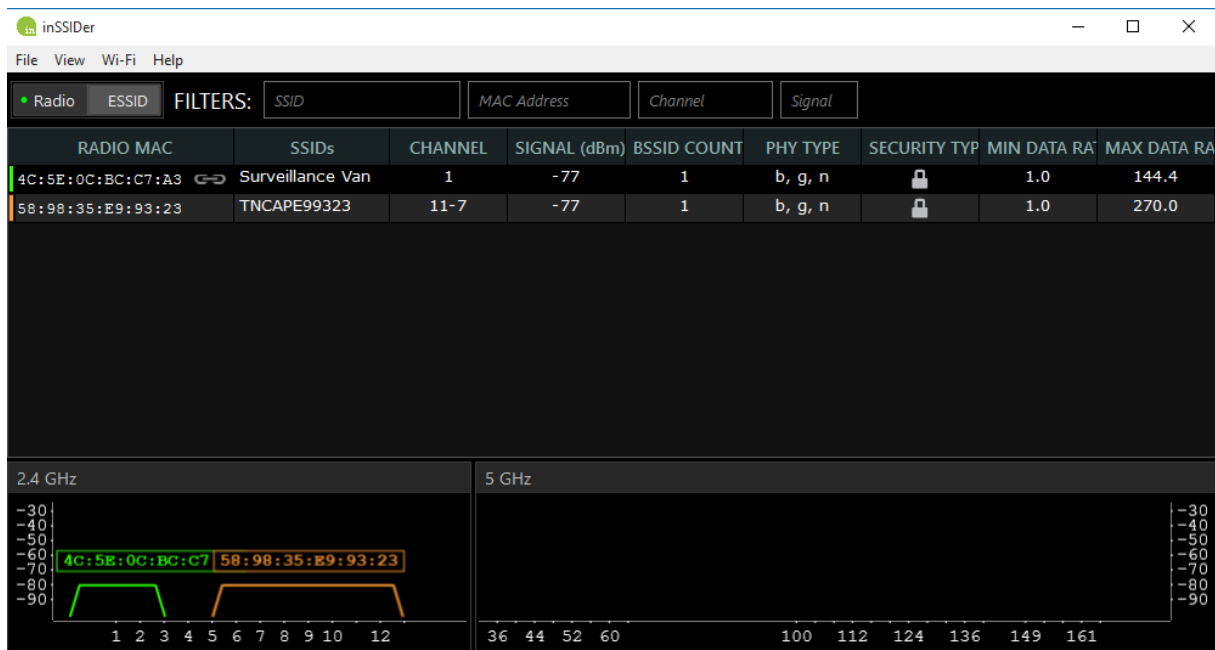


3.3.3.1. att. WinBox – programma darbībā

Caur šo programmu pieejamā saskarne ierīces konfigurēšanai iespēju ziņā ir gandrīz identiska ar to, kāda tā ir, skatot caur pārlūkprogrammu.

3.3.4. inSSIDer

Pārbaudot bezvadu tīkla savienojumu un tā uztveramību, darba autors izmantoja attēlā 3.3.4.1. redzam inSSIDer programmu. Tā parāda ierīces tīkla adaptera uztveršanas zonā redzamos bezvadu tīklus, kā arī to stiprumu.



3.3.4.1. att. inSSIDer – programma darbībā

Noderīga ir iespēja redzēt, kuras bezvadu tīkla frekvences ir visnoslogotākās, tādējādi datu pārraidei ļaujot izvēlēties mazāk noslogoto. Konstatējot noslogotu bezvadu savienojuma frekvenci, programma pati iesaka brīvāko kanālu.

4. DATORTĪKLA REALIZĀCIJA

Šajā nodaļā aprakstīta realizācija datortīklam, kurā bezvadu vidē notiek gan parastu datu, gan IP televīzijas pārraide starp vairākiem maršrutētājiem. Tiek apskatīti soļi tā izveidē, veicot pakāpenisku tīkla apaudzēšanu ar aizvien sarežģītāku konfigurāciju. Apskatīti arī izveidotā tīkla blakusefekti, un pārdomāti risinājumi to izraisītajām problēmām.

4.1. Iekārtu sagatavošana darbam

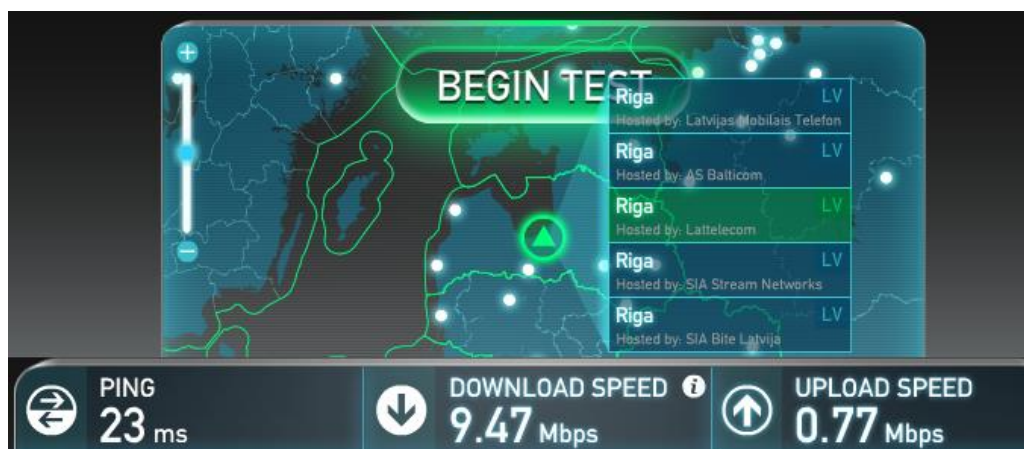
Pirms jauna tīkla izveides un konfigurāciju veikšanas visām tīklā iekļautajām iekārtām veikta esošās konfigurācijas atiestatīšana uz ražotāja ieviestajiem noklusējuma iestatījumiem. Maršrutētājiem veikta programmatūras atjaunošana uz jaunākajām pieejamajām versijām. MikroTik maršrutētājos papildu veikta programmatūrā pēc noklusējuma iekļauto pakotņu atjaunošana uz to jaunākajām versijām.

4.2. IPS piedāvātā pakalpojuma ātruma mērījumi

Lai turpmāk tīkla veidošanas procesā varētu konstatēt ātruma zudumus un iespējami nepareizu konfigurāciju, vispirms tiek mērīts reālais iespējamais datu pārraides ātrums īsākajā tīkla ķēdes posmā, tīklā atstājot tikai no IPS saņemto modemu un pie tā pievienotu datoru, caur kuru modemam pieslēgties, lai izpildītu mērījumus. Papildu izslēgts modemā iebūvētais bezvadu piekļuves punkts (angļu – *access point*), kā arī izslēgtas citas tīkla ierīces.

Pieslēdzot datoru pie modema pirmās LAN pieslēgvietas, tā iegūstot datorā iekšējā tīkla IP adresi, un pārraidot tikai datus, kas nav saistīti ar IP televīziju, iegūts augšupielādes un lejupielādes ātrums, kas turpmākajam darbam pieņemts par maksimāli iespējamo IPS piedāvātajā pakalpojumā (attēlā 4.2.1.). Tā kā IPS piedāvātajā modemā nav iebūvētu rīku šādu mērījumu veikšanai, tie izpildīti, ar datoru pieslēdzoties mājaslapai *speedtest.net* un tajā izvēloties piemērotāko serveri, ar kuru veikt datu apmaiņu, - uzņēmuma *Lattelecom* serveri.

Mērījumi veikti darbadienā ap plkst. 12:00, un, pēc darba autora domām, šajā laikā tīklam nevajadzētu būt noslogotam. Tie izpildīti trīs reizes pēc kārtas, un visās reizēs sniedza gandrīz identiskus datus.



4.2.1. att. Datu pārraides mērījumi ar speedtest.net rīku

Nākamie mērījumi veikti, modemam jau vienlaicīgi pieslēdzot gan vienu datoru, gan vienu TV dekoderi ar nodomu konstatēt viena IP televīzijas kanāla pārraidei nepieciešamo ātrumu. Dekoderis savienots ar modema otro LAN pieslēgvietu, kas speciāli konfigurēta IPTV pakalpojumam. Vispirms tiek veikta dekoderī nepieciešamās programmatūras ielāde, kas norit veiksmīgi. Iegūtie rezultāti no pēc tam veiktās televīzijas kanāla apskates redzami attēlā 4.2.2. Arī šeit mērījumi veikti trīs reizes pēc kārtas, sniedzot gandrīz identiskus rezultātus.

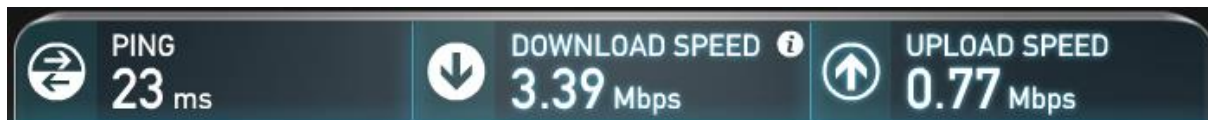


4.2.2. att. IPTV pārraides mērījumi ar speedtest.net rīku

Programmas “ping” ehotesta, kā arī augšupielādes ātrums nav mainījies, bet ir ievērojami samazinājies datu lejupielādes ātrums. Salīdzinot to ar attēlā 4.2.1. redzamo ātrumu, izdarāmi secinājumi, ka viena IPTV kanāla pārraide izmanto aptuveni 3,18 Mb/s. Salīdzinot to ar vairākos resursos [15, 16] pieejamo informāciju, noskaidrots, ka augstas kvalitātes jeb *High Definition* (HD) videostraumes pārraide tiešām izmanto no 3,2 līdz 3,5 Mb/s, kas tālāk atkarīgs no veida, kā datu plūsma tiek “saspiesta”.

Līdzīgi mērījumi veikti, pie Technicolor modema 3. pieslēgvietas pieslēdzot vēl vienu IPTV dekoderi. Arī šī pieslēgvietā speciāli paredzēta televīzijas pārraidei un nav

citādi konfigurējama. Veicot *speedtest.net* mērījumus trīs reizes pēc kārtas, iegūti attēlā 4.2.3. redzami rezultāti.



4.2.3. att. Divu IPTV kanālu pārraides mērījumi ar speedtest.net rīku

Lejupielādes ātrums paredzēti samazinājies par apmēram 3 Mb/s. Tomēr šajos skaitļos novērojamas izmaiņas, abos televizoros pārslēdzot kanālus. Pētījumā konstatēts, ka lejupielādes ātrums samazinās tikai par vienu HD kvalitātes videostraumei nepieciešamo datu apjomu sekundē, ja abos dekoderos izvēlēts viens un tas pats kanāls. Balstoties uz [3] resursā pieejamo informāciju, šādas izmaiņas novērojamas, jo IPTV pārraidei tiek izmantots *IP multicasting* paņēmieni, kurā no servera vienam kanālam dati tiek izsūtīti tikai vienu reizi, bet pavairoti tiek ceļā, nonākot pie visiem klientiem, kas kanālu skatās. No tā var secināt, ka tīkla noslodze, skatot vienu un to pašu kanālu, ievērojami samazinās, turklāt darba autors pārliecinājās, ka uz abiem televizoriem kanāls tiek atskaņots vienlaicīgi bez pamanāmas aiztures.

Iegūto rezultātu kopskats redzams tabulā 4.2.1.

4.2.1. tabula

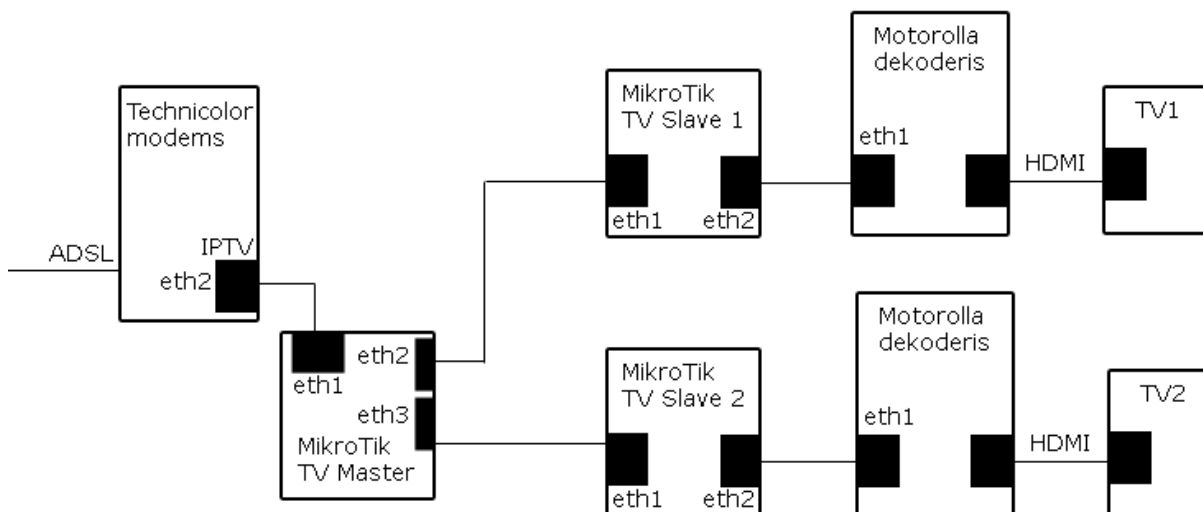
Iegūto mērījumu rezultātu kopskats

Datu lejupielādes veids	Maksimālais pārraides ātrums
Bez IPTV plūsmas	9.47 Mb/s
Ar vienu IPTV kanālu	6.29 Mb/s
Ar diviem dažādiem IPTV kanāliem	3.39 Mb/s
Ar diviem vienādiem IPTV kanāliem	6.29 Mb/s

4.3. IP televīzijas pārraide caur MikroTik maršrutētājiem vadu tīklā

Pirms IP televīzijas bezvadu pārraides ieviešanas tiks izveidots tīkls, kurā dati tiek pārraidīti caur MikroTik maršrutētājiem tikai vadu tīklā, lai pārliecinātos, ka šāda pārraide ir iespējama un nerada neparedzētus blakusefektus. Iepriekšējā nodaļā aprakstītais tīkls tiek papildināts ar trim MikroTik maršrutētājiem, no kuriem viens saņem televīzijas datus

no Technicolor modema un pārraida tālāk uz abiem pārējiem MikroTik maršrutētājiem, kas savukārt pieslēgti pie televīzijas dekoderiem. Tīkla shēma parādīta attēlā 4.3.1.



4.3.1. att. Vadu tīkla topoloģijas shēma ar trīs MikroTik maršrutētājiem

Lai paralēli televīzijas plūsmai pie maršrutētājiem varētu pieslēgt arī datoru ierīces konfigurēšanai un datu plūsmas analizēšanai, atsevišķa pieslēgvietā katram maršrutētāja m nodalīta no IPTV tīkla un ar DHCP serveri izdala IP adresi.

Vispirms tīkla shēmā klāt pievienots tikai viens maršrutētājs, un ar to pārbaudīta iespēja pārraidīt televīziju uz diviem televizoriem, izmantojot tikai vienu Technicolor modema pieslēgvietu. Maršrutētāja izmantošanas iemesls tīkla shēmā ir Technicolor modema ierobežotās konfigurācijas iespējas, kas nozīmē, ka nepieciešama sarežģītāka iekārta. Teorētiski varētu izmantot divas modema pieslēgvietas, katru no tām savienojot ar citu MikroTik maršrutētāja pieslēgvietu, tomēr autors vēlas izmantot pēc iespējas mazāk vadu savienojumu.

Slēguma rezultāti redzami attēlā 4.3.2.

	Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)
R	data bridge	Bridge	1598	65.8 kbps	3.1 kbps	7	6
R	tv bridge	Bridge	1598	336 bps	6.4 Mbps	1	621
RS	eth1 - gateway to LTC	Ethernet	1598	520 bps	6.6 Mbps	1	627
RS	eth2 - TV1	Ethernet	1598	6.6 Mbps	0 bps	627	0
RS	eth3 - TV2	Ethernet	1598	6.6 Mbps	0 bps	627	0
RS	eth4 - PC	Ethernet	1598	66.5 kbps	1976 bps	8	3
XS	eth5 - slave	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0
XS	wireless	Wireless...	2290	0 bps	0 bps	0	0

4.3.2. att. Divu IPTV kanālu pārraide caur vienu MikroTik maršrutētāju

“TV Master” maršrutētājs pie Technicolor modema 2. pieslēgvietas tiek pieslēgts caur 1. pieslēgvietu, savukārt abi televīzijas dekoderi pievienoti pie attiecīgi 2. un 3.

pieslēgvietas. Rezultāti, kas skatāmi attēlā 4.3.2., liecina, ka šāds savienojums ir iespējams un funkcionē, kas novērojams arī abos televizoros.

Tabulā redzami divi tilti, kas veidoti attiecīgi datu un televīzijas tīklam. Pie datu tilta pievienota tikai 4. pieslēgvietā datora savienojumam.

Izveidotās konfigurācijas novērojamais mīnuss ir fakts, ka uz katru no dekoderiem tiek pārraidīti (angļu – *transmit* jeb Tx) abi kanāli, nevis viens pieprasītais. Tabulā par to liecina datu apjoms – 6.6 Mbps. Tomēr svarīgs ir fakts, ka savienojumi funkcionē, un šajā brīdī autors vēl nezina, kā to labot, jo, datiem nākot no vienas Technicolor modema pieslēgvietas un plūstot caur *Layer 2* tiltu, abus kanālus nodalīt šķietami nav iespējams.

Nākamais solis ir tīklam pievienot vēl divus MikroTik maršrutētājus, kas datu plūsmu saņem no iepriekš pievienotā “TV Master” maršrutētāja. Iemesls divu papildu maršrutētāju ieviešanai ir tas, ka televizorus ar dekoderiem paredzēts novietot dažādās telpās atšķirīgos ēkas stāvos, tādējādi viens maršrutētājs nepieciešams pie katra no tiem.

Pašreizējā vadu tīklā viens no tiem pieslēgts pie “TV Master” maršrutētāja 2. pieslēgvietas, bet otrs – pie 3. pieslēgvietas. Gan “TV Slave 1”, gan “TV Slave 2” maršrutētājā realizēta konfigurācija, kurā datu plūsma no “TV Master” tiek saņemta 1. pieslēgvietā, bet caur 2. pieslēgvietu pārraidīta uz televizora dekoderi, jo gan viena, gan otra pieslēgvietā pievienota vienam tiltam. Datu pārraides rezultāts “TV Slave 1” skatāms attēlā 4.3.3.

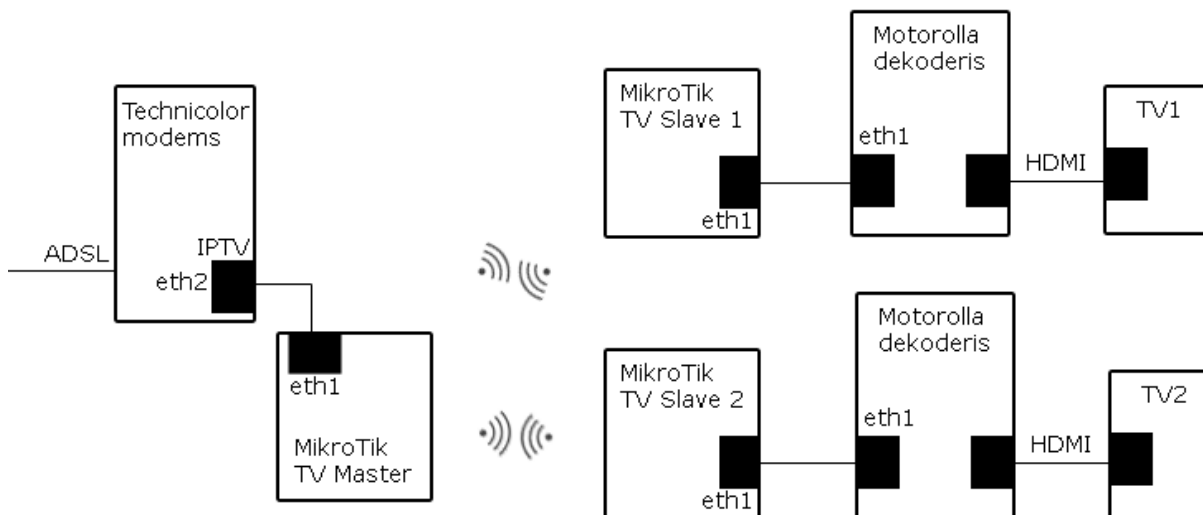
	Name	Type	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)
R	data bridge	Bridge	1598	63.6 kbps	1160 bps	6	2
R	tv bridge	Bridge	1598	0 bps	6.2 Mbps	0	596
RS	eth1 - AP TV Master	Ethernet	1598	0 bps	6.1 Mbps	0	582
RS	eth2 - TV	Ethernet	1598	6.1 Mbps	0 bps	583	0
RS	eth3 - PC	Ethernet	1598	65.3 kbps	1448 bps	8	2
XS	eth4 - slave	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0
XS	eth5 - slave	Ethernet	1598	0 bps	0 bps	0	0
XS	wireless	Wireless ...	2290	0 bps	0 bps	0	0

4.3.3. att. IPTV plūsmas pārraide caur “TV Slave 1”

No attēla 4.3.3. redzams, ka maršrutētājs saņem informāciju no “TV Master” par abiem kanāliem un tālāk caur 2. pieslēgvietu pārraida uz dekoderi, kas pieslēgts vienam televizoram. Tā kā abos televizoros ir skatāmi kanāli, secināms, ka IPTV pārraide caur vairākiem papildu maršrutētājiem strādā un ir izmantojama tālāk.

4.4. IP televīzijas pārraide caur MikroTik maršrutētājiem bezvadu tīklā

Lai televizorus ar tiem pievienotajiem maršrutētājiem varētu pārvietot uz citām telpām, nākamais solis ir starp MikroTik maršrutētājiem nodibināt bezvadu savienojumu. Attēlā 4.4.1. parādīta tīkla shēma izveidojamajam savienojumam starp ierīcēm.



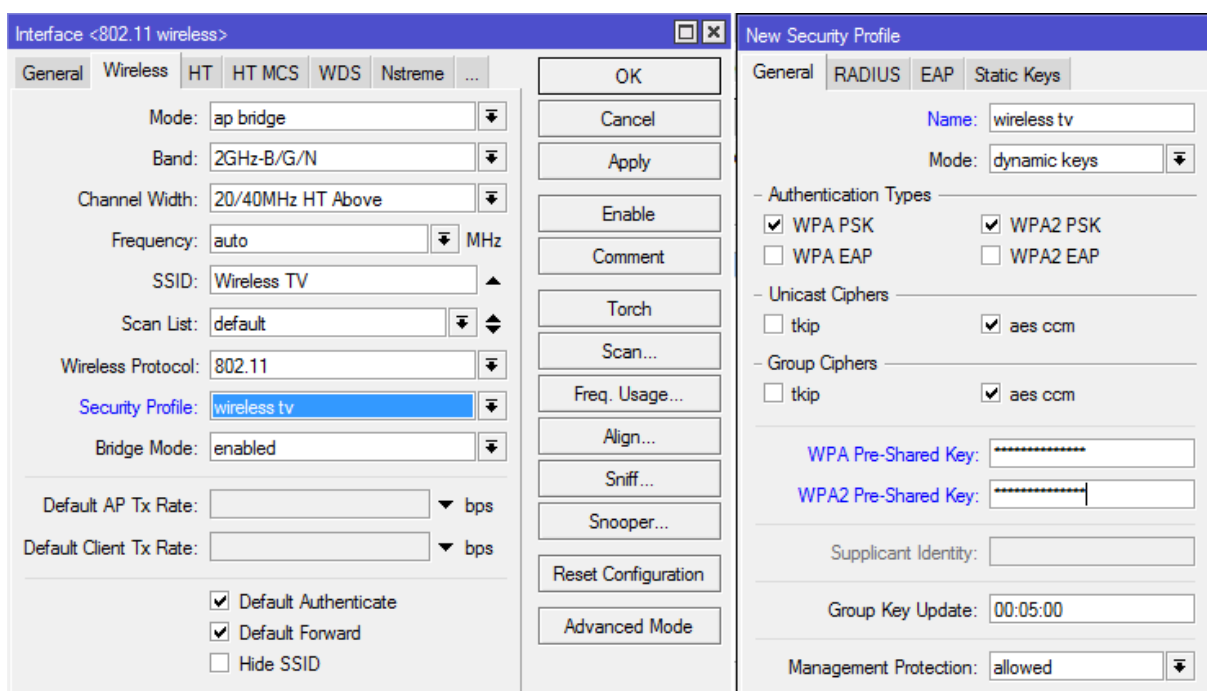
4.4.1. att. Bezvadu tīkla topoloģijas shēma ar trīs MikroTik maršrutētājiem

Pēc shēmas redzams, ka atšķirība starp shēmu 4.3. nodaļā ir tikai bezvadu savienojumā starp MikroTik ierīcēm. Papildu tam ir izslēgtas iepriekš izmantotās Ethernet pieslēgvietas, kas ar vadiem šos maršrutētājus savienoja. Pieslēgvietas, no kurām televīzija tika pārraidīta uz dekoderiem, saprotamības labad no 2. pārkonfigurētas uz 1.

Visbeidzot, visos trīs maršrutētājos ieslēgts bezvadu piekļuves punkts, kas pievienots televīzijas datu pārraides tiltam. Lai izveidot pareizu bezvadu konfigurāciju būtu vienkāršāk, vispirms bezvadu savienojumam tiek pievienots tikai viens dekodera MikroTik maršrutētājs.

Pēc informācijas avotā [17] tiek saprasts, ka “TV Master” maršrutētājam bezvadu konfigurācijā pie režīma (angļu – *mode*) jāizvēlas “ap bridge”, savukārt pie dekodera pieslēgtajam uztverošajam maršrutētājam – “station bridge”. Papildu tam abām ierīcēm jāizveido vienāds bezvadu drošības profils un jānorāda vienāds SSID nosaukums, kas, kā liecina avots [18], ir nepieciešams, lai ierīces pašas savā starpā varētu nodibināt bezvadu savienojumu.

Bezvadu tīkla konfigurācija redzama attēlā 4.4.2.



4.4.2. att. “AP TV Master” bezvadu savienojuma konfigurācija

Pirmās pazīmes liecina, ka abiem maršrutētājiem bezvadu savienojumu nodibināt izdevies, jo pēc konfigurācijas apstiprināšanas “TV Slave 1” maršrutētājā vispirms parādās teksts, ka tiek meklēta otra ierīce, bet pēc tam – apstiprinājums, ka savienojums ir izveidots. Tomēr paiet 5 minūtes, bet televizoros kanāli vēl netiek rādīti. Pašos maršrutētājos pie pieslēgvietās notiekošajām datu plūsmām redzams, ka dažī desmiti Kb/s tiek pārraidīti, bet nekas vairāk.

Tiek izmēģināti vairāki konfigurācijas varianti, tai skaitā frekvences maiņa, kas tomēr problēmu neatrisina. Tikai vienam no maršrutētājiem nomainot kanālu (angļu – *band*) no “2GHz-B/G/N” uz “2GHz-only-N”, pēc laba brīža televizorā kanāls sāk pārraidi. Attiecīgi arī otram maršrutētājam izvēlēts tas pats iestatījums. Tomēr, lai arī IPTV pārraide notiek, novērojama ļoti liela tās raustīšanās līdz tādām efektam, ka tā nav skatāma.

Tā kā šķietami vienīgā vieta, kur meklēt problēmas cēloni, ir bezvadu tīkla konfigurācija, tiek testēti vēl citi parametri, piemēram, kanāla platums, nomainot to no “20/40MHz HT Above” uz “20/40MHz HT Below”, kā arī izvēloties citu frekvenci. Tomēr šīs izmaiņas nepalīdz. Mēģināts pamainīt arī *data rate* parametru, eksperimentējot ar dažādām vērtībām.

Labākais variants, kuru izdodas atrast, redzams attēlā 4.4.3. Pilnībā raustīšanās nepazūd, tomēr tā novērojama jau nedaudz retāk. Salīdzinot ar noklusēto konfigurāciju,

izmaiņas veiktas pie “Basic Rates A/G”, izņemot ārā zemākos rādītājus un atstājot tikai 18Mbps. Tas pats izdarīts arī pie “Supported Rates A/G”.

Section	Rate	Checked
Rate	default	<input type="radio"/>
	configured	<input checked="" type="radio"/>
Supported Rates B	1Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	2Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	5.5Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	11Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
Supported Rates A/G	6Mbps	<input type="checkbox"/>
	9Mbps	<input type="checkbox"/>
	12Mbps	<input type="checkbox"/>
	18Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	24Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	36Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	48Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	54Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
Basic Rates B	1Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	2Mbps	<input type="checkbox"/>
	5.5Mbps	<input type="checkbox"/>
	11Mbps	<input type="checkbox"/>
Basic Rates A/G	6Mbps	<input type="checkbox"/>
	9Mbps	<input type="checkbox"/>
	12Mbps	<input type="checkbox"/>
	18Mbps	<input checked="" type="checkbox"/>
	24Mbps	<input type="checkbox"/>
	36Mbps	<input type="checkbox"/>

4.4.3. att. “Data Rates” parametra konfigurācija

Kā secināts nodaļā 4.2., IPTV izmanto *IP multicasting* paņēmieni, tāpēc pamēģināts pielabot parametru “Multicast Helper”, tā vērtību no “default” nomainot uz “full”. Izmaiņas televīzijas pārraidē ir ļoti jūtamas, jo pāris stundu laikā raustīšanās vairs nav novērota. Atrast informāciju par to, kā tieši šis parametrs palīdz datu plūsmas pārraidē, darba autoram neizdevās.

Šādu konfigurāciju saglabājot ilgāku laiku, tomēr konstatēts, ka raustīšanās ir novērojama laikos, kad tīkls visticamāk ir noslogotāks, piemēram, vakaros. Tā vairs nav tik izteikta, kā sākumā, jo ilgst apmēram pussekundi un tad kādu laiku vairs nav manāma. Tomēr, skatoties televīziju ilgāk, arī šīs īsās raustīšanās reizes kļūst diezgan nepatīkamas, sevišķi pēc pāris dienām un nedēļām, kā arī izraisa īsu, bet nepatīkamu skaņas efektu, tāpēc darba autors meklē labāku risinājumu.

Meklējot informāciju par IPTV bezvadu pārraidi ar MikroTik maršrutētājiem, kādā forumā atrasts eksperiments, kurā autors mēģinājis to panākt, izmantojot MikroTik maršrutētājos iebūvētu nv2 protokolu. Izpētot informāciju par šo protokolu MikroTik mājaslapā [19], noskaidrots, ka tas darbojas pēc principa, ka katram no piekļuves punktiem, kas savienojies ar vienu galveno piekļuves punktu, izdala fiksētus laika periodus, kuros tas drīkst informāciju lejuplādēt un kuros – augšuplādēt. Augšupielādes laiks tiek sadalīts vēl sīkāk atsevišķi katram piekļuves punktam, ņemot vērā datu plūsmas apjomu, kādu tas vēlas pārraidīt. Arī jaunu piekļuves punktu reģistrēšanai tiek atvēlēts noteikts laika periods.

Salīdzinot ar 802.11 protokolu, nv2 protokolam ir arī vairāki trūkumi. Viens no tiem – protokols neizmanto CSMA tehnoloģiju, lai pārbaudītu tīkla aizņemtību, pirms tajā nosūta datu plūsmu, tāpēc tas nozīmē, ka tīkls ar nv2 protokolu var konfliktēt ar citiem tīkliem, kas izmanto to pašu frekvenci. Tā kā darba autora dzīvesvietas apkaimē ir tikai pāris kaimiņi, tā netiek uzskatīta par grūti pārvaramu problēmu. Turklāt ieguvumi ir visai lieli – protokols nesūta ACK datu paketes katram nosūtītajam *frame*, tādējādi ievērojami samazinot pārraidāmo datu plūsmu, turklāt tiek likvidēta problēma, kas tiek saukta par “hidden node problem” [20], kurā viens piekļuves punkts var neredzēt kādu tālāk esošu piekļuves punktu un uzskatīt, ka datus drīkst pārraidīt, jo bezvadu tīkla vide ir atbrīvota.

Izveidotā bezvadu tīkla konfigurācijā nomainot 802.11 protokolu uz nv2 protokolu, izmaiņas ir būtiskas un raustīšanās vairs netiek novērota teju nemaz. Atsevišķās reizēs tas vēl notiek, tomēr tik reti, ka vedina domāt, ka problēma drīzāk meklējama datu plūsmā, kas tajā brīdī nāk no pakalpojumu sniedzēja.

Shēma attēlā 4.4.1. izmēģināta, bezvadu tīklam pievienojot arī otru maršrutētāju ar dekoderi un televizoru, kā arī maršrutētāji novietoti tiem paredzētajās telpās lielākā attālumā vienam no otra. Izmaiņas atkarībā no šī attāluma nav novērotas, tādējādi pieņemts, ka šāda veida konfigurācija strādā.

4.5. Datu tīkla pievienošana televīzijas tīklam

Izveidotais tīkls pagaidām pārraida tikai televīziju un savienots ar Technicolor modema 2. IPTV pieslēgvietu. Ikdienā, izmantojot arī tīklu ar cita veida datiem un šī tīkla ierīces savienojot ar Technicolor modema 1. LAN pieslēgvietu, kas izdala iekšējā tīkla IP adreses, televīzijas tīklā notiekošā pārraudzīšana ir apgrūtināta, ja vien datoru pie televīzijas tīklā iekļautajiem maršrutētājiem nepieslēdz ar vada savienojumu. Vēlamais risinājums ir šādu informāciju spēt redzēt un varēt maršrutētājiem pieslēgties arī no datu tīkla, t.i., no tīkla, kas izveidots no Technicolor modema 1. pieslēgvietas. Lai to varētu izdarīt, tiks mēģināts izveidot divus atsevišķus VLAN tīklus un abus laist caur vienu MikroTik maršrutētāju, kuram kā nosaukums izvēlēts “Watchtower”. Tajā savukārt datu plūsma būs uzreiz apskatāma. Autora paredzētais risinājums parādīts attēlā 2.6.1.

Lai IPTV plūsma nekonfliktētu ar pārējo datu plūsmu, ieviesti divi tilti (angļu – *bridge*), no kuriem katrs pārraida cita veida plūsmu – vai nu televīziju, vai pārējos datus. Tā kā Technicolor modēmā iespējas veikt sarežģītāku konfigurāciju nav, risinājumā modems ar “Watchtower” maršrutētāju savienots ar diviem vadiem caur dažādām

pieslēgvietām, tādējādi “Watchtower” maršrutētājā ienākošie dati jau pienāk sadalītā veidā un ir viegli novirzāmi pa attiecīgajiem tiltiem.

Šeit televīzijas tiltam pieslēgta gan tā pieslēgvietā, kurā ienāk IPTV plūsma no Technicolor modema, gan tā pieslēgvietā, kas savienota ar “TV Master” maršrutētāju, kas televīziju jau tālāk pārraida bezvadu tīklā.

Praksē šāds tīkls izveidots, un secināts, ka tas strādā, kā iecerēts, turklāt “Watchtower” maršrutētājā ērti pārraugāma gan datu, gan televīzijas plūsma. Papildu tam šis maršrutētājs tiek izmantots, lai nodrošinātu parastu Wi-Fi tīklu, kuram pieslēgt citas bezvadu ierīces, kas arī ir iemesls šāda papildu maršrutētāja iekļaušanai shēmā.

Attēlā 4.5.2. redzama datu plūsma “Watchtower” maršrutētājā.

▲ Name	Type	Tx	Rx
↕ bridge Data	Bridge	249.6 kbps	9.9 kbps
↕ bridge IPTV	Bridge	0 bps	6.2 Mbps
↔ eth 1 - data from LTC [1]	Ethernet	3.4 kbps	4.6 kbps
↔ eth 9 - IPTV from LTC [2]	Ethernet	512 bps	6.3 Mbps
↔ eth `10 - VLAN trunk to "AP TV Master"	Ethernet	6.4 Mbps	1024 bps
↕ vlan Data	VLAN	0 bps	448 bps
↕ vlan IPTV	VLAN	6.3 Mbps	448 bps
↕ wifi Surveillance Van	Wireless	249.6 kbps	9.9 kbps

4.5.2. att. Datu plūsma vienā laika momentā “Watchtower” maršrutētājā

No Technicolor modema 2. pieslēgvietas 9. pieslēgvietā tiek saņemta IPTV plūsma par diviem TV kanāliem, par ko liecina datu apjoms “Rx jeb *read*: 6.3 Mbps”. Šī plūsma tālāk caur 10. pieslēgvietu tiek pārraidīta uz “TV Master” maršrutētāju (“Tx jeb *transmit*: 6.4 Mbps”). Tas pats novērojams arī pie “vlan IPTV” virtuālā tīkla, kurā ietilpst savienojums ar “TV Master” maršrutētāju. Paralēli televīzijai neliela datu plūsma novērojama arī datu tīklā, kur pie “wifi Surveillance Van” Wi-Fi tīkla pieslēgts dators.

Lai arī tīkls funkcionē, tomēr nodaļā 4.3. aprakstītā problēma, ka uz abiem izmantotajiem dekoderiem tiek sūtīta IPTV plūsma ar diviem TV kanāliem, nav zudusi.

4.6. 802.11 un nv2 protokolu konfliktēšana

Nodaļā 4.5. aprakstīts datortīkls, kurā caur maršrutētāju ar nosaukumu “Watchtower” plūst gan IPTV, gan citu datu plūsma. Papildu tam “Watchtower”

maršrutētājs veic arī piekļuves punkta funkciju, veidojot Wi-Fi tīklu, kas izmanto 802.11 protokolu, savukārt pārējie trīs MikroTik maršrutētāji televīzijas bezvadu pārraidei izmanto nodaļā 4.4. aprakstīto nv2 protokolu.

Praksē, vienlaicīgi strādājot abiem bezvadu tīkliem, konstatēts, ka bezvadu ierīču savienojums ar izveidoto Wi-Fi tīklu ir ļoti vājš un bieži pazūd vispār. Papildu tam novērots, ka bezvadu ierīcēs redzamais apkārtnē pieejamo Wi-Fi piekļuves punktu saraksts ir daudz īsāks, nekā tam vajadzētu būt. Tā kā nav ticams, ka visi kaimiņu tīkli varētu būt tikuši reizē izslēgti, secināms, ka starp abiem bezvadu tīkla protokoliem rodas konflikts un notiek parastā datu tīkla slāpēšana.

Lai par to pārliecinātos, MikroTik maršrutētājos, kas piedalās IPTV bezvadu pārraidē, tīkla protokols no nv2 nomainīts atpakaļ no 802.11, ar kuru iepriekš konstatētas televīzijas pārraides problēmas. Rezultāti, kas mērīti ar inSSIDer programmu (aprakstīta nodaļā 3.3.4.), redzami attēlā 4.6.1.



4.6.1. att. Mērījumi ar “inSSIDer” programmu, izmantojot 802.11 protokolu

Izmantojot 802.11 protokolu, uztverti tiek 9 bezvadu tīkli, no kuriem divi ir autora veidoti – “Surveillance Van” paredzēts parasto datu tīklam, bet “Google Satellite” –

televīzijas plūsmas. Bezvadu pārraides protokolu nomainot atpakaļ uz nv2, redzamas lielas izmaiņas (attēls 4.6.2.).

RADIO MAC	SSIDs	CHANNEL
4C:5E:0C:BC:C7:A3	Surveillance Van	1
58:98:35:E9:93:23	TNCAPE99323	10

4.6.2. att. Mērījumi ar “inSSIDer” programmu, izmantojot nv2 protokolu

Sarakstā redzami tikai divi bezvadu tīkli, no kuriem tikai viens ir autora veidots. Otra autora veidotā tīkla “Google Satellite” nerādīšanās sarakstā ir saprotama, jo inSSIDer programma acīmredzot neatpazīst nv2 protokolu. Tomēr sarakstā nerādās vēl daudzi citi bezvadu tīkli.

Pētot nv2 protokola darbību, kas aprakstīta nodaļā 4.4., noskaidrots, ka tas ignorē 802.11 protokolā ietilpstošo CSMA mehānismu, kas pirms datu plūsmas pārraides vispirms pārliedz, vai vide, kurā dati tiktu sūtīti, jau nav aizņemta. Pēc tā izdarāmi secinājumi, ka konflikts vistīcāmāk meklējams tieši šeit. Lai mēģinātu to nedaudz mazināt, MikroTik maršrutētājos, kas veic televīzijas pārraidi bezvadu tīklā, pie bezvadu savienojuma konfigurācijā norādīts, lai tiktu izmantota cita frekvence, kas nesakristu ar to, kāda izvēlēta Wi-Fi tīklam. Eksperimentam Wi-Fi tīklam izvēlēts pats pirmais kanāls ar frekvenci 2412 MHz, savukārt nv2 protokols pārslēgts uz pēdējo Latvijā atļauto kanālu ar frekvenci 2472 MHz, tādējādi iespējami tālu no Wi-Fi tīkla frekvences. Arī attēlā 4.6.1. redzams, ka televīzijai izmantotais kanāls līdz šim nedaudz pārklājās ar Wi-Fi tīklam izmantoto kanālu (violetā līnija grafikā pārklāj ar zaļo līniju iezīmēto laukumu).

Ar inSSIDer rīku iegūtie rezultāti pēc frekvenču izmaiņām nav mainījušies. Mērījumi veikti arī ar MikroTik maršrutētājā iebūvēto rīku “Wireless Snooper” un redzami attēlā 4.6.3.

▲ Channel	Address	SSID	Signal	Of Freq. (%)
📶 2412/20/gn				2.1
📶 2412/20/gn	C4:E9:84:5F:DB:E3		-73	0.0
📶 2417/20/gn				0.0
📶 2422/20/gn				0.0
📶 2422/20/gn	F4:F2:6D:17:16:09		-58	0.0
📶 2427/20/gn				0.0
📶 2432/20/gn				0.1
📶 2437/20/gn				0.0
📶 2437/20/gn	BC:6E:64:B6:91:31		-78	0.0
📶 2442/20/gn				0.9
📶 2447/20/gn				10.6
📶 2452/20/gn				2.2
📶 2452/20/gn	58:98:35:E9:93:23	TNCAPE99323		1.1
📶 2452/20/gn	58:98:35:E9:93:23	TNCAPE99323	-39	1.1
📶 2457/20/gn				5.6
📶 2462/20/gn				0.0
📶 2467/20/gn				0.0
📶 2472/20/gn				17.1
📶 2472/20/gn	D4:CA:6D:D2:31:5B		-60	5.5
📶 2472/20/gn	4C:5E:0C:53:8F:7B		-35	5.6
📶 2472/20/gn	4C:5E:0C:58:FF:BD		-29	5.9

4.6.3. att. Mērījumi ar “Wireless Snooper” rīku

Tabulā redzams, ka procentuāli visnoslogotākais kanāls ir 13. ar frekvenci 2472, kurā tiek pārraidīta televīzija. Ar Wi-Fi tīklu, kas novietots 1. kanālā, tā vairs nepārklājas, tomēr arī šis rīks neuzrāda lielu daļu apkārtnē esošo bezvadu tīklu.

Pēc daudziem mēģinājumiem un dažādām konfigurācijas izmaiņām lielā bezcerībā nolemts pamēģināt abus maršrutētājus vienkārši novietot tālāk vienu no otra. Līdz šim attālums starp abiem bija apmēram 1.5 m, bet pēc pārvietošanas – apmēram 5 m. Iegūtie rādītāji ir uzlabojušies, kas secināms pēc tā, ka Wi-Fi tīkls ir kļuvis izmantojams un uztverams līdzšinējā attālumā. Sarakstā ar tuvumā pieejamajiem piekļuves punktiem izmaiņas gan tas nerada.

Internetā atrastā informācija [21, 22] liek domāt, ka nelielam attālumam starp divām bezvadu ierīcēm nav nozīmes, ja vien bezvadu tīkli, kādus tās veido, izmanto dažādus frekvenču kanālus, kas savā starpā nepārklājas, un atšķirīgus SSID. Tāpat arī ieteicams, ka tikai viens no bezvadu tīklu veidojošajiem maršrutētājiem nodrošina DHCP servera funkciju un NAT funkciju.

Pētījumā DHCP funkciju nodrošina tikai “Watchtower” maršrutētājs, kas IP adreses piešķir bezvadu ierīcēm, kas tam pieslēdzas, savukārt pārējie maršrutētāji darbojas tikai tīkla 2. slānī (angļu – *Layer 2*).

Tā kā izveidotajā tīklā pieminētie punkti ir ievēroti, darba autoram nav līdz galam skaidrs, kāpēc šeit attālumam ir nozīme Wi-Fi tīkla uztveršanā. Tomēr, redzot, ka nv2 protokola plūsma, kas neizmanto CSMA mehānismu, tik ļoti ietekmē citu bezvadu tīklu uztveramību, izdarāmi secinājumi, ka abi maršrutētāji pārāk tuvu viens otram nedrīkst atrasties. Tas gan nozīmē, ka viens kabelis starp “Watchtower” un “TV Master” maršrutētāju ir jāaizvelk tālāk, kas ir mazliet pretrunā ar iemeslu, kāpēc autors vispār vēlas televīziju pārraidīt bezvadu tīklā – lai nebūtu jāizvelk jauni tīkla kabeļi tur, kur tas ir apgrūtināsi.

4.7. Videoplūsmas pārraide no NAS caur bezvadu tīklu

Izveidotajam datortīklam pieslēgta arī nodaļā 3.1.5. aprakstītā NAS atmiņas iekārta, uz kuras noglabāti videofaili. Pie viena no televizoriem savukārt pieslēgta nodaļā 3.1.6. parādītā multivides failu atskaņošanas ierīce. Kā parādīts attēlā 2.6.1., šī ierīce pieslēgta pie MikroTik maršrutētāja, kas līdz šim caur bezvadu savienojumu, kas izmanto nv2 protokolu, saņēma tikai IPTV video plūsmu.

Nākamais mērķis ir izveidot datortīklu, kurā caur šo bezvadu savienojumu uz “WD HD TV” atskaņotāju varētu pārraidīt video failus no NAS atmiņas iekārtas. Tas nozīmē, ka bezvadu savienojumā pārraidāmā datu plūsma jāsadala starp diviem dažādiem VLAN tīkliem, no kuriem “TV Slave 1” maršrutētājā katru plūsmu varētu pārraidīt tālāk pa atbilstošo pieslēgvietu, tādējādi arī “WD HD TV” ierīce ietilptu parastajā datu tīklā.

Tas, vai šāds savienojums strādās un vienlaicīgi būs iespējams ar nv2 protokolu pārraidīt gan IPTV, gan citu video plūsmu, vēl nav zināms, tomēr paredzams, ka problēmas varētu rasties, jo šāda darbība pārraidāmo datu plūsmu tikai ievērojami palielinātu, pat zinot, ka IPTV plūsma jau vien ir konstanta un apjomīga, turklāt, kā iepriekš pārbaudīts nodaļā 4.6., atstāj iespaidu uz parasto bezvadu Wi-Fi tīklu.

Pēc visu iesaistīto maršrutētāju pārkonfigurēšanas un divu VLAN tīklu ieviešanas izrādās, ka šāda pārraide ir iespējama, tomēr ir novērojami vairāki blakusefekti. Viens no tiem – no brīža, kad videofails atskaņotājā tiek izvēlēts, nepieciešams ilgāks laiks līdz brīdim, kad videofailu ierīce sāk spēlēt.

Attēlā 4.7.2. redzama datu plūsma caur “Watchtower” maršrutētājā esošajām pieslēgvietām.

▲ Name	Type	Tx	Rx
↕ bridge Data	Bridge	432 bps	5.4 kbps
↕ bridge IPTV	Bridge	0 bps	6.2 Mbps
↔ eth 1 - data from LTC [1]	Ethernet	2.5 kbps	0 bps
↔ eth 2 - test PC	Ethernet	267.5 kbps	9.2 kbps
↔ eth 5 - Zyxel NAS	Ethernet	381.8 kbps	14.3 Mbps
↔ eth 9 - IPTV from LTC [2]	Ethernet	2.6 kbps	6.3 Mbps
↔ eth `10 - VLAN trunk to AP TV Master	Ethernet	24.5 Mbps	469.4 kbps
↔ vlan Data	VLAN	18.2 Mbps	455.8 kbps
↔ vlan IPTV	VLAN	6.3 Mbps	896 bps
↔ wifi Surveillance Van	Wireless	0 bps	0 bps

4.7.2. att. Datu plūsma vienā laika momentā “Watchtower” maršrutētājā

Plūsma, kas tiek pārraidīta tālāk uz “TV Master” maršrutētāju, ievērojami palielinājusies līdz 24.5 Mb/s un tiek pārraidīta bezvadu tīklā ar nv2 protokolu, tomēr ar maršrutētāju esošo novietojumu, kāds tas ir aprakstīts nodaļā 4.6., Wi-Fi tīklā lielāki traucējumi izjusti netiek.

Būtiskāks blakusefekts vērojams, atskaņojot noteikta formāta videofailus, piemēram, multfilmās .avi formātā. Pirmajā brīdī pēc videofaila palaišanas tas tiek spēlēts pareizi, tomēr pēc apmēram 10 minūtēm, šim laikam nezināmu apstākļu dēļ variējot, iestājas brīdis, kad videofails sāk raustīties un skaņa pazūd pilnībā. Videofaila tīšana uz priekšu vai atpakaļ problēmu nenovērš, un vienīgais risinājums ir to palaist atkārtoti un uzreiz aiztīt līdz iepriekš redzētajai vietai. Problēma novērota tikai ar .avi un .mp4 formāta videofailiem, tomēr pieļaujams, ka varētu atrast arī citu pareizi nefunkcionējošu formātu.

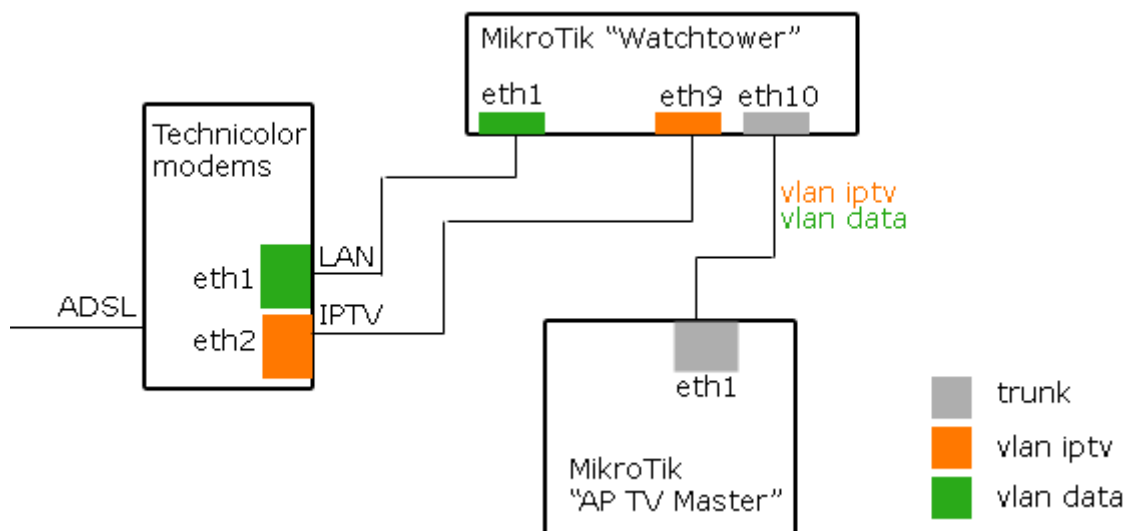
Tā kā blakusefekts novērojams vienīgi tad, ja datu bezvadu pārraidei tiek izmantots nv2 protokols, secināms, ka tieši protokols ir tas, kas atstāj šādu efektu. Protokolu nomainot uz 802.11, videofailu spēlēšana ir bez kļūdām. Zinot to, ka nv2 protokolā iesaistītie maršrutētāji datu pārraidi veic tikai noteiktos laika intervālos, kuru grafiku sastāda viens Master tipa maršrutētājs, darba autors pieņem, ka tieši grafiks ir vainojams pie tā, ka videofaila pareiza atskaņošana saplīst noteiktā brīdī.

4.8. Citas izveidotā tīkla problēmas

Kā skaidrots nodaļā 3.1.4., katru reizi, kad tiek pārstartēts Lattelecom piešķirtais televīzijas dekoderis, tā programmatūra caur tīklu tiek ielādēta no jauna. Pētījuma gaitā darba autoram nācās saskarties ar strāvās zudumiem, kā rezultātā programmatūras ielādei bija jānotiek jau caur izveidoto televīzijas bezvadu tīklu.

Tomēr tā ne vienmēr ielādējās līdz galam, nereti apstājoties pie mājaslapai līdzīgas saskarnes ar kļūdas paziņojumu par neizdevušos ielādi, kaut arī paziņojums skatāms tikai ielādes beigu daļā, kad lielākā programmatūras daļa jau ir lejuplādēta. Pēc autora domām, paziņojums parādās tīmekļa lapas tipa saskarnē, kas vēlāk rāda arī informāciju par televīzijas kanāliem, savukārt pati programmatūra vistīcāmāk izmanto citu protokolu un tāpēc noritēja veiksmīgi.

Veicot izveidotās konfigurācijas padziļinātu izpēti, ierīces savā starpā saslēdzot vēl dažādos veidos un visbeidzot pēc datortīkla plūsmas ķēdes pakāpeniskas reducēšanas kā kļūdainais atrasts posms, kurā vienā tiltā (angļu – *bridge*) saslēgta “Watchtower” maršrutētāja pieslēgvietā, kas savienota ar Technicolor modema 2. pieslēgvietu, kā arī “Watchtower” IPTV VLAN savienojums ar “AP TV Master” maršrutētāju (attēls 4.8.1.).



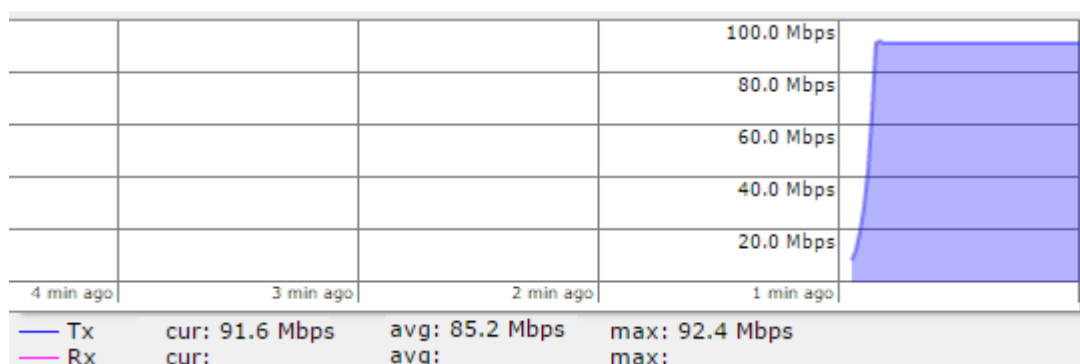
4.8.1. att. Tīkla topoloģija kļūdaini konfigurētam tīklam

Tā kā tilta darbība norit tīkla 2. slānī (angļu – *Layer 2*), kļūdu radīja nepareiza konfigurācija, kurā tiltam maršrutēšanas tabulā tika piemērots atsevišķs apakštīkls. Konfigurāciju nodzēšot, dekodera programmatūras lejupielāde turpmāk noritēja bez aizķeršanās.

4.9. Datu plūsmas mērījumi jaunajā datortīklā

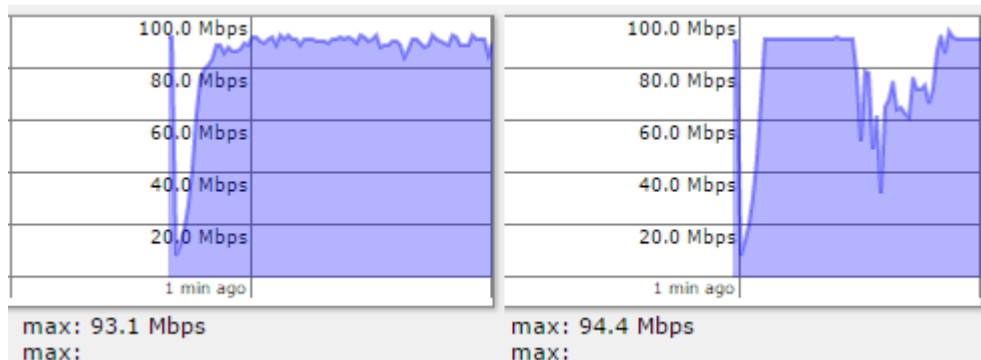
Izmantojot nodaļā 3.2.1. aprakstīto rīku “Bandwith Test”, kas iebūvēts MikroTik maršrutētājos, pārbaudīta iespējamā datu plūsma starp tīkla topoloģijā esošajām MikroTik ierīcēm.

Pirmie mērījumi veikti savienojumam starp “Watchtower” un “TV Master”. Tīklā starp šīm ierīcēm tiek sūtīts nebeidzams apjoms ar TCP datu paketēm. Tā kā starp abiem maršrutētājiem ir savienojums ar Ethernet kabeli, datu plūsma ir konstanta, kā redzams attēlā 4.9.1.



4.9.1. att. Datu plūsmas mērījumi starp “Watchtower” un “TV Master” maršrutētāju

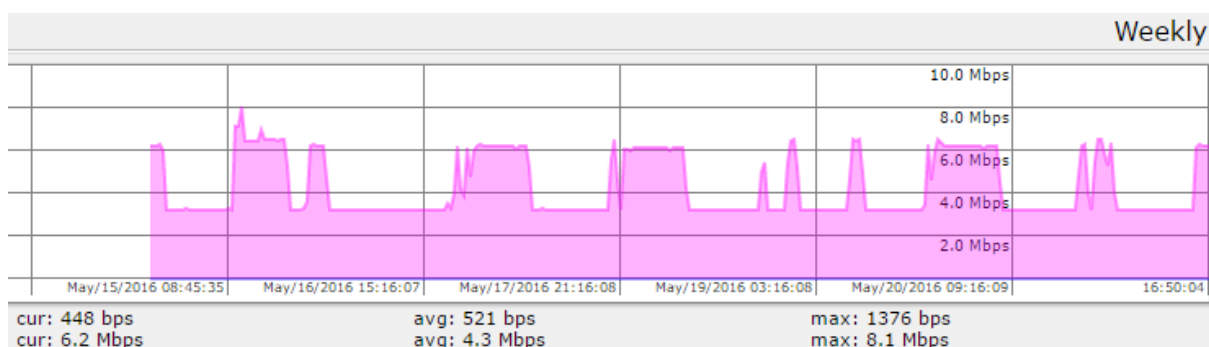
Nedaudz lielākas svārstības novērojamas savienojumos starp “TV Master” un abiem pārējiem MikroTik maršrutētājiem, kas veic datu pārraidi bezvadu tīklā. To zīmētais grafiks parādīts attēlā 4.9.2.



4.9.2. att. Datu plūsmas mērījumi televīzijas pārraidei bezvadu tīklā

Tomēr grafikos redzamais maksimālais ātrums ir vairāk nekā pietiekams, lai televīzijas vērošanai nebūtu novērojami traucējumi. Veicot mērījumus arī ar MikroTik maršrutētājos iebūvēto rīku “Graphing”, kas ilgākā laika posmā norādītām pieslēgvietām

veic cauri plūstošās datu plūsmas uzskaiti un zīmē grafikus. Attēlā 4.9.3. redzams grafiks nedēļas garumā pieslēgvietai “vlan IPTV”, kas savieno “Watchtower” un “TV Master” maršrutētāju.



4.9.3. att. IPTV VLAN datu plūsmas grafiks nedēļu ilgā laika posmā

Kāpumi un kritumi grafikā skaidrojami ar to, ka tiek pārslēgti televīzijas kanāli un mainās pieprasīto televīzijas kanālu skaits. Iespējams secināt arī to, ka no pakalpojuma sniedzēja pienākošā televīzijas datu plūsma ir konstanta un tajā arī ilgākā laika posmā traucējumi nav novērojami, attiecīgi IPTV plūsma ir uzskatāma par kvalitatīvu.

REZULTĀTI

Bakalaura darba gaitā mājas apstākļos izveidots jauns datortīkls, izmantojot vairākus MikroTik maršrutētājus ar plašām konfigurēšanas iespējām. Šajā datortīklā caur maršrutētāju savstarpēji izveidotu bezvadu savienojumu pārraidīta IPTV plūsma uz diviem televizoriem dažādās mājas telpās. Darbā arī veikts pētījums par to, kā IPTV plūsmas bezvadu pārraide ietekmē pārējo mājas tīklu, sevišķi – parasto Wi-Fi tīklu. Papildu veikti eksperimenti ar cita veida video plūsmas pārraidi tīklā paralēli televīzijai.

Iegūtie rezultāti apliecina, ka IP televīzijas pārraide bezvadu vidē ir iespējama arī ar ierīcēm, kas nav paredzētas tikai biznesa videi vien, tomēr ne bez savām problēmām un blakusefektiem. Tāpat šāda tīkla izveidei nepieciešams vairāk zināšanu par datortīkliem nekā parasta Wi-Fi tīkla konfigurēšanā.

Eksperimenti ar MikroTik maršrutētājiem apliecināja, ka kopumā tie lietošanā ir patīkamāki par agrāk izmantotajiem Ruckus maršrutētājiem, kuriem ar savstarpējā bezvadu savienojuma izveidošanu bija novērojams vairāk problēmu un konfigurācijas iespējas bija daudz ierobežotākas. MikroTik maršrutētāji pēc to pareizas nokonfigurēšanas viens otru tīklā atrod gandrīz uzreiz arī pēc to neparedzētas pārstartēšanas.

Lai arī primāri izvirzītā prasība izveidot tīklu, kurā IPTV tiek pārraidīta bezvadu vidē, ir sasniegta, ar citu prasību sasniegšanu darba autoram veicās mazāk. Tā, piemēram, panākt, lai IPTV plūsma bezvadu vidē nekādi neietekmētu Wi-Fi tīklu, neizdevās, un traucējumi ik pa laikam ir novērojami. Tomēr, kā aprakstīts nodaļā 4.6., traucējumus izdevās ievērojami samazināt, pamainot ierīču savstarpējā novietojuma attālumu. Arī pārraidīt cita veida videofailus bez traucējumiem pagaidām nevar. Veicot pētījumu ar multfilmu pārraidi ar to pašu bezvadu savienojuma protokolu, kāds jau izmantots televīzijas pārraidei, atskaņotajā video tika konstatēta raustīšanās un skaņas zudumi.

Pētījumā darba autors ir izmēģinājis un iemācījies lietot jaunu programmatūru – gan maršrutētājos iebūvētu, gan datoros lejupielādējamu -, ar kuru pārraudzīt tīkla plūsmu un konstatēt iespējamās problēmas, tāpēc pagaidām vēl neizpildītās prasības varētu izdoties sasniegt jau pavisam drīz.

SECINĀJUMI

Darba ievadā tika izvirzīts jautājums par to, kāpēc Interneta pakalpojuma sniedzēja klientu apkalpošanas centra darbinieki telefonsarunās apgalvo, ka IP televīzijas pārraide bezvadu vidē nav iespējama. Autors izteica apgalvojumu, ka, nodrošinot šādu pakalpojumu, pieprasījumam pēc tā no klientu puses vajadzētu būt visai lieliem, jo iekārtot tīklu jebkurās mājās ir daudz vienkāršāk, ja var izvairīties no papildu tīkla kabeļu ievilkšanas.

Pēc veiktā pētījuma izdarāmi secinājumi, ka nokonfigurēt tīklu šādām vajadzībām tomēr nav tik vienkārši un risinājums visticamāk varētu būt katrai dzīvesvietai ļoti specifisks, jo liela nozīme ir tīklā izmantoto ierīču savstarpējam novietojumam un uztveršanas zonai, kā arī apkārt esošo bezvadu tīklu daudzumam un noslodzei. Darba autors pieņem, ka šāda servisa piedāvāšana pakalpojuma sniedzējam prasītu daudz resursu gan tehniskā risinājuma izveidē, gan cilvēkresursu ziņā, kas būtu nepieciešams, lai palīdzētu klientiem risināt problēmas tīkla pārklājumā. Autors izdara minējumu, ka saņemto sūdzību skaits par šādu servisu varētu būt visai liels. Viegļāk ir klientiem apgalvot, ka tas nemaz nav iespējams, un mēģināt nodrošināt pēc iespējas kvalitatīvāku jau esošo piedāvājumu.

Tomēr autoram izdevās mērķus sasniegt vismaz daļēji, un, redzot plašās MikroTik maršrutētāju iespējas, autors neizslēdz variantu, ka arī pārējās izvirzītās prasības varētu būt iespējams ar kādu no tehnoloģijām, ar kurām autors vēl neprot rīkoties, tomēr kuras plāno apgūt tuvākajā laikā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

- [1] Tecnicontrol, (2016). *The various methods of TV transmission*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 28.03.2016]
Pieejams: <http://www.tecnicontrol.pt/en/wiki/item.html?id=81-the-various-methods-of-tv-transmission>
- [2] Wikipedia, (2016). *IPTV*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 28.03.2016]
Pieejams: <https://en.wikipedia.org/wiki/IPTV>
- [3] Explainthatstuff, (2016). *IPTV*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 01.04.2016]
Pieejams: <http://www.explainthatstuff.com/how-iptv-works.html>
- [4] Explainthatstuff, (2016). *Three types of IPTV*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 01.04.2016]
Pieejams: <http://www.explainthatstuff.com/how-iptv-works.html>
- [5] Leightronix, (2013). *IPTV– Interactive Television for Everyone*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 02.04.2016]
Pieejams: <http://leightronix.com/blog/iptv-interactive-television-for-everyone/>
- [6] Forbes Custom, (2016). *Interactive TV Rises Again, Pushed On by IPTV*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 02.04.2016]
Pieejams: <http://www.forbescustom.com/TelecomPgs/IPTVP1.html>
- [7] Techopedia. *Interactive Television (ITV)*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 06.04.2016] Pieejams: <https://www.techopedia.com/definition/11699/interactive-television-itv>
- [8] Dailyiptv, (2016). *IPTV vs. Internet TV: How they Stack Up*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 06.04.2016]
Pieejams: <http://www.dailyiptv.com/news/iptv-vs-internet-tv-121506/>
- [9] HowStuffWorks, (2007). *How Internet TV works*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 06.04.2016]
Pieejams: <http://electronics.howstuffworks.com/internet-tv.htm>
- [10] Netflix, (2016). [Tiešsaiste]. [Skatīts: 06.04.2016].
Pieejams: <https://www.netflix.com/lv/>
- [11] Lattelecom, (2016). *Kas ir Interaktīvā televīzija?* [Tiešsaiste]. [Skatīts: 10.04.2016].
Pieejams: <https://www.lattelecom.lv/majai/televizija/interaktiva-tv/apraksts>
- [12] Lattelecom, (2016). *TV iespējas*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 10.04.2016].
Pieejams: <https://www.lattelecom.lv/majai/televizija/interaktiva-tv/tv-iespejas>
- [13] Hannu Pro. *IP TV risinājums telekomunikāciju kompānijai Lattelecom*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 10.04.2016]
Pieejams: http://www.hannu-pro.com/info_lattelecom_2006_lv.html

- [14] Mrserge, (2015). *Lattelecom Technicolor rūtera konfigurēšana*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 15.04.2016].
Pieejams: <https://mrserge.lv/2013/lattelecom-technicolor-rutera-konfiguresana/#div-comment-58022>
- [15] rapidiptv, (2016). *How much bandwidth does the IPTV stream use?* [Tiešsaiste]. [Skatīts: 17.04.2016].
Pieejams: <https://support.rapidiptv.net/hc/en-us/articles/204152892-How-much-bandwidth-does-the-IPTV-stream-use->
- [16] avforum, (2013). *Bandwith requirements for IPTV*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 17.04.2016].
Pieejams: <https://www.avforums.com/threads/bandwidth-requirements-for-iptv.1795255/>
- [17] MikroTik. *Manual:Wireless Station Modes*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 25.04.2016].
Pieejams: http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Wireless_Station_Modes
- [18] Savjee.be (2012). *Creating one WiFi network with multiple access points*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 25.04.2016]
Pieejams: <https://www.savjee.be/2012/10/creating-one-WiFi-network-with-multiple-access-points/>
- [19] MikroTik (2012). *Manual:Nv2*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 01.05.2016]
Pieejams: <http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Nv2>
- [20] Wikipedia (2015). *Hidden node problem*. [Tiešsaiste]. [Skatīts: 02.05.2016] Pieejams: https://en.wikipedia.org/wiki/Hidden_node_problem
- [21] Yahoo.com (2008). *Will two wireless routers interfere with each other?* [Tiešsaiste]. [Skatīts: 05.05.2016].
Pieejams: <https://answers.yahoo.com/question/index?qid=20081212190048AAgaLki>
- [22] superuser.com (2011). *Are problems with putting more than one wireless router in an apartment?* [Tiešsaiste]. [Skatīts: 10.05.2016]
Pieejams: <http://superuser.com/questions/345782/are-problems-with-putting-more-than-one-wireless-router-in-an-apartment>

DOKUMENTĀRĀ LAPA

Bakalaura darbs „Efektīva IPTV bezvadu pārraide mājas tīklā” izstrādāts Latvijas Universitātes Datorikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: _____ Edgars Peļņa

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: Dr.dat. Leo Trukšāns _____ .06.2016

Recenzents: _____

Darbs iesniegts: ____ .06.2016

Dekāna pilnvarotā persona: _____

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

____ .06.2016. prot. Nr. _____

Komisijas sekretārs(-e): _____