

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
INFORMATIKOS FAKULTETAS  
KOMPIUTERIŲ KATEDRA

Justinas Ivanovas

**VIDEOTURINIO PERDAVIMO SISTEMOS  
MODELIO SUDARYMAS IR TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Darbo vadovas  
prof. dr. Egidijus Kazanavičius

Kaunas  
2011

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
INFORMATIKOS FAKULTETAS  
KOMPIUTERIŲ KATEDRA

Justinas Ivanovas

# **VIDEOTURINIO PERDAVIMO SISTEMOS MODELIO SUDARYMAS IR TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Recenzentas

2011-05-

doc. A. Venčkauskas

Vadovas

2011-05-

prof. dr. E. Kazanavičius

Atliko

2011-05-27

IFM-9/1 gr. stud.  
Justinas Ivanovas

Kaunas  
2011

# Turinys

Įvadas .....	4
1. Analitinė dalis .....	6
1.1 Darbo objektas ir jo aprašymas .....	6
1.2 Vaizdo kodavimas .....	6
1.3 Video duomenų perdavimo metodai .....	9
1.4 Kokybės lygiai vaizdo transliacijai .....	12
1.5 Duomenų perdavimo kanalo modeliavimo priemonės .....	14
1.6 Video duomenų perdavimo algoritmai .....	14
1.7 Analizės išvados .....	15
2. Tiriamaoji dalis .....	17
2.1 Formalus modelis .....	17
2.2 Sistemos modelio aprašas .....	17
2.3 Modelio formali elgsena .....	19
3. Eksperimentinė dalis .....	21
3.1 Videoturinio perdavimo sistemos modeliavimo rezultatai .....	21
3.2 Rezultatų apibendrinimas .....	28
4. Išvados .....	32
Literatūros sąrašas .....	33
SUMMARY .....	36
Terminų ir santrumpų žodynas .....	37

## **Įvadas**

Vaizdo kameros įrenginėjamos parduotuvėse, kavinėse, baruose, viešbučiuose, keleivių stotyse, judriose sankryžose ir viešose vietose tvarkai prižiūrėti. Pingant elektronikos komponentams, stebėjimo sistemos nebėra prabangos prekė. Kameros pradamos diegti namų kiemuose, laiptinėse, netgi pačiuose butuose, taip pradami stebėti namai, šeima ir svečiai. Diegiant tokias stebėjimo sistemas kyla poreikis stebimą perimetrą matyti ir lokaliai, ir nutolusiai, pvz. būnant darbe, automobilyje, parduotuvėje ir t.t.

Tokios videoturinio perdavimo sistemos diegiamos "protinguose namuose". Tai nauja sritis, todėl vis dar kyla problemų kokybiškam ir greitam vaizdo perdavimui. Sudėtinga parinkti tinkamą techninę įrangą idealioms perdavimo sąlygoms, pvz.: geros kokybės kamera, siųstuvas, pakankamai pralaidus kanalas, imtuvas, vaizdo kompresija (kodekai), suderinamumas su stebėjimui skirtais įrenginiais. Pagrindinės išskylančios problemos tokioms sistemoms yra duomenų perdavimo sparta, vaizdo trūkinėjimas dėl paketų uždelsimo ir paketų praradimas.

Internetu susijungus dviem įrenginiam jų galima duomenų perdavimo sparta nėra žinoma. Jei siuntėjas siunčia greičiau, nei leidžia duomenų kanalo pralaidumas, įvyksta perpildymas: paketai pametami ir ženkliai krenta vaizdo kokybė. Jei siuntėjas siunčia mažesniu greičiu, nei kanalo pralaidumas, tuomet gavėjas atkuria beveik optimalią vaizdo kokybę. Šios problemos sprendimo būdas galėtų būti, duomenų kanalo pralaidumo nustatymas ir atsižvelgiant į tai parenkama transliuojamo vaizdo sparta bitais (angl. bit rate).

Gavėjas privalo dekoduoti/atvaizduoti gautus kadrus pastoviu dažniu, tačiau vėluojantys kadrai sukelia vaizdo trūkinėjimą dėl paketų uždelsimo. Ši problema išsprendžiama panaudojant buferį, tačiau dėl jo atsiranda vaizdo vėlinimas.

Paketų praradimas yra skirstomas į dvi rūšis, priklausomai nuo tinklo, kuriame jis įvyksta. Laidiniuose tinkluose prarandamas visas paketas, bevieluose – atsiranda bitų klaidos arba paketų pliūpsniai. Paketų klaidos gali destruktiviai įtakoti vaizdo kokybę. Sumažinti paketų praradimus galima sukuriant videoturinio perdavimo sistemą su klaidų kontrole.

**Pagrindinis darbo tikslas** yra sudaryti videoturinio perdavimo sistemos modelį ir ištirti jo charakteristikas ir savybes.

**Darbo uždaviniai:**

1. Išanalizuoti vaizdo kompresijos ir video duomenų perdavimo metodus ir algoritmus.
2. Atlikti duomenų perdavimo kanalo modeliavimo priemonių ir metodų, sistemos efektyvumo kriterijų nustatymo būdų ir priemonių analizę.
3. Sudaryti ir aprašyti videoturinio perdavimo sistemos formalų modelį ir sistemos elgseną.
4. Atlikti modelio praktinę realizaciją.
5. Remiantis atlikta analize parinkti skirtingą techninę įrangą ir jos parametrus.
6. Keičiant parametrus ir techninę įrangą, surasti geriausias perdavimo sąlygas.
7. Pateikti ir suformuluoti darbo išvadas.

**Darbo struktūra:**

- Pirmoje dalyje analizuojami video duomenų perdavimo metodai ir algoritmai (protokolai). Atliekama duomenų perdavimo kanalo modeliavimo priemonių, duomenų priėmimo, užkodavimo ir dekodavimo metodų ir algoritmų analizė.

- Antroje darbo dalyje sudaromas ir aprašomas formalus videoturinio perdavimo sistemos modelis. Aprašoma sistemos formali elgsena.

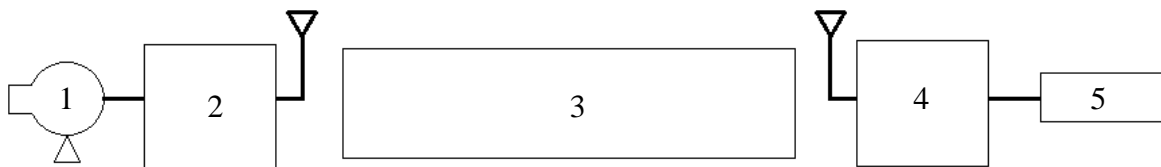
- Trečioje dalyje atliekami eksperimentiniai tyrimai. Pagal pirmoje dalyje atliktą analizę parenkama skirtinga techninė įranga ir jos parametrai: vaizdo skiriamoji geba, parenkamas perdavimo kanalas (ryšys), pagal tai išrenkamas siųstuvas ir imtuvas, taip pat ieškoma tinkamų kodekų. Keičiant vieną komponentą kitu, tiriami sistemos privalumai ir trūkumai, taip ieškant geriausių perdavimo sąlygų.

- Ketvirtoje dalyje pateikiamos suformuluotos darbo išvados.

## 1. Analitinė dalis

### 1.1 Darbo objektas ir jo aprašymas

Šiame darbe sudarinėjamas videoturinio perdavimo sistemos modelis (1. pav.) ir atliekamas tyrimas.



1. pav. Videoturinio perdavimo sistemos modelis

Sistemos sudėtis:

1 – video kamera, skirta stebėti aplinkai ir transliuoti vaizdą (WEB kamera, belaidė kamera, IP kamera)

2 – siųstuvas video duomenims koduoti ir perduoti (MPEG-2, MPEG-4, H.264)

3 – kanalas, kuriuo perduodamas vaizdas (GSM, UMTS, Wi-Fi, WiMAX)

4 – imtuvas vaizdai priimti

5 – atvaizdavimo prietaisai vaizdai peržiūrėti (televizorius, kompiuteris, mobilusis/išmanusis telefonas)

### 1.2 Vaizdo kodavimas

Kodeką (angl. CODEC) sudaro du procesai kodavimas arba kompresija (angl. COmpression) ir dekodavimas arba dekompresija (angl. DECompression). Egzistuoja dvi kodekų rūšys:

- Nepatiriantys nuostolių (angl. Lossless) – originalas gali būti lengvai atstatomas iš suspausto failo, pavyzdžiui eilutė AAAAAAAAAA gali būti suspausta į 8A.
  - Pavyzdys: WinZip
- Patiriantys nuostolius (angl. Lossy) – suspaustas failas yra panašus į originalą, nes išmetama perteklinė informacija. Tokio failo dekompresavimo laikas priklauso nuo pasirinkto kompresijos būdo.
  - Pavyzdys: jpeg, gif, Windows Media, RealMedia, QuickTime.

Patiriantys nuostolius kodekai pasiekia žymiai geresnį failo suspaudimo lygį atmesdami manomai nereikalingus arba perteklinius duomenis. Atmetus tokius duomenis,

atkurti originalų failą po jo suspaudimo nebeįmanoma. Pagrindinė tokių kodekų idėja, kad duomenys gali būti atmesti, o ne praleisti. Labai geras to pavyzdys yra vaizdo transliacija.

Duomenų kompresija naudojama dėl:

1. Duomenų kiekio – informacijos perdavimo išlaidos dažnai proporcingos perduodamam duomenų kiekiui, todėl atsiranda poreikis naudoti aukštą kompresijos lygį.
2. Saugojimo – didelio duomenų kiekio saugojimas turi tiesioginį ryšį su išlaidų didėjimu.

Kodekai gyvai vaizdo transliacijai turi labai daug įtakos. Nespaustų audio duomenų kiekis yra 1,4Mbps, o video duomenų 42Mbps. Tuo tarpu telefono linijos pralaidumas tik 56kbps, 3G – 2Mbps, ADSL – 24Mbps.

Judančių vaizdų ekspertų grupė (Moving Pictures Experts Group) buvo sudaryta ISO (International Organization for Standardization) iniciatyva, MPEG tikslas nustatyti video ir audio kompresijos ir perdavimo standartus [2]. Standartizavimo tikslas yra ne koderis, bet būdas kaip koderis interpretuoja bitų srautą. Dekoderis, kuris sugeba sėkmingai interpretuoti bitų srautą laikomas tinkamu. Pagrindinis šio principo privalumas yra, kad laikui bėgant kodavimo algoritmai tobulės, o tinkami dekoderiai ir toliau sėkmingai veiks su jais.

Pirmasis audio ir video kompresijos standartas MPEG-1 leido judančius vaizdus ir garsą suspausti iki Audio CD pralaidumo. Jis tapo labai naudojamas Video kompaktiniuose diskuose. DVD diskuose nebenaudojamas.

Didesniam patrauklumui ir platesniam panaudojimui buvo kuriamas MPEG-2. Jis palaikė susipynimą (angl. interlace) ir HD (High-Definition) [2]. Buvo labai svarbus, nes buvo pasirinktas DVD ir skaitmeninei video transliacijai (DVB). MPEG-3 buvo apjungtas su MPEG-2.

Naudojantis labiau pažengusius ir didesnio sudėtingumo algoritmus MPEG-4 pasiekė geresnį kompresijos faktorių už MPEG-2 [2]. Dėl geresnio kodavimo MPEG-4 pradeda būti naudojimas kompiuterių grafinėse programose. Tikimasi, kad MPEG-4 taps toks pat reikšmingas interneto technologijose kaip MPEG-2 tapo DVD ir DVB.

Skaitmeninis video kodekas žinomas dėl savo aukšto kompresijos lygio H.264 – taip pat vadinamas MPEG-4 10 dalimi arba AVC (iš angl. Pažangus Video Kodavimas). Kodeką sukūrė ITU-T VCEG (angl. Video Coding Experts Group) su MPEG, kartu jie žinomi Joint Video Team (Jungtinė Video Komanda) vardu. ITU-T H.264 ir ISO/IEC MPEG-4 Part 10 standartai yra visiškai identiški. Pirmoji standarto versija pasirodė 2003 metais. Pagrindinis H.264/AVC projekto tikslas buvo sukurti standartą, kuris teiktų gerą vaizdo kokybę

naudodamas mažesni pralaidumą, nei ankstesni standartai, be labai didelio implementacijos sudėtingumo. H.264 kodekas atgamina MPEG-2 kokybę naudodamas tik pusę jam reikalingo pralaidumo [2].

Standartas VC-1 aprašo video kodeksą paremtą Windows Media 9 versija. VC1 – tai neoficialus SMPTE (angl. Society of Motion Picture and Television Engineers) 421M standarto pavadinimas [21]. Jis laikomas H.264 alternatyva. VC-1 sudarytas iš WMV9 ir daugiau papildomų kodavimo įrankių susipynusiom video sekom. WMV9 koncentruotas į progresyvų kompiuterių vaizdo kodavimą. VC-1 tikslas palaikyti susipynusio turinio kompresiją be jo perversimo į progresinį, taip kodeką padarant patrauklesniu vaizdo transliacijai ir video industrijos profesionalam.

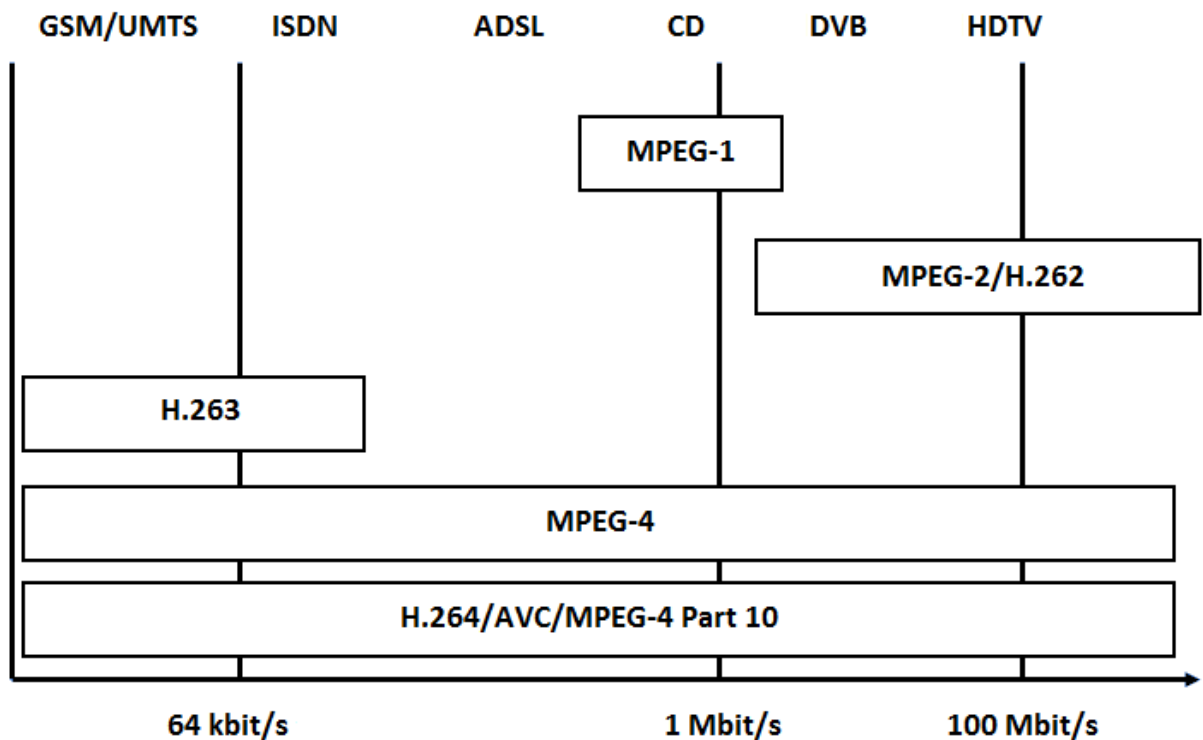
Susipynimas (angl. Interlace) – tai būdas sumažinti vaizdo transliacijai naudojamą srautą nemažinant vaizdo rezoliucijos ar kadrų dažnio [7]. Susipynimas dar dabar naudojamas standartinės kokybės televizijai (visi kineskopiniai televizoriai gauna susipynusį vaizdą) ir 1080i HDTV standartui. Susipynimo principas - vienas kadras sudaromas iš dviejų laukų. Vaizdas rodomas horizontaliomis linijomis, pradžioje parodomas pirmo lauko vaizdas ir prieš jam dingstant antro lauko linijos nupiešiamos tarp pirmojo lauko linijų (2. pav.).



2. pav. Susipynęs vaizdas (paimta iš [7])



Žemiau pateiktos kodekų panaudojimo galimybės atsižvelgiant į reikalingą pralaidumą (3. pav.).

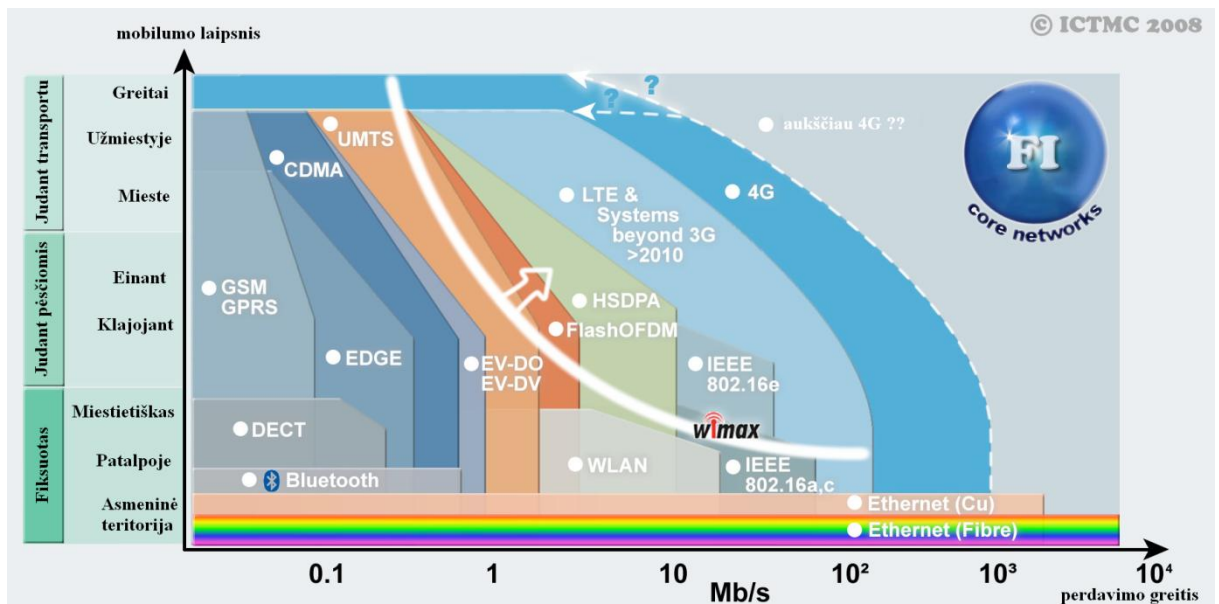


3. pav. Kodekų pralaidumas (paimta iš [1])

### 1.3 Video duomenų perdavimo metodai

Bevieliai tinklai vis labiau įsitvirtina rinkoje. Geras įsisavinimas ir didelis standartų pasirinkimas įgalino įvairias paslaugas daugelyje vietovių, viena iš šių paslaugų, tai – tiesioginis vaizdo transliavimas.

Šioje paslaugoje, susiduria trys pagrindinės technologijos. Tai mobilusis ryšys, žengiantis iš 2G į 2.5G ir į 3G, turintis didelį nuotolį, bei pradantis didinti savo spartą, 802.11 standarto bevielis tinklas (W-LAN), turintis greitą spartą, bet labai ribotą nuotolį ir WiMAX, sparčiai besiplečiantis bevielis duomenų perdavimo tinklas [6]. Paveikslėlyje (4. pav.) matome įvairių bevielių tinklų mobilumo ir spartos priklausomybę. Palyginimui taip pat įdėtas ir laidinis internetas.



4. pav. Bevielių tinklų palyginimas (paimta iš [6])

Video duomenų imtuvui tinkamas tik bevielis interneto ryšys, nes mobilumas yra svarbus, tačiau kamera su siūstuvu gali būti sujungta paprastu tinklu ar net USB.

Svarstant apie vaizdo transliavimą mobiliam įrenginiui, susiduriame su dviem pagrindinėmis mobilumo problemomis [6]:

- Bevielė technologija: reikia pasirinkti optimalią bevielio tinklo technologiją vaizdo transliacijai, pvz.: W-LAN yra didelės spartos, bet tik nedideliu nuotoliu, tačiau 3G padengimas yra didelis, taip gaunamas didesnis mobilumas
- IP mobilumas: atsižvelgiant į ateities technologijas, IP tinklo architektūra turėtų būti suderinama su skirtingomis bevielėmis technologijomis, heterogeniškomis sistemomis, išlaikoma paslaugų kokybė (QoS), paslaugų sparta ir saugumas (QoP).

Bevielė, paketais paremta, tinklo architektūra naudojanti GSM radijo sistemą, GPRS buvo sukurta negalvojant apie realaus laiko sistemas [23]. Tačiau dėl skirtingų klasių, nuo kurių priklauso duomenų perdavimo sparta, ir IP protokolų palaikymo, GPRS yra tinkamas video duomenų perdavimui.

Naujesnis už GPRS yra EDGE. EDGE dėl naujos moduliacijos schemos, pavadintos 8 PSK, pasižymi didesniais duomenų perdavimo greičiais ir adaptyvaus prisitaikymo prie radijo signalo būklės [8]. Visą galimą spartą EDGE dalina vartotojams tuo metu prisijungusiems prie stotelės. Sparta gali kisti nuo keliasdešimties iki 473kbps, priklausomai nuo tokių aplinkybių kaip signalo sklaidimas, triukšmų ir srauto apkrautumo [24]. Dėka adaptyvaus prisitaikymo, EDGE parenka optimaliausias moduliacijos ir kodavimo schemas kiekvienam

prisijungusiam įrenginiui. Skirtingos moduliacijos ir kodavimo schemas susietos su skirtingais greičiais. EDGE naudoja 8 skirtingas kanalų kodavimo schemas. Jei vartotojui priskiriami visi 8 kanalai, jis gali naudotis maksimalia sparta, t.y. 473kbps.

Duomenų perdavimo protokolo HSDPA veikimo principas [10]:

1. Tinklas praneša mobiliam įtaisui, kad jis priims paketus iš tam tikros stoties.
2. Duomenų paketai šiam įtaisui atkeliauja į paskirtąją stotį ir laikomi eilėje kol bus išsiųsti mobiliam įtaisui.
3. Įtaisas gauna informaciją apie kiekvieno paketo perdavimo formatą iš bendro kontrolinio kanalo. Tokiu būdu duomenų paketus tampa įmanoma atkoduoti.
4. Stotis įtaiso informuojama apie sėkmingą arba nesėkmingą duomenų gavimą. Klaidingi paketai tuomet gali būti persiųsti.

Pagrindinės HSDPA technologijos [17]:

- Greita ryšio adaptacija. Moduliacija ir kodavimo dažnis stotyje parenkami dinamiškai atsižvelgiant į apskaičiuotą kanalo kokybę.
- Pranešimas apie kanalo kokybę. Duomenų kanalo mobiliojo įtaiso kryptimi kokybė gali būti reguliariai pranešama stočiai. Stotis skaičiuodama skirtumą tarp šių pranešimų stebi kanalo stiprumą.
- Paketų planavimas. Stotis gali nustatyti kada siųsti duomenų paketus kiekvienam mobiliam įtaisui, remdamasi kanalo sąlygomis, duomenų kiekiu eilėje, aplikacijos QoS reikalavimais ir pan.
- Hibridiniai ARQ. Vietoj klaidingų paketų atmetimo, jie gali būti sujungti su sekančiais persiuntimais, taip mažinant klaidingų paketų dažnį. Persiuntimo formatas gali skirtis nuo pirmojo siuntimo. Šis modelis gali palaikyti daug skirtingų hibridinių ARQ schemų.
- Pakoreguota kadru struktūra. Kadro trukmė yra 2ms, lyginant su kitų UMTS perdavimo sistemų 10ms. Tai įgalina greitesnį perdavimą paketų planavime ir hibridiniuose ARQ.
- MIMO (Multiple Input, Multiple Output). Daugialypė antenų technologija gali suteikti didesnę spartą, ypač kai galima didelė sklaida.

Bevielis tinklas W-LAN (IEEE 802.11 standartas) naudojamas namuose, biuruose, viešose vietose interneto prieigai suteikti. W-LAN galima duomenų sparta yra viena

didžiausių bevielėje technologijoje, tačiau mobilumas ribotas. Yra trys labiausiai paplitę standartai:

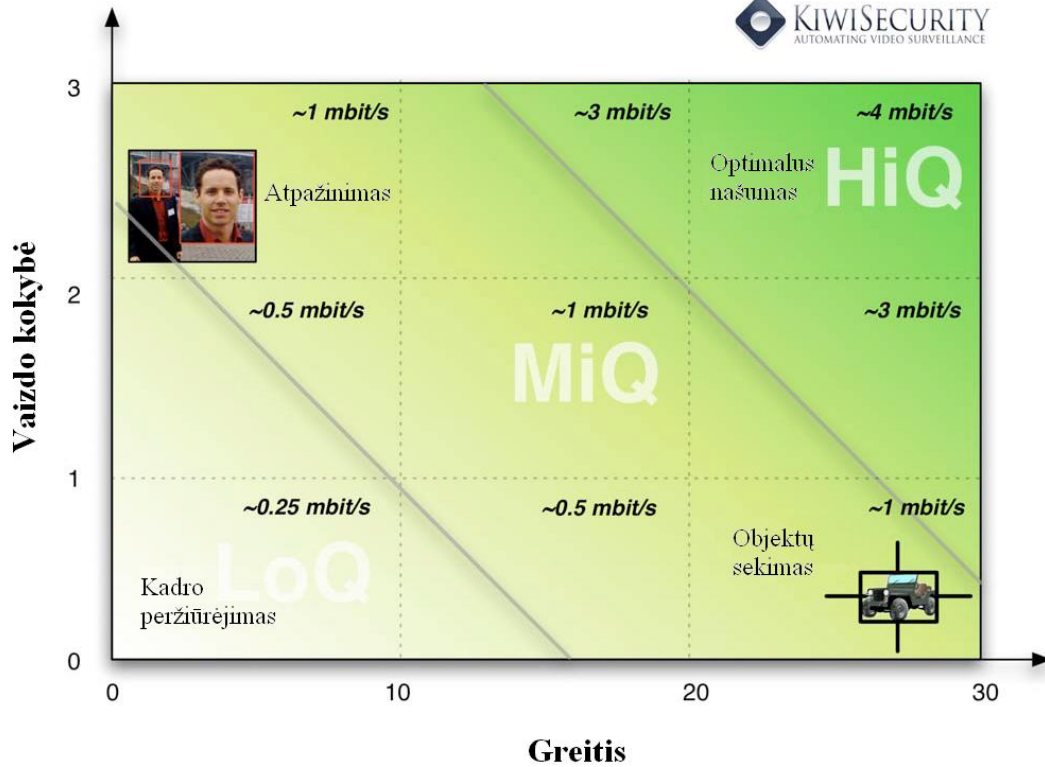
- 802.11b standartas buvo pristatytas 1999m., jo maksimalus pralaidumas yra 11Mbit/s ir naudoja 2,4GHz dažnį.
- 802.11g patvirtintas 2003m. Maksimali sparta siekia 54Mbit/s, naudojamas 2,4GHz dažnis.
- 802.11n pasirodė 2009m. Duomenų perdavimo sparta siekia 300Mbit/s, naudojamas 2,4GHz ir 5GHz dažnis, palaiko MIMO antenas.

Praktikoje reali sparta siekia tik apie 50% deklaruojamos maksimalios spartos, taip yra dėl perteklinės ryšio ir duomenų perdavimo protokolų informacijos, taip pat bevielį ryšį slopinančios technikos, pavyzdžiui b ir g standartai veikiantys tik 2,4GHz dažniu yra slopinami mikrobangų krosnelių, Bluetooth įrenginių, bevielių klaviatūrų ir t.t [15].

Bevielio ryšio technologija WiMAX (IEEE 802.16 standartas) yra IP infrastruktūra paremta PMP (taškas į daug taškų) topologijai [11]. Vienas ar daugiau vartotojų konkuruodami komunikuoja su pagrindine stotimi, ji gauna duomenų srauto užklausas ir vartotojo stotelei leidžia prisijungti. Vartotojui išskiriamas laiko tarpas, kuris gali ilgėti ar trumpėti, bet lieka priskirtas vartotojo stotelei, tai reiškia, kad kiti vartotojai negali juo naudotis. Dėl tokio paketų planavimo pasiekiamas ganėtinai aukštas QoS, nes jis apsaugo WiMAX pagrindinę stotį nuo didelio apkrovimo ir per didelio resursų dalinimo. Dėl savo adaptyvių perdavimo greičių ir galimų kelių bevielių interfeisų, WiMAX pateikia kompromisą tarp 4G mobilumo ir W-LAN perdavimo spartos [25].

#### **1.4 Kokybės lygiai vaizdo transliacijai**

Norint užtikrinti tam tikro lygio kokybę perduodamam vaizdui, reikia apsibrėžti reikalingą greitį, perdavimo sistemos funkcionalumui (5. pav).



5. pav. Paslaugų priklausomybė nuo kokybės ir greičio (paimta iš [6])

Kadangi optimalaus varianto pasirinkimas visada priklauso nuo sistemos ir aplikacijos, lygių pavadinimai parinkti kuo labiau įmanoma lankstesni.

Žemos kokybės (LoQ) vaizdo pakanka tik kelių kadrų peržiūrėjimui. Atpažinimui (žmogaus veido, automobilio valtybinio numerio ir pan.) reikalinga didesnė kokybė, tačiau kadrų skaičius per sekundę gali likti tas pats. Objektų sekimui (judančio žmogaus, važiuojančio automobilio ir pan.) priešingai, nei atpažinimui, nereikalinga aukšta kokybė, bet reikalingas didesnis kadrų skaičius. Vidutinė kokybė (MiQ) parenkama pagal sistemos poreikius ir funkcionalumą, o aukšta kokybė (HiQ) apima visas galimas funkcijas. Žemiau (1 lentelėje) pateikta kokybės ir duomenų srauto lentelė.

1. lent. Kokybių duomenų srautai (paimta iš [6])

Kokybė	Vaizdo parametrai	Duomenų srautas (mbit/s)
HiQ	25 fps 640x480	3,6
MiQ	15 fps 640x480	0,96
LoQ	8 fps 640x480	0,256

## 1.5 Duomenų perdavimo kanalo modeliavimo priemonės

Kompiuterių tinkluose ir komunikacijoje, procesas, kurio metu programa modeliuoja tinklo elgesį skaičiuodama sąveiką tarp skirtingų tinklo komponentų (maršrutizatoriai, kompiuteriai ir t.t.) naudodama matematinės formules arba tyrinėdama jau esamą tinklą, vadinamas tinklo simuliacija. Įvairūs parametrai ir atributai gali būti keičiami norint pamatyti, kaip tinklas elgsis įvairiomis sąlygomis. Kuomet simuliacijos programa naudojama drauge su aplikacijomis ir servisais stebėti našumą galutiniam vartotojui, tai vadinama tinklo emuliacija.

Dauguma komercinių simulatorių turi grafinę sąsają, tačiau yra tokių, kuriems reikalingi įvedimo skriptai ar komandos (tinklo parametrai). Parametrais apibūdinama tinklo būseną (mazgų išsidėstymas ir kaip jie sujungti) ir įvykiai (duomenų perdavimas, susijungimų nutrūkimai ir pan.). Tinklo simuliacija yra sudėtingas procesas. Pavyzdžiui, jei tinkle yra labai daug įrenginių, nustatyti tikimybę kur ir kada gali įvykti buferio perpildymas užtruks labai daug laiko.

NetSim® stimulatorius plačiai naudojamas akademinės visuomenės kompiuterių tinklų tyrimams. Jis palaiko tokius standartus kaip Ethernet, W-LAN 802.11 a/b/g, CSMA/CD, WiMAX, TCP, UDP, IP ir t.t. Taip pat sugeba pateikti tinklo našumo metriką įvairiai lygiais, tinklo, potinklio, mazgo ir paketų sąrašu [4].

Nemokamas ir atviro kodo stimulatorius NS-3® palaiko daug standartų ir parametrų, programinės įrangos integraciją, virtualizaciją, turi atributų sistemą. Simulatorius parašytas naudojant C++ programavimo kalbą [5].

Komercinis įrankis Simulink® skirtas dinaminių sistemų simuliacijai, modeliavimui ir analizavimui, jis kuriamas MathWorks® kompanijos. Jis yra integruotas į MATLAB® aplinką. Simulink® plačiai naudojamas skaitmeninių signalų apdorojime [26].

## 1.6 Video duomenų perdavimo algoritmai

Priešingas kliento-serverio modeliui yra P2P duomenų perdavimo modelis. Keitimasis resursais vyksta tiesiogiai tarp vartotojų. Video duomenų perdavime per P2P, kiekvienas vartotojas gali būti [9]:

- Šaltinis: vartotojas turintis kamerą, gali vaizdu dalintis su kitais.

- Tikslas: vartotojas, kuris pareikalauja turinio. Jį gali priimti iš kelių siuntėjų priklausomai nuo architektūros.
- Tarpinis: tarpinis vartotojas gauna siunčiamą turinį ir persiunčia jį sekančiam tarpiniam vartotojui.

Pagrindiniai video turinio perdavimo per P2P trūkumai [9]:

- Tinkama kodavimo schema. Kodavimo schema turėtų būti pritaikyta prie P2P tinklo lankstumo ir heterogeniškumo.
- Vartotojų dinamiškumas. Vartotojų elgsena yra nenuspėjama, dėl dinaminės P2P prigimties. Jie bet kada gali prisijungti ir atsijungti apie tai nepranešdami kitiems.
- Tinklo sąlygų monitorinimas. Transliuojant video duomenis tinklo sąlygos gali drastiškai nukristi dėl P2P architektūros. Dėl vartotojų resursų dalinimosi arba jų prisijungimo/atsijungimo gali smarkiai kristi perdavimo greitis.

Duomenų perdavimo protokole TCP yra daug įvairių tikrinimo algoritmų, todėl kiekvienas bitas pristatomas teisingas, dėl to, kuomet prarandami paketai, video duomenų perdavimas užstrigs, nes protokolo algoritmai ieškos ir persiųs klaidingus paketus. Šį efektą galima sumažinti naudojant buferį, tačiau tiesioginėje transliacijoje kokybė prastės kuomet vėlinimas viršys 200ms.

Kadangi naudojant TCP protokolą atsiranda vėlinimas, kuris yra nepriimtinas, UDP protokolas yra žymiai priimtinesnis variantas. Pats UDP negarantuoja paketų pristatymo, todėl tenka pasikliauti aukštesniu sluoksniu (RTP/RTCP) paketų praradimui aptikti [16]. RTP - tai protokolas sukurtas realaus laiko aplikacijoms. RTCP yra RTP protokolo kompanionas. RTP yra duomenų perdavimo protokolas, o RTCP – kontrolės protokolas, jis rūpinasi QoS lygiu. RTP palaiko paketų sekos numeravimą, taip galima atsekti, kuris paketas pasimetė arba yra klaidingas. RTCP visos sesijos 5% paketų naudoja kontroliniams paketams. Iš kontrolinių paketų 25% yra skiriami siuntėjų raportam ir 75% gavėjų raportam [19].

### **1.7 Analizės išvados**

Išanalizavus galimas kodavimo priemones, video duomenų perdavimo metodus, algoritmus ir duomenų kanalo modeliavimo įrankius, pasirinkti videoturinio sistemos modeliui tinkami algoritmai ir metodai. Atmetus pasenusius ir mažai benaudojamus kodekus

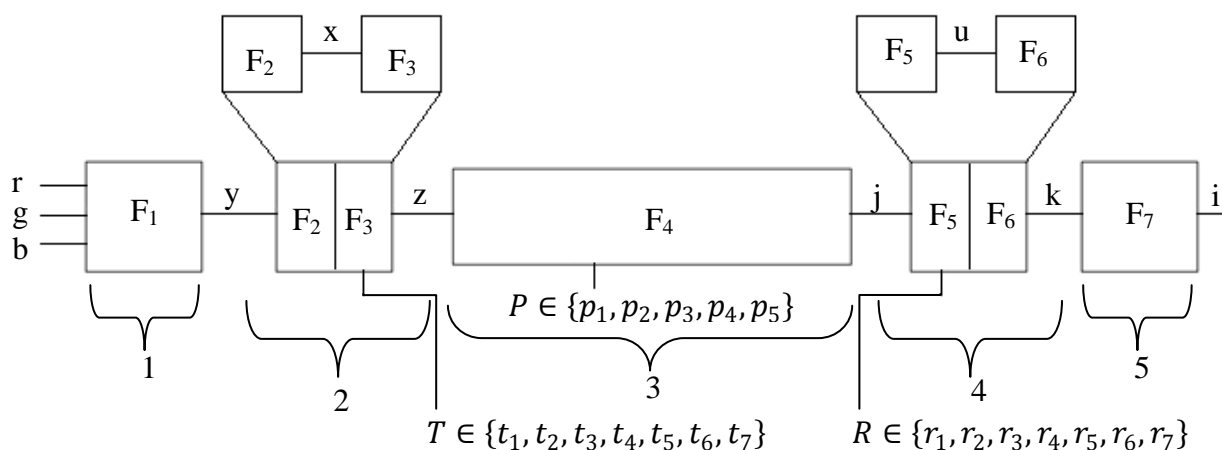
ir remiantis atliktais tyrimais, modelyje naudojamas tik H.264 (MPEG-4 part 10) kodekas [21]. GPRS perdavimo protokolo modeliavimo atsisakyta dėl jo neefektyvumo [23]. Perdavimo algoritmas TCP neanalizuojamas dėl didelio kanalo pralaidumo poreikio [16]. P2P šiai sistemai netinkamas dėl savo dinaminio (neprognozuojamo) elgesio [9]. Naudojamas tik RTP/RTCP videoturiniui perduoti [16, 19]. Modelis kuriamas naudojant Simulink® paketą.



## 2. Tiriamoji dalis

### 2.1 Formalus modelis

Čia pateikiamas formalus videoturinio perdavimo sistemos modelis, kurio parametrai ir elgsena aprašomi žemiau.



6. pav. Videoturinio perdavimo sistemos formalus modelis

### 2.2 Sistemos modelio aprašas

1 – vaizdo kamera. Pagrindinės vaizdo kameros savybės:

- Vaizdo perdavimas siūstuvui realiu laiku. Kamera turi turėti galimybę gyvai perduoti vaizdą siūstuvui RAW formatu. RAW formatas yra jokiomis programomis neapdirbta šviesa surinkta iš matricos ir paversta į skaitmeninį signalą, tai žaliava tolimesniam vaizdo apdorojimui.
- Pikselių skaičius. Pikselis – tai mažiausias rastrinio (sudaryto iš taškų) vaizdo elementas. Keičiant pikselių skaičių, keičiasi ir jų dydis. Iš kuo daugiau pikselių sudarytas vaizdas, tuo mažesni jie yra. Didinant pikselių dydį (mažinant pikselių skaičių) kenčia kokybė, nes atskiri taškai tampa vis labiau pastebimi. Vaizdui, esančiam netoli nuo kameros, filmuoti pakanka 307200 pikselių (0,3 mp), t.y. 640x480 skiriamosios gebos. Stebėti teritorijai pakanka 1310720 (1,3 mp), t.y. 1280x1024.
- CCD sensorius. Į skaitmenines kameras montuojami CMOS (papildytojo metalo, oksido ir puslaidininkio darinys) arba CCD sensoriai. Surištojo krūvio prietaisas (CCD) yra specialiai pagaminta integrinė grandinė, kuri reaguoja į šviesą. Kokybiškas CCD gali pateikti vaizdą ypač blankioje šviesoje ir jo rezoliucija (skiriamoji geba) nesumažėja prastame apšvietime. Pagrindinis CCD pranašumas prieš CMOS yra žymiai mažesnis triukšmų lygis.

2 – siųstuvo paskirtis yra užkoduoti ir siųsti koduotą vaizdą. Aktuali koderio savybė yra vaizdo kodavimas pastovia vaizdo sparta (angl. Constant Bit Rate). Šiuo būdu mažinama vaizdo kokybė, tačiau kontroliuojamas srauto kiekis. Svarbiausi siųstuvo parametrai:

- Moduliacijos algoritmas. Moduliacija – tai tolygiai ir taisyklingai vykstančio proceso parametrų keitimas pagal tam tikrą dėsnį. Kitaip sakant, tai procesas keičiantis periodinę bangos formą, siekiant tuo signalu perduoti tam tikrą informaciją. EDGE siųstuve naudojant 8PSK moduliaciją galima per vieną fazės pokytį perduoti 3 bitus informacijos, tačiau sumažėja bazinės stoties aprėpties zona. UMTS siųstuvo modelyje pasirinkus 16 QAM moduliaciją maksimalus paketo dydis yra 14400 bitų.
- Skirtingi bevielio tinklo standartai (802.11b, 802.11g, 802.11n), taip pat ir WiMAX (802.16m) turi skirtingus maksimalius duomenų perdavimo greičius.
- Veikimo dažnis nurodo kokiais dažniais gali veikti bevielis tinklas. Pagal jį galima spręsti apie trukdžius ir veikimo atstumą. Didinant dažnį trumpėja nešančios bangos ilgis, todėl didėja jos atspindėjimas nuo įvairių paviršių. Tačiau naudojant mažesnę dažnį (pvz.: 2,4GHz) atsiranda daugiau trukdžių, pvz.: mikrobangų krosnelės, Bluetooth įrenginiai ir pan.
- Parinktos skirtingos MTU (angl. Maximum Transmission Unit) reikšmės keičia galimą paketų dydį. Didesni paketai, nei MTU reikšmė, yra fragmentuojami. Parinkus mažą MTU reikšmę, reikalinga didesnė fragmentacija ir tai apkrauna mikroprocesorių, tačiau sugadintas ar pasimetęs mažesnis paketas turi mažiau įtakos video duomenų perdavimui, nei sugadintas didelis paketas.

3 – duomenų kanalu perduodami vaizdo duomenys. Kanalui parenkami tokie parametrai:

- Priklausomai nuo siųstuvo, trukdžių ir apkrautumo parinktas duomenų kanalo greitis, kuriuo perduodami video duomenys.
- W-LAN bevieliam tinklui nustatomas prisijungusių vartotojų skaičius, kuriems maksimalus greitis dalinamas vienodai.
- Pagal atliktus tyrimus jokie RTP/RTCP protokolų parametrai nėra keičiami, nes jis sukurtas realaus laiko sistemų duomenų perdavimų funkcijoms atlikti.

4 – imtuvas. Imtuvas priima vaizdo signalą ir jį dekoduoja. Imtuvo parametrai tokie patys kaip ir siųstuvo. Dekoderis veikia su standartiniais parametrais.

5 – atvaizdavimo prietaiso paskirtis stebėti gaunamą vaizdą iš kameros. Jo svarbiausia savybė – gebėjimas gauti duomenis iš imtuvo ir juos atvaizduoti.

### 2.3 Modelio formali elgsena

1. Vaizdo kamera realų vaizdą paverčia skaitmeniniu signalu naudodama RGB spalvų sistemą, tai gali būti išreikšta formule:

$$y = F_1(r, g, b), \text{ čia } r, g, b \in [0..255], (1)$$

kur  $y$  – skaitmeninis signalas,  $r$ ,  $g$  ir  $b$  – raudonos, žalios ir mėlynos spalvos kiekis pikselyje.

2. Koderis gautą signalą  $y$  užkoduoja naudodamas H.264 kodeką (2) ir perduoda jį siųstuvui.

$$x = F_2(y). (2)$$

Siųstuvus gavęs signalą  $x$  naudodamas papildomus parametrus siunčia jį duomenų kanalu. Siuntimo išraiška galėtų būti tokia:

$$z = F_3(x, \{T\}), (3)$$

kur

$$T = \begin{cases} t_1, \text{ jei } EDGE \text{ siųstuvus} \\ t_2, \text{ jei } UMTS \text{ siųstuvus} \\ t_3, t_4, t_5, \text{ jei } W - LAN \text{ siųstuvus} \\ t_6, t_7, \text{ jei } WiMAX \text{ siųstuvus} \end{cases}. (4)$$

Čia  $t$  yra parametrų rinkinys siųstuvo modeliui.  $t_1$  – EDGE moduliacijos algoritmas,  $t_2$  – UMTS moduliacijos algoritmas,  $t_3$  – bevielio tinklo standartas,  $t_4$  – bevielio tinklo dažnis,  $t_5$  – skirtingos W-LAN MTU reikšmės,  $t_6$  – WiMAX standartas,  $t_7$  – WiMAX ryšio dažnis,  $z$  – išeinantis signalas.

3. Iš siųstuvo į imtuvą paketai keliauja duomenų kanalu. Tarkime, kad mums svarbių kanalo parametrų rinkinys yra  $p$ , o  $p_1$  – EDGE greitis,  $p_2$  – HSDPA greitis,  $p_3$  – W-LAN greitis,  $p_4$  – žmonių prisijungusių prie W-LAN skaičius,  $p_5$  – WiMAX perdavimo sparta. Tuomet svarbius kanalo parametrus ir paketų perdavimą galime nusakyti taip:

$$j = F_4(z, \{P\}), (5)$$

kur

$$P = \begin{cases} p_1, \text{ jei } EDGE \\ p_2, \text{ jei } HSDPA \\ p_3, p_4, \text{ jei } W - LAN \\ p_5, \text{ jei } WiMAX \end{cases}. (6)$$

4. Siųstuvas priima signalą  $j$  persiūtą duomenų kanalu:

$$u = F_5(j, \{R\}). \quad (7)$$

Imtuvo ir siųstuvo parametrai turi būti tokie patys, taigi  $r = t$ , iš (4) seka:

$$R = \begin{cases} r_1, \text{ jei } EDGE \text{ siųstuvas} \\ r_2, \text{ jei } UMTS \text{ siųstuvas} \\ r_3, r_4, r_5, \text{ jei } W - LAN \text{ siųstuvas} \\ r_6, r_7, \text{ jei } WiMAX \text{ siųstuvas} \end{cases}. \quad (8)$$

Čia  $u$  – dekoderiui perduodami užkoduoti video duomenys. Dekoderis iškoduoja vaizdo duomenis ir persiunčia juos atvaizdavimo įrenginiui

$$k = F_6(u). \quad (9)$$

5. Atvaizdavimo prietaisas paverčia atkoduotą videoturinį  $k$  į vaizdą  $i$ ,

$$i = F_7(k), \quad (10)$$

kurį lyginame su pradiniu vaizdu  $y$ .

### 3. Eksperimentinė dalis

Šiame skyriuje pateikti eksperimentinių modelio tyrimų rezultatai ir jų apibendrinimas.

#### 3.1 Videoturinio perdavimo sistemos modeliavimo rezultatai

Su vaizdo kamera nufilmuoti du vaizdo klipai:

- Pirmasis klipas „Liptai“ yra 15,4 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamosios gebos, susideda iš 231 kadro (15 kadrų per sekundę) ir užima 203Mb RAW formatu.



7. pav. Kadras iš klipo „Liptai“

- Antrasis klipas „Kiemas“ yra 13,3 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamosios gebos, susideda iš 100 kadrų (7,5 kadrų per sekundę) ir yra 375Mb dydžio RAW formatu.



8. pav. Kadras iš klipo „Kiemas“

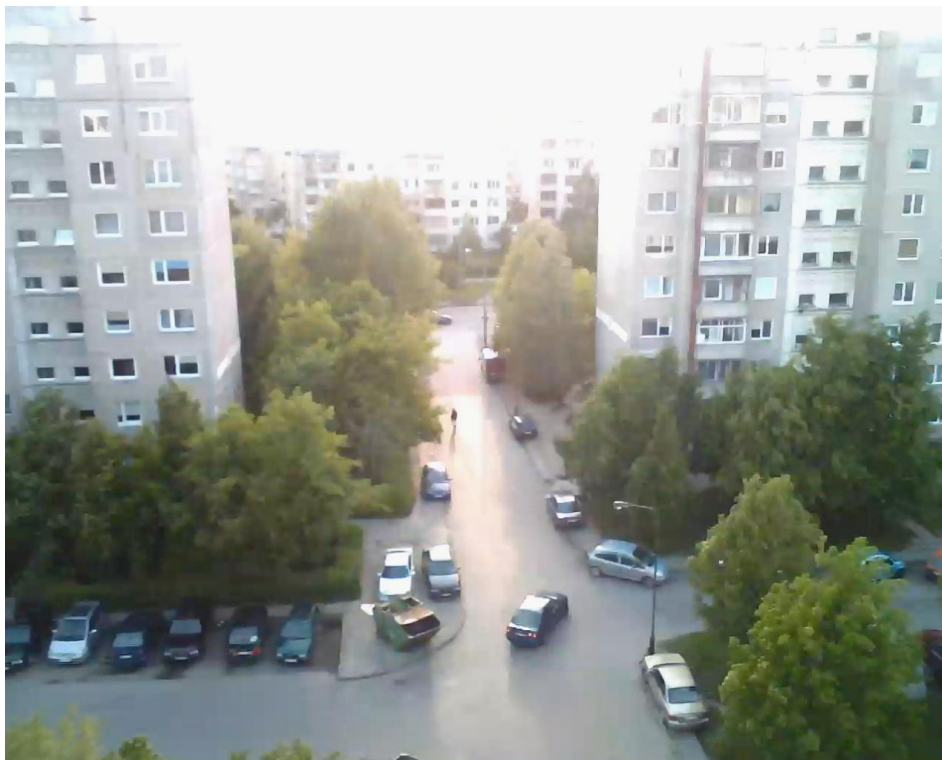
Parinkus EDGE siųstuvo moduliacijos algoritmą 8PSK ir įvertinant galimus trikdžius, operatoriaus apribojimus ir vartotojų skaičių, pastovų greitį – 135kbps, gauta:

- Gauti klipo „Laiptai“ rezultatai: 16 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamoji geba, susideda iš 16 kadrų (1 kadras per sekundę), užima 9,37Mb RAW formatu. Siunčiant duomenis EDGE tinklu buvo prarasti 215 kadrų ir beveik 194Mb vaizdo duomenų RAW formatu, gautas vėlinimas 600ms.



9. pav. Kadras iš klipo „Laiptai“ persiuntus jį EDGE kanalu

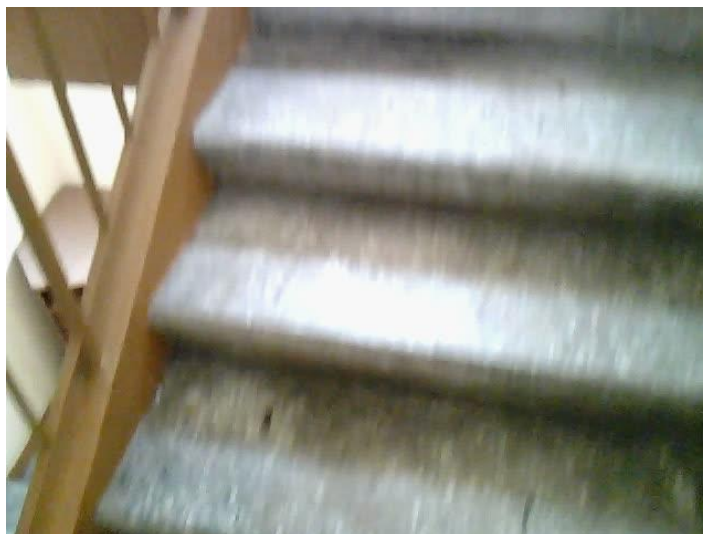
- Gauti klipo „Kiemas“ rezultatai: 15 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamoji geba, susideda iš 15 kadrų (1 kadrą per sekundę), užima 37,5Mb RAW formatu. Siunčiant šį klipą EDGE kanalu buvo prarasti 85 kadrų ir 337,5Mb duomenų, gautas vėlinimas yra 1700ms.



10. pav. Kadras iš klipo „Kiemas“ persiuntus jį EDGE kanalu

Parinkus UMTS siųstuvui 16QAM moduliaciją ir HSDPA kanalui nustačius pastovų greitį 512kb/s (imtuvas naudojasi srautu iš kelių antenų) gaunami rezultatai:

- Klipo „Laiptai“ rezultatai: 15,417 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamoji geba, susideda iš 185 kadrų (12 kadrų per sekundę), yra 108Mb dydžio RAW formatu. Buvo prarasti 46 kadrų ir 95Mb videoturinio, vėlinimas 170ms.



11. pav. Klipo „Laiptai“ persiūsto HSDPA kanalu kadras

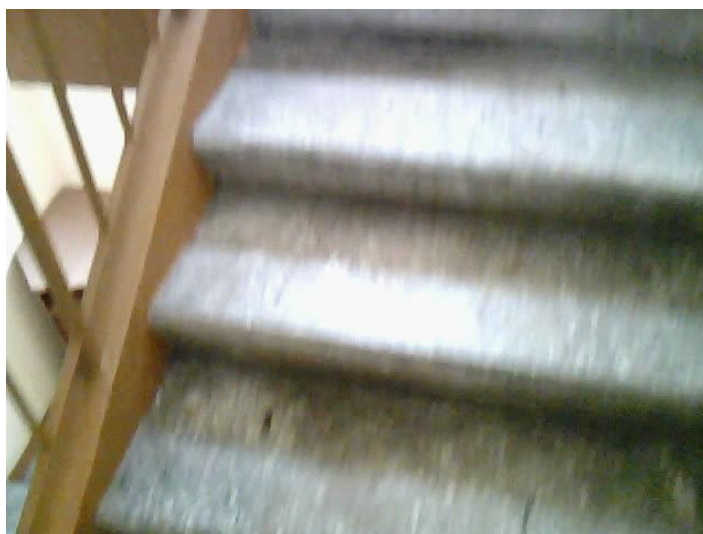
- Klipo „Kiemas“ rezultatai: 15 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamoji geba, susideda iš 75 kadrų (5 kadrai per sekundę), yra 187Mb dydžio RAW formatu. Buvo prarasti 25 kadrai ir 188Mb videoturinio RAW formatu, vėlinimas 1700ms.



12. pav. Klipo „Kiemas“ persiųsto HSDPA kanalu kadras

Keičiant W-LAN standartus (802.11b, 802.11g, 802.11n), veikimo dažnius (2,5GHz ir 5GHz) ir MTU reikšmes (750 ir 1500) rezultatai buvo labai panašūs, todėl pateikiami suvidurkinti rezultatai:

- Gauti klipo „Liptai“ rezultatai: 15,4 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamoji geba, susideda iš 231 kadro (15 kadrų per sekundę), yra 135Mb dydžio RAW formatu. Kadrai nebuvo prarasti, tačiau prarasta 68Mb duomenų, vėlinimas <30ms.



13. pav. Kadras iš klipo „Liptai“ persiuntus jį W-LAN tinklu



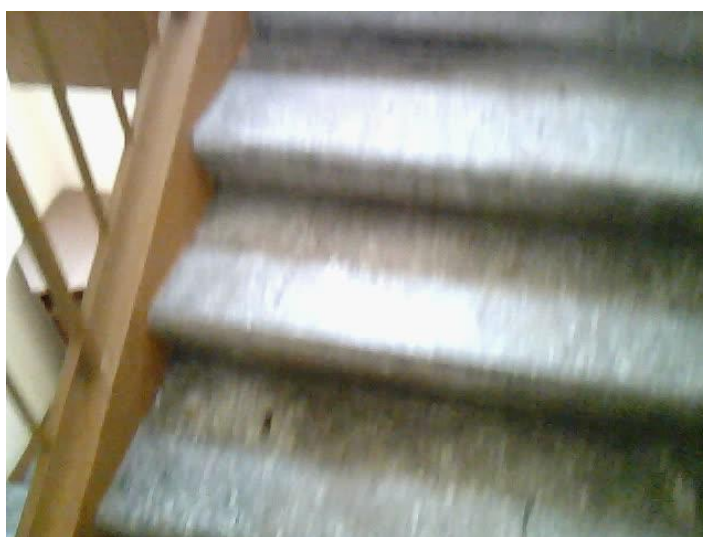
- Gauti klipo „Kiemas“ rezultatai: 15 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamoji geba, susideda iš 114 kadro (7,6 kadro per sekundę), yra 285Mb dydžio RAW formatu. Kadro skaičius padidėjo 14, prarasta 90Mb duomenų, vėlinimas 1800ms.



*14. pav. Kadras iš klipo „Kiemas“ persiuntus jį W-LAN tinklu*

Mobiliam WiMAX kanalui parinkus 802.16m standartą ir 5,25GHz dažnį gauta:

- Klipas „Laiptai“: 15,4 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamoji geba, susideda iš 231 kadro (15 kadro per sekundę), užima 132Mb RAW formatu. Nėra prarastų kadro, duomenų prarasta 71Mb, vėlinimas <35ms.



*15. pav. Kadras iš klipo „Laiptai“ persiuntus jį WiMAX tinklu*

- Klipas „Kiemas“: 14,5 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamoji geba, susideda iš 109 kadrų (7,5 kadro per sekundę), yra 277Mb dydžio RAW formatu. Kadru skaičius padidėjo 9, prarasta 98Mb duomenų, vėlinimas 1200ms.



16. pav. Kadras iš klipo „Kiemas persiuntus jį WiMAX tinklu

Keičiant koderio parametrus bandant pagerinti perdavimą EDGE kanalu, buvo gauti tokie rezultatai:

- „Liptai“: 15,4 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamoji geba, susideda iš 231 kadro (15 kadrų per sekundę), užima 5Mb RAW formatu. Nėra prarastų kadrų, duomenų prarasta 198Mb, vėlinimas <30ms.



17. pav. Kadras iš klipo „Liptai“ persiuntus jį EDGE tinklu

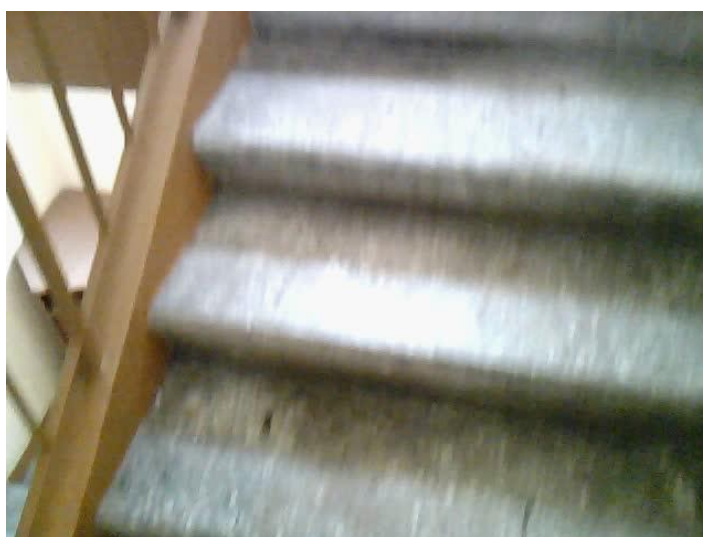
- Klipas „Kiemas“: 14,7 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamoji geba, susideda iš 112 kadro (7,6 kadro per sekundę), yra 25Mb dydžio RAW formatu. Kadro skaičius padidėjo 14, prarasta 350Mb duomenų, vėlinimas 1400ms.



18. pav. Kadras iš klipo „Kiemas“ persiuntus jį EDGE tinklu

Keičiant kodeko parametrus bandant pagerinti perdavimą HSDPA kanalu, gauta:

- Klipo „Laiptai“ rezultatai: 15,4 sekundžių ilgio, 640x480 skiriamoji geba, susideda iš 231 kadro (15 kadro per sekundę), užima 50Mb RAW formatu. Nėra prarastų kadro, duomenų prarasta 153Mb, vėlinimas <30ms.



19. pav. Kadras iš klipo „Laiptai“ persiuntus jį HSDPA tinklu

- Klipo „Kiemas“ rezultatai: 14,2 sekundžių ilgio, 1280x1024 skiriamoji geba, susideda iš 110 kadrų (7,7 kadro per sekundę), yra 92Mb dydžio RAW formatu. Kadru skaičius padidėjo 10, prarasta 283Mb duomenų, vėlinimas 900ms.



20. pav. Kadras iš klipo „Kiemas persiuntus jį HSDPA tinklu

### 3.2 Rezultatų apibendrinimas

Čia pateikiami apibendrinti eksperimento rezultatai su dviem video klipais „Laiptai“ (2. lentelė) ir „Kiemas“ (3. lentelė). Kiekvieno W-LAN standarto su skirtingomis MTU reikšmėmis rezultatai (4. lentelė ir 5. lentelė) ir vėlinimo priklausomybė nuo prarastų kadrų skaičiaus.

2. lent. Eksperimento su klipu „Laiptai“ rezultatai

	Originalus	EDGE	HSDPA	W-LAN	WiMAX	Optimalus EDGE	Optimalus HSDPA
RAW formato dydis, Mb	203	9,37	108	135	132	5	50
Kadrų skaičius	231	16	185	231	231	231	231
Kadrų skaičius per sekundę, fps	15	1	12	15	15	15	15
Vėlinimas, ms	-	600	170	≤30	≤35	≤30	≤30

3. lent. Eksperimento su klipu „Kiemas“ rezultatai

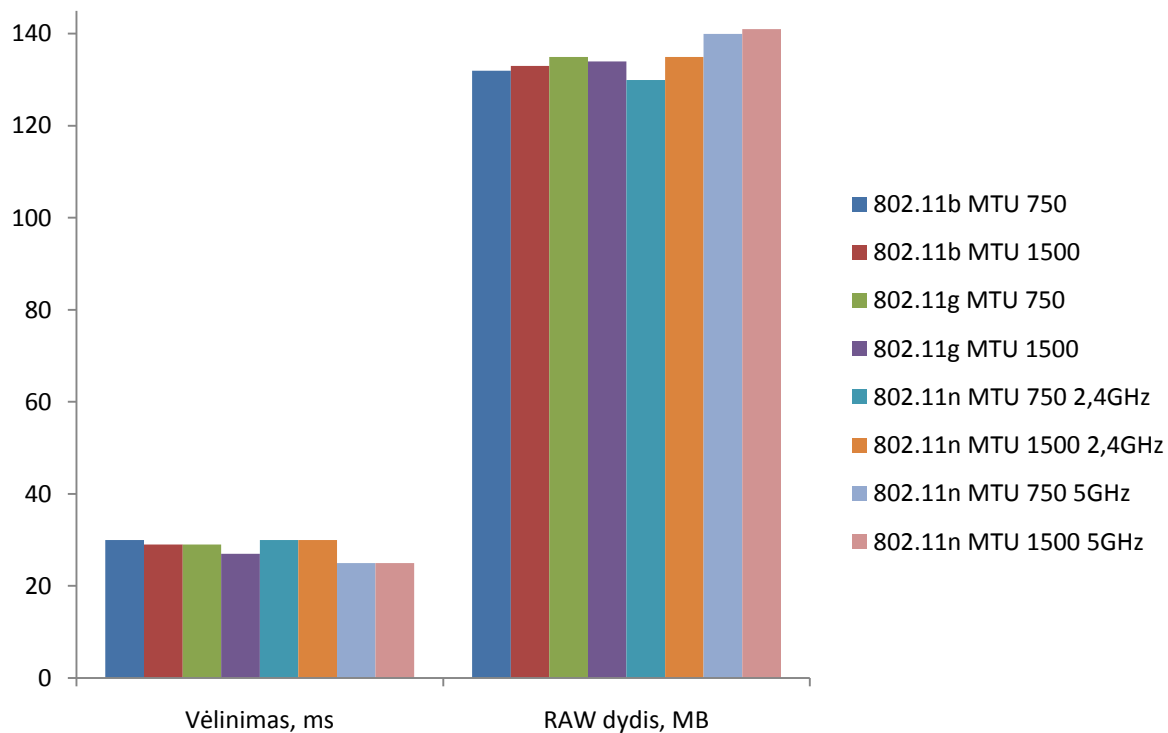
	Originalus	EDGE	HSDPA	W-LAN	WiMAX	Optimalus EDGE	Optimalus HSDPA
RAW formato dydis, Mb	375	37,5	187	285	277	25	92
Kadrų skaičius	100	15	75	114	109	112	110
Kadrų skaičius per sekundę, fps	7,5	1	5	7,6	7,5	7,6	7,7
Vėlinimas, ms	-	1700	1700	1800	1200	1400	900

4. lent. Eksperimento su klipu „Laiptai“ rezultatai

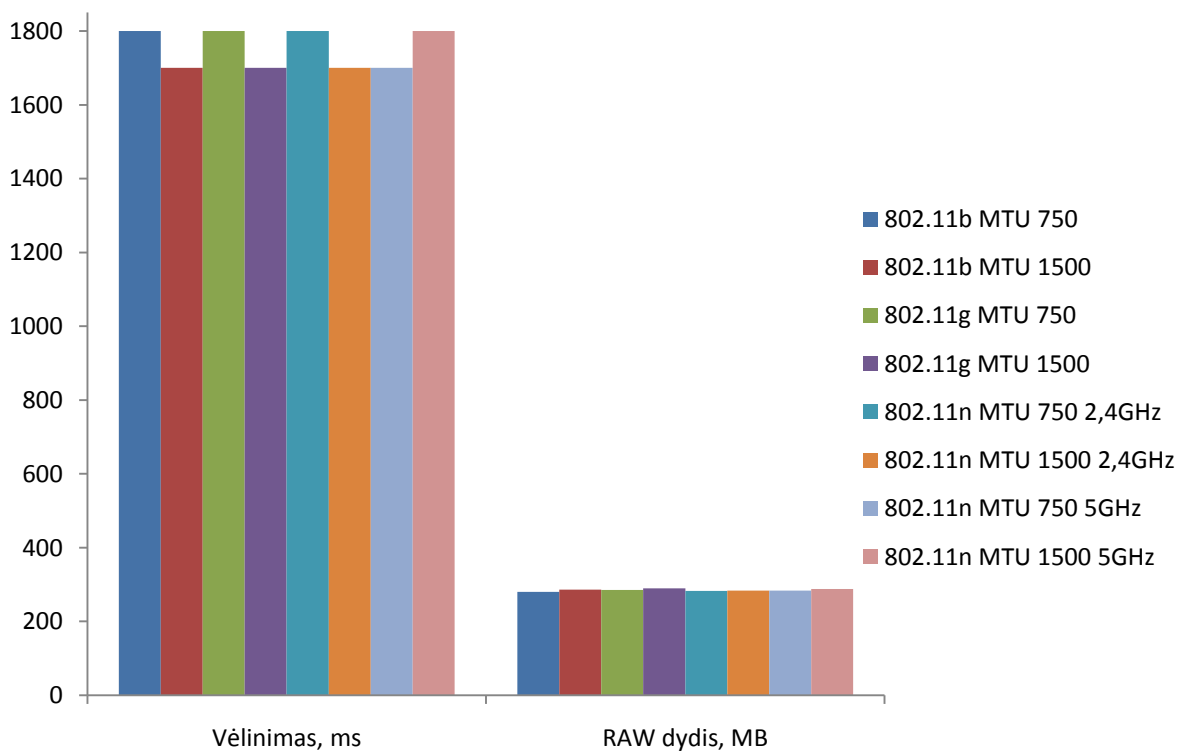
	Originalus	802.11b		802.11g		802.11n			
						2,4GHz		5GHz	
		MTU 750	MTU 1500	MTU 750	MTU 1500	MTU 750	MTU 1500	MTU 750	MTU 1500
RAW formato dydis, Mb	203	132	133	135	134	130	135	140	141
Kadrų skaičius	231	231	231	231	231	231	231	231	231
Kadrų skaičius per sekundę, fps	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Vėlinimas, ms	-	30	29	29	27	30	30	25	25

5. lent. Eksperimento su klipu „Kiemas“ rezultatai

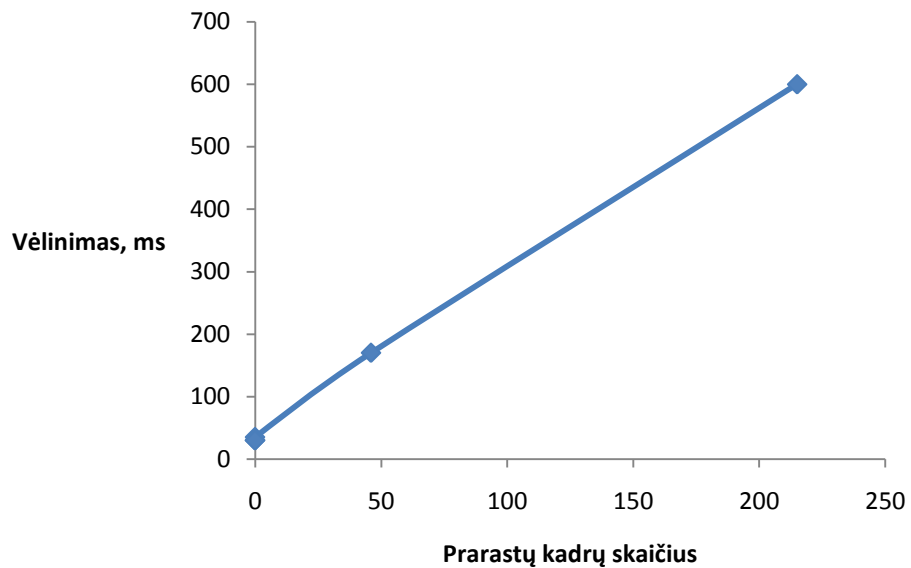
	Originalus	802.11b		802.11g		802.11n			
						2,4GHZ		5GHz	
		MTU 750	MTU 1500	MTU 750	MTU 1500	MTU 750	MTU 1500	MTU 750	MTU 1500
RAW formato dydis, Mb	375	280	286	285	290	283	284	284	288
Kadrų skaičius	100	110	114	109	112	112	114	119	121
Kadrų skaičius per sekundę, fps	7,5	7,3	7,5	7,6	7,6	7,7	7,7	7,6	7,8
Vėlinimas, ms	-	1800	1700	1800	1700	1800	1700	1700	1800



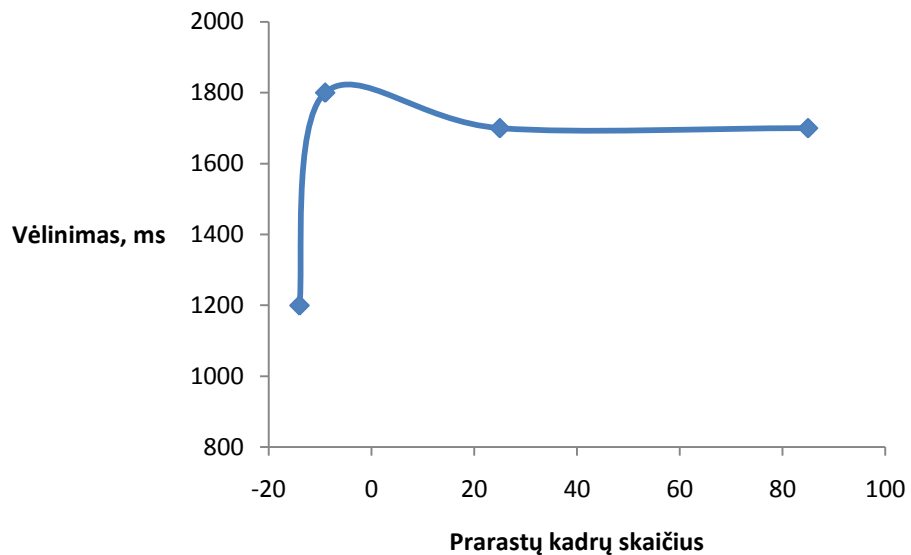
21. pav. W-LAN vėlinimų ir RAW dydžių diagrama klipui „Laiptai“



22. pav. W-LAN vėlinimų ir RAW dydžių diagrama klipui „Kiemas“



23. pav. Vėlinimo ir prarastų kadro santykis klipe „Laiptai“



24. pav. Vėlinimo ir prarastų kadro santykis klipe „Kiemas“

Iš pateiktų vėlinimo ir prarastų kadro santykio grafikų (23. pav. ir 24. pav.) nustatyta, kad 640x480 skiriamosios gebos klipe „Laiptai“, vėlinimas ir prarastų kadro skaičius susiję beveik tiesine priklausomybe. 1280x1024 skiriamosios gebos klipe „Kiemas“ atsiranda papildomas kadro skaičius, kurį lemia RTP/RTCP protokolo elgsena arba H.264 kodeko algoritmas.

## 4. Išvados

- Išanalizavus galimus perdavimo protokolus, vaizdo kodavimo ir perdavimo algoritmus buvo išrinkti tinkamiausi videoturinio perdavimo sistemos modeliui. Pasirinkti EDGE, HSDPA, W-LAN ir WiMAX perdavimo būdai, RTP/RTCP perdavimo protokolas ir H.264 kodekas.
- Atlikus analizę nustatyta, kad videoturiniui perduoti labiausiai tinka RTP/RTCP perdavimo algoritmas, kuris buvo kuriamas realaus laiko sistemoms.
- Remiantis atlikta kodavimo ir perdavimo algoritmų analize, sudarytas formalus sistemos modelis. Aprašyta videoturinio perdavimo sistemos modelio formali elgsena.
- Atlikus eksperimentą nustatyta, kad W-LAN ir WiMAX duomenų kanalai gali perduoti video duomenis, nekeičiant koderio parametrų, be kadru praradimo.
- Beveik visuose tinkluose, nepriklausomai nuo pasirinkto standarto, veikimo dažnio ir MTU reikšmės, siunčiant 1280x1024 skiriamosios gebos klipą „Kiemas“, atsiranda paketų perteklius, todėl didėja kadru skaičius. Tokią elgseną lemia RTP/RTCP protokolo elgsena arba H.264 algoritmas.
- Remiantis gautais rezultatais, nustatyta, kad nepriklausomai nuo W-LAN standarto, MTU reikšmės ar veikimo dažnio, videoturinio duomenų perdavimo rezultatai labai panašūs.
- Remiantis eksperimento rezultatais, nustatyta, kad EDGE ryšys tinkamas perduoti vaizdai turinčiam mažą kadru per sekundę skaičių (šio modelio atveju 1fps), dėl šios savybės, jis netinka video pokalbiams. Prastinant vaizdo kokybę duomenys perduodami be praradimo. Žiūrint pablogintą kokybės vaizdą, veido atpažinimas tampa neįmanomas, tačiau tinka patalpų stebėjimui kur nereikalingas didelis aiškumas.
- Eksperimentiškai nustatyta, kad HSDPA protokolas tinkamas videoturinio perdavimui. Abiejų klipų atveju buvo prarasta apie 23% kadru, kas kritiškai neįtakoja kokybės. Pakeitus H.264 kodeko vaizdo spartos bitais parametru, kad kadrai nebūtų pametami, ženklus kokybės pokyčio nepastebėta.
- Iš rezultatų grafikų matome, kad tik „Laiptai“ klipo atveju vėlinimas priklauso nuo prarastų kadru skaičiaus, tai gali įtakoti didesnė klipo „Kiemas“ skiriamoji geba.



## Literatūros sąrašas

1. JOHN VANHOUCKE The position of streaming within the convergence context. *ICT Academy*: konferencijos pranešimų medžiaga. Belgija, 2006.
2. Oficialus MPEG puslapis [žiūrėta 2010-09-15]. Prieiga per internetą <http://mpeg.chiariglione.org/>.
3. Kaip veikia skaitmeninė televizija [žiūrėta 2010-10-01]. Prieiga per internetą <http://electronics.howstuffworks.com/dtv.htm/printable>.
4. Oficialus NetSim puslapis [žiūrėta 2011-01-10]. Prieiga per internetą <http://www.tetcos.com/software.html>.
5. Oficialus NS-3 puslapis [žiūrėta 2011-01-10]. Prieiga per internetą <http://www.nsnam.org/>.
6. S. SUTOR, G. PUJOLLE, R. REDA Instantaneous Mobile Video Surveillance: A Security & Quality Challenge. *Wireless Days*, 2008, Nr. 8, p. 1-6.
7. Kas yra susipynęs vaizdas [žiūrėta 2011-04-15]. Prieiga per internetą <http://www.computerscience1.net/2011/spring/1080i>.
8. ANDREA BASSO, BYOUNG-JO „J“ KIM, ZHIMEI JIANG Performance evaluation of MPEG-4 video over realistic EDGE wireless networks. *Wireless Personal Multimedia Communications*: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Kanada, 2002, p. 1118-1122.
9. DJAMAL-EDDINE MEDDOUR, MUBASHER MUSHTAQ, TOUFIK AHMED Open Issues in P2P Multimedia Streaming. *Multicomm*: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Stambulas, 2006.
10. SON PHONG LE, YUANHAO ZHAI, SABIR GHOURI, QUANMIN ZHU Streaming Services in High Speed Downlink Packet Access. *Modelling, Identification and Control*: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Okajama, 2010, p. 1.
11. HAFIZ MUHAMMAD OMER CHUGHTAI, SHAHZAD A. MALIK, MUHAMMAD YOUSAF Performance Evaluation of Transport Layer Protocols for Video Traffic over WiMax. *IEEE Multitopic Conference*: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. Islamabadas, 2009, p. 1.
12. MINORU ETOH, TAKESHI YOSHIMURA Wireless Video Applications in 3G and Beyond. *Wireless Communications*, 2005, Nr. 12, p. 66.
13. THOMAS STOCKHAMMER, MISKA M. HANNUKSELA H.264/AVC Video for Wireless Transmission. *Wireless Communications*, 2005, Nr. 12, p. 6.

14. ANTONIOS ARGYRIOU, VIJAY MADISETTI Streaming H.264/AVC Video over the Internet. *Consumer Communications and Networking Conference: konferencijos pranešimų medžiaga*. Las Vegas, 2004, p. 169.
15. THOMAS STOCKHAMMER, MISKA M. HANNUKSELA, THOMAS WIEGAND H.264/AVC in Wireless Environments. *Circuits and Systems for Video Technology*, 2003, Nr. 7, p. 657.
16. STEPHAN WENGER H.264/AVC Over IP. *Circuits and Systems for Video Technology*, 2003, Nr. 7, p. 645.
17. T. J. MOULSLEY Performance of UMTS high speed downlink packet Access for data streaming applications. *3G Mobile Communication Technologies: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga*. Londonas, 2002, p. 302.
18. DAPENG WU, YIWEI THOMAS HOU, YA-QIN ZHANG Transporting Real-Time Video over the Internet: Challenges and Approaches. *Proceedings of the IEEE*, 2000, Nr. 12, p. 1855.
19. DAPENG WU, YIWEI THOMAS HOU, WENWU ZHU, HUNG-JU LEE, TIHAO CHIANG, YA-QIN ZHANG, H. JONATHAN CHAO On End-to-End Architecture for Transporting MPEG-4 Video Over the Internet. *Circuits and Systems for Video Technology*, 2000, Nr. 6, p. 923.
20. GIOVANNI GUALDI, ANDREA PRATI, RITA CUCCHIARA Video Streaming for Mobile Video Surveillance. *Multimedia*, 2008, Nr. 6, p. 1142.
21. ALEJANDRO A. RAMIREZ-ACOSTA, MIREYA S. GARCIA-VAZQUEZ, JUAN COLORES-VARGAS MPEG-4 AVC/H.264 and VC-1 Codecs Comparison Used in IPTV Video Streaming Technology. *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference 2008: konferencijos pranešimų medžiaga*. Cuernavaca, 2008, p. 122.
22. CHRISTOS PAPATHANASIOU, NIKOS DIMITRIOU, LEANDROS TASSIULAS Downlink Multi-user Transmission for Higher User Speeds in IEEE 802.16m. *2009 7th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga*. Seulas, 2009, p. 1.
23. Christian Hoymann, Peter Stuckmann On the Feasibility of Video Streaming Applications over GPRS/EGPRS. *Global Telecommunications Conference: tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga*. Taipėjus, 2002, p. 2478-2482.
24. PRATIMA MANHAS, SHAVETA THAKRAL, CHAKRESH KUMAR Performance Analysis of GPRS/EDGE. *International Journal of Electronic Engineering Research*. 2010, Nr. 5, p. 655-658.

25. WiMAX IEEE 802.16m standarto aprašymas [žiūrėta 2011-04-15]. Prieiga per internetą  
[http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document\\_library/wimax\\_802.16m.pdf](http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document_library/wimax_802.16m.pdf).
26. Oficialus Simulink puslapis [žiūrėta 2011-01-10]. Prieiga per internet  
<http://www.mathworks.com/products/simulink/>.

# **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF VIDEO STREAMING SYSTEM MODEL**

## **SUMMARY**

For several years we've witnessed an incredible growth in use of video streaming services. Recent network traffic studies and surveys show no signs of this process slowing down. There is growing need for video streaming systems in companies for video calling, security, home and public surveillance and much more. Therefore it is important to make a model of video streaming system and find out what transfer protocols, codecs suits better and what such system is capable of.

Purpose of this work is to develop and research video streaming system model. Analyze, try and test specific characteristics in a pursuit of perfect transmission conditions. Work includes various transmission channels, protocols and algorithms, which might be used in the video streaming system. Trying find out which technology and with what parameters enables face recognition or only movement spotting, using which transmission technology video stream viewing is available while moving and only stationary.

## **Terminų ir santrumpų žodynas**

GSM – mobiliųjų telefonų ryšio standartas.

MPEG – ekspertų grupė sukurta vaizdo spaudimo standartams kurti ir tobulinti.

MPEG-1 – vaizdo suspaudimo standartas.

MPEG-2 – vaizdo suspaudimo standartas.

MPEG-3 – vaizdo suspaudimo standartas.

MPEG-4 – vaizdo suspaudimo standartas.

H.264 – vaizdo suspaudimo standartas.

UMTS – mobiliųjų telefonų ryšio standartas.

Wi-Fi – belaidė ryšio technologija.

WiMAX – belaidė ryšio technologija.

ISO – tarptautinė standartizavimo organizacija.