

IP VIDEO NADZOR IMPLEMENTIRAN U BEŽIČNOJ MESH MREŽI

IP VIDEO SURVAILANCE IMPLEMENTED IN WIRELESS MESH NETWORK

Pavle Mijatović, Konsing Group d.o.o. Beograd

Sadržaj – *Industrija sigurnosnog video nadzora je poslednjih 20 godina doživela najveće promene u svojoj istoriji. Od potpuno analognog pristupa prešlo se na potpuno digitalni kod kog je video kamera evoluirala od obične kutije za snimanje do pravog kompjutera sposobnog da radi mnoge, do skoro nezamislive, funkcije. Poslednjih godina, TCP/IP protokol je omogućio interkonekciju različitih industrija, u smislu telekomunikacija, u jedinstvenu IP mrežu. Na ovaj način, po prvi put, imamo jedinstven standard gde je jedini bitan činilac kapacitet mreže bilo da je ona lokalnog ili globalnog karaktera. Ovo je za video nadzor ogroman napredak jer nam dozvoljava da pristupimo nekoj sceni sa drugog kraja sveta pomoću jeftinog TCP/IP standarda što, do sada, uglavnom nije bilo moguće. U okviru ovog rada razmatra se mogućnost pristupa IP kamerama preko više bežičnih skokova u mesh mreži. Testirano je MJPEG i MPEG4 komprimovanje i doneseni su određeni zaključci u pogledu kvaliteta slike a rezultati dati tabelarno.*

Ključne riječi: Video nadzor, TCP/IP standard, Mesh mreža, Bežična mreža, MJPEG, MPEG4.

Abstract – *Video surveillance industry has for the last 20 years witnessed the greatest changes in its history. It went through a transformation from analog approach to totally digital one where a video camera has evolved from a plain recording box to a real computer capable of many, recently unthinkable, functions. Last years a TCP/IP protocol has given us a possibility of interconnecting different industries, in the terms of telecommunications, into unique IP network. This way, for the first time, we have a universal set of standards where the only relevant factor is a network capacity whether it is of a local or global character. For a video surveillance this is a huge breakthrough because it allows us access to a specific scene from another part of a world which was impossible until recently. A framework of this paper is analyzing a remote access to IP cameras via several wireless hops in Mesh network. The MJPEG and MPEG4 type of compression has been tested where several conclusions, regarding video quality, were deducted. The results of the tests have been given in tabular form.*

Key words: Video surveillance, TCP/IP standard, Mesh network, Wireless network, MJPEG, MPEG4.

1. UVOD

Tokom devedesetih godina prošlog veka, tehnologija video komponenata (kamere, snimači, monitori itd.) je od analognog evoluirala u digitalni oblik i postala kompatibilna sa kompjuterima bez kojih je danas nemoguće zamisliti kvalitetan video nadzor. Krajem devedesetih, digitalne kamere su se pojavile na svetskom tržištu donoseći veliki pad cena u video nadzoru a istovremeno su se pojavili moćni mikroprocesori, veliki hard diskovi i memorije koje su omogućile potrebnu kompjutersku snagu za efikasnu kontrolu, nadzor, snimanje i reprodukciju materijala načinjenog od strane digitalnih CCTV (Closed Circuit Television) kamera u sigurnosnim sistemima. Poslednji, odlučujući, udarac staroj tehnologiji je došao pojavljivanjem i masovnim prihvatanjem interneta i intraneta kao novog načina prenošenja glasa, podataka i za nas najvažnije, videa. Posmatrajući video kamere, glavni napredak se odigrao osamdesetih godina prošlog veka sa izumom, pojavljivanjem i primenom tehnologije tranzistora u kamerama i izbacivanjem stare tehnologije koja se zasnivala na elektronskim cevima a koja je bila mnogo podložnija propadanju.

Pre digitalizacije video kamera, sistem CCTV nadzora je bio pretežno zasnovan na korišćenju monohromatskih kamera. Krajem dvadesetog veka, na tržištu počinju da se pojavljuju i koriste kolor video kamere koje su oberučke prihvaćene u sigurnosnoj industriji. Iako se monohromatske kamere i dalje koriste u područjima niske osvetljenosti, kolor kamere su dominantne na tržištu sigurnosti. Mnoge monohromatske kamere, koje se i dalje upotrebljavaju za potrebe nadgledanja slabo osvetljenih lokacija, su opremljene IR (infrared) iluminatorima. Takođe, na tržištu se pojavila nova generacija pasivnih monohromatskih termalnih IR kamera koje mogu da detektuju razliku u temperaturi objekta u odnosu na posmatranu scenu i na taj način su upotrebljive čak i u totalnom mraku. Prednost kolor kamera je velika i veoma je lako možemo ilustrovati. Ako isključimo boju na našem monitoru, možemo uočiti razliku u kvalitetu jer objekti koji su ranije mogli biti lako identifikovani sad postaju problematični. Na primer, mnogo je lakše izdvojiti osobu sa crvenom majicom na kolor slici nego na monohromatskoj.

Postavlja se pitanje zašto je toliko bitno razumeti inteligentni i mrežni video a odgovor je u tome da upravo ova tehnologija video nadzora predstavlja najveću promenu u industriji sigurnosti koje je ovo tržište do sada doživelo. Živimo u digitalnom i umreženom dobu gde se mreža koristi

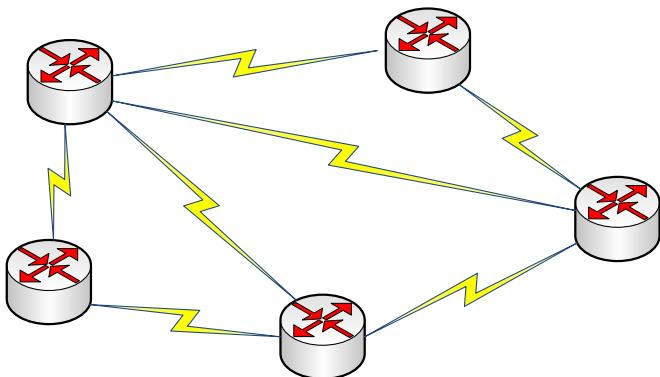
intezivno za potrebe svakodnevnog života. Svetsku mrežu već koristimo za bankarstvo, razmenu podataka, govor i još mnogo toga. IP ili takozvani Internet protokol menja način kako živimo i radimo pa se može zaključiti da će se komunikacija svih industrija i tehnologija objediniti preko Internet protokola, posebno njegove verzije 6, kao budućeg jedinstvenog standarda za digitalne komunikacije. Ovo bi moglo, istina malo satirično, da se ilustrije primerom gde će vaša kola, kompjuter, mobilni, frižider pa i pegla imati jedinstvenu IP adresu i biti deo jedne globalne kompjuterske mreže.

U ovom radu će se pokazati prednosti mrežnog IP video nadzora u bežičnim situacijama a posebno će naglasak biti na slučajevima sa više skokova gde će se pokazati praktična realizacija i problemi koji mogu nastati kod ovakvog pristupa. Za simulaciju je korišćena bežična mesh mreža firme Konsing iz Beograda a za svrhe testiranja su upotrebljene dve IP kamere firme Axis. Testovi protoka sa jednim i dva skoka su dali rezultate koji su predstavljeni tabelarno i koji su potvrđili određene, unapred postavljene, pretpostavke kao i doneli neke nove zaključke koji nisu bili očekivani.

2. BEŽIČNA MESH MREŽA

U ovom poglavlju će se objasniti šta je to bežična mesh mreža kao i njena praktična implementacija u firmi Konsing a potom će se dati opis kačenja IP kamera na tu mrežu.

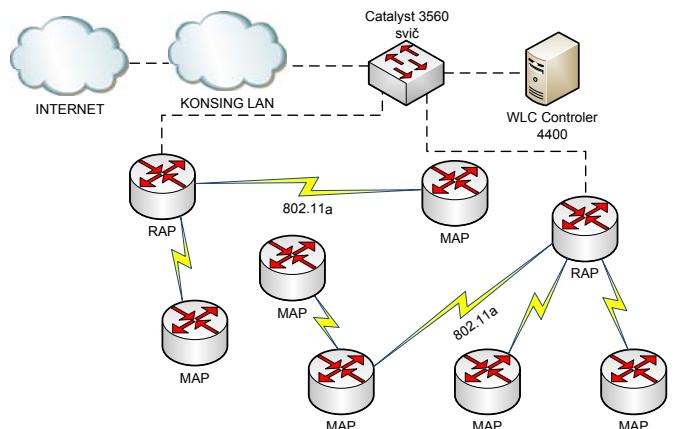
Kad se kaže Mesh mreža uvek se misli na tip umrežavanja računara i ostalih IP komponenti gde svaki čvor u mreži ima mogućnost da se ponaša kao ruter, nezavisno od toga da li je povezan na drugu mrežu ili ne [1]. To nam daje mogućnost kontinualne konekcije i konstantne rekonfiguracije puta podataka u mreži oko prekinutih ili blokiranih putanja tako što se skače od čvora do čvora sve dok se ne dođe do krajne destinacije. Specijalni tip mesha je onaj gde je svaki čvor povezan sa svakim i ona se naziva potpuno konektovana mesh mreža. Još jedna razlika u odnosu na klasične mreže je ta da komponente ili čvorovi mesh mreže mogu konektovati jedan sa drugim preko višestrukih skokova pa one, uobičajno, nisu mobilne. Mesh mreže su i samooporavljajuće što znači da one mogu da funkcionišu i kad se neka veza između čvorova prekine ili oslabi. Zbog ovakvih prednosti, one su veoma pouzdane jer često postoji više od jedne putanje od izvora do krajne destinacije (slika 1).



Slika 1. Tipična mesh mreža

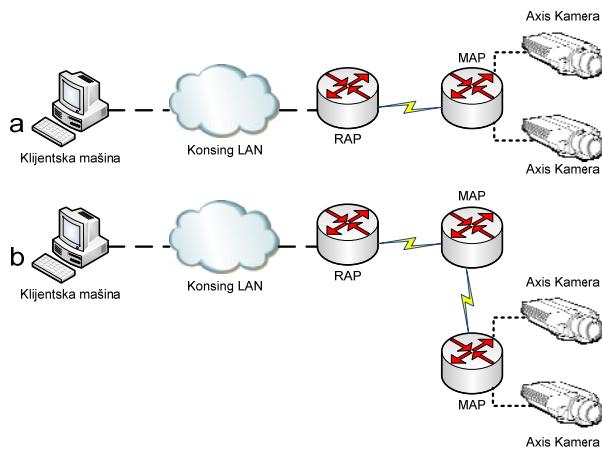
Zaseban podskup Mesh mreža su bežične Mesh mreže gde je logika ista ali je razlika u tome što se ovde prenos podataka vrši bežičnim putem. One su originalno bile razvijane za vojnu upotrebu kao ad-hoc mreže i tipičan su predstavnik mesh arhitekture. Poslednje decenije je veličina, cena i potrebna snaga radio predajnika smanjena što je omogućilo da se više radio uređaja implementira u svaki čvor. To je imalo za posledicu pojavu mogućnosti višestrukih funkcija kao što su klijentski pristup, radio relejna veza između čvorova i skeniranje što je jako važno za brzu promenu predajnika ka prijemniku u mobilnim aplikacijama. Mesh čvorovi su postali i modularniji što znači da jedan uređaj sada može da sadrži više radio modula ili kartica. U tipičnoj civilnoj upotrebi jedan mesh čvor je povezan na žičnu mrežu dok su ostali sa njim povezani bežičnim putem preko jednog ili više skokova.

Konsing Kompanija je na svom placevima u Beogradu instalirala bežičnu mesh mrežu kod koje je bilo upotrebljeno rešenje kompanije Cisco. Ovde se arhitektura mesh mreže sastoji od WLCA (Wireless LAN Controller) kontrolera serije 4400, RAP (Root Access Point) i MAP (Mesh Access Point) pristupnih tačaka serije 1500 i jednog Catalyst sviča lejera 3 serije 3560. Ovakva mesh mreža je bila prikaćena dalje na Internet preko Konsing LAN Ethernet mreže. Standardi koji su korišćeni za komunikaciju su bili IEEE 802.11a za bežičnu komunikaciju između pristupnih tačaka, IEEE 802.11b/g za bežični pristup klijenata i IEEE 802.3 (Ethernet LAN) za zični klijentski pristup [2].



Slika 2. Mesh mreža firme Konsing

Na slici 2 se može videti da su RAP uređaji povezani na žičnu mrežu a MAP uređaji povezani bežično na RAP ili druge MAP pristupne tačke. U ovakvoj mrežnoj arhitekturi bile su povezane i dve Axis IP kamere. One su Ethernet kablom bile konektovane na MAP koji je radio relejom vezom dalje bio povezan na RAP. U prvom slučaju su RAP i MAP bili povezani jednim bežičnim skokom a u drugom su bili povezni preko dva bežična skoka (preko još jednog MAPa) što se vidi na slici 3a i 3b. Ceo ovaj sistem je bio dopunjena sa jednom klijentskom mašinom koja se koristila za beleženje podataka kao što su protok i kvalitet slike i ona je preko Konsing LAN mreže bila povezana sa RAP pristupnom tačkom.



Slika 3. Slučaj povezivanja preko jednog i dva bežična skoka

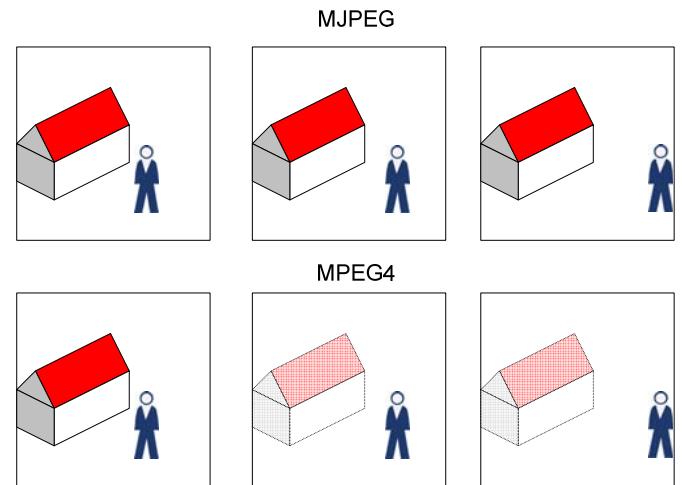
3. MJPEG I MPEG4

MJPEG i MPEG4 su najčešće metode komprimovanja video signalata korišćene u današnjim IP video kamerama [3]. Obe predstavljaju komprimovanje sa gubicima i svaka od njih ima svoje prednosti i mane. Cilj komprimovanja je da se smanji protok koji za sirov, nekomprimovani materijal može da dostigne čak do 200 Mbps. Ovako ogroman protok uopšte nije praktičan za prenos preko IP mreže kao ni za čuvanje na digitalnim medijima. Baš zato se koriste razne tehnike komprimovanja i sve one rade po principu da smanje količinu podataka zadržavajući neki podnošljiv kvalitet signala. To se radi tako što se smanjuje redundantna informacija koja može biti, na primer, beli zid ili plavo nebo. Uopšteno, svi tipovi komprimovanja video slike se zasnivaju na načinu kako ljudski mozak i oči rade zajedno i pokušavaju da iskoriste slabosti u ovom kompleksnom vizuelnom sistemu.

MJPEG (još poznat kao pokretni JPEG) predstavlja tehniku komprimovanja kod koje se digitalna video sekvenca sastoji od niza JPEG slika [4]. Ove slike čine video frejmove koji su nezavisni jedan od drugih tj. komprimuju se svaki posebno pa se onda redaju u hronološki niz. JPEG standard je nakorišćeniji format za komprimiranje statičnih slika i primenjuje se u digitalnim foto aparatima kao i na internetu. Korisnici imaju opciju da biraju širok dijapazon kvaliteta slike i to od visokokvalitetnih sa niskim kompresionim odnosom do niskokvalitetnih sa visokim kompresionim odnosom. Obzirom da kod MJPEGa nema zavisnosti između frejmova, ova tehniku je dosta robustna i to znači da pri eventualnom gubljenju nekih frejmova u prenosu, ostatak videa neće biti pogoden. Prednost MJPEGa posebno dolazi do izražaja u slučajevima nadzora gde postoji potreba analize pojedinačnih frejmova i tu je bez premca. Mana MJPEGa je u tome što, kao serija međusobno nezavisnih slika ili frejmova, ne iskoristi tehnike komprimovanja koje su razvijane baš za video i na taj način stvara veći protok od MPEG4 komprimovanja.

MPEG4 je skup metoda koje definišu komprimovanje audija i slike [4]. Koristi osobine MPEG1 i MPEG2 standarda ali donosi i mnoge nove. Još uvek se razvija i podeljen je u delove. Najbitniji su MPEG4 deo 2 koji koriste kodeci kao što su DivX, Xvid, itd. i MPEG4 deo 10, još nazivan i H.264, koji se koristi za video visoke rezolucije.

Najvažnija osobina MPEG4 standarda je njegova široka podrška za aplikacije i to od onih koje koriste nizak bitski protok (aplikacije za mobilne telefone na primer) pa do onih koje imaju na raspolaganju malte neograničen protok i zahtevaju sliku visokog kvaliteta. MPEG4 dozvoljava upotrebu bilo koje brzine frejmova u videu dok je MPEG2 bio zaključan na 25 frejma po sekundi. Kada se u video nadzoru pominje MPEG4 misli se uobičajno na MPEG4 deo 2 ili, drugačije nazivan, vizuelni MPEG4. Za razliku od MJPEGa, ovde je dosta niži protok jer se slike ne kodiraju samo pojedinačno već i zavise jedna od druge. Postoje I, P i B frejmovi od kojih su samo I frejmovi sa punim informacijama a P i B razlike u odnosu na I. Loša stvar ove metode je da jedan izgubljeni I frejm povlači za sobom sve ostale koji su vezani za njega što nije bio slučaj kod MJPEGa (Slika 4).



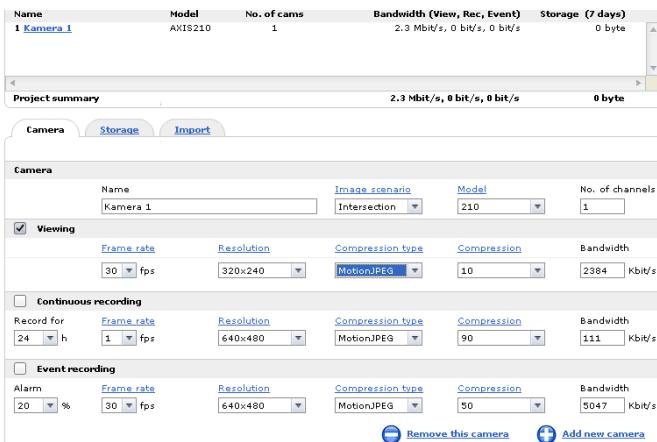
Slika 4. MJPEG i MPEG4 komprimovanje

4. TESTIRANJE I ZAKLJUČAK

Za svrhe testiranja su korišćene dve IP kamere kompanije Axis. U pitanju su modeli 270 i M1031. Cilj testiranja je bila provera da li očekivani protoci i kvalitet videa odgovaraju onima u praksi a posebno u slučaju bežične veze između kamera i klijentskog računara. Klijentski računar se ponašao kao server čija je svrha bila da prikaže živu video sliku na monitoru i snima istu na hard disk. Kamere su komunicirale sa serverom preko bežične mesh mreže zasnovane na Cisco opremi i rešenju koje je ranije pomenuto i prikazano na slici 2. Axis je za namene proračuna potrebnog protoka koji stvaraju njihove IP kamere, razvio poseban simulator (Slika 5). Simulator je podesive prirode i za svaki tip kamere postoje opcije podešavanja raznih parametara kao što su rezolucija, broj frejmova po sekundi, tip komprimovnja slike, itd. [1]. Kad se podese svi željeni parametri dobija se očekivani protok koji je za naš slučaj dat u tabeli 1 i on je, za potrebe ovog rada, proveren u praksi.

Rezolucija	Tip Komp	207w [kbps]				M-1031 [kbps]			
		1	6	18	30	1	6	18	30
320x240	MJPEG	82	482	1436	2384	82	482	1436	2384
	MPEG-4	28	110	263	389	28	110	263	389
640x480	MJPEG	330	1929	5745	9535	330	1929	5745	9535
	MPEG-4	113	441	1052	1556	113	441	1052	1556

Tabela 1. Očekivani protok kamera



Slika 5. Axis simulator korišćen za proračun očekivanog protoka

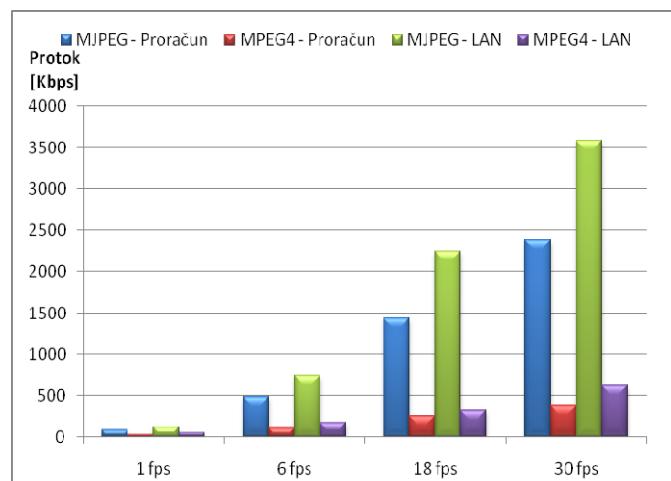
Kao što se može videti u tabeli, očekivani protoci dobijeni pomoću simulatora se slažu sa nekim ranije navedenim konstatacijama. Po tabeli 1, rastom broja frejmova po sekundi raste i protok što je logično i skladu sa teorijom [1] a takođe se vidi da za bilo koju istu rezoluciju i broj frejmova imamo različite protoke za MJPEG i MPEG4. Naravno protoci su veći za MJPEG jer je u pitanju komprimovanje kod koga se svaki frejm zasebno kodira nezavisno od drugog pa samim tim ima više informacija u videu. Poslednje na šta bi trebalo обратити пажњу је да су потпuno isti protoci za obe kamere iako su u pitanju različiti modeli. Ovo je opet logično jer koriste iste standarde za komprimovanje videa.

Kamere su prvo bile prikačene na Konsing LAN mrežu preko svica i pomoću programa za testiranje protoka na klijentskoj mašini, utvrđeno je da se simulirani protok iz tabele 1 generalno slaže sa onim u praksi što se vidi u tabeli 2 gde su date vrednosti za kameru M1031. Objasnjenje dodatnog protoka se može potražiti u organizaciji TCP/IP protokola gde svaki IP paket dodaje svoje podatke pored korisnih podataka što je u ovom slučaju video. Poređenje očekivanog i realnog protoka kamere M1031 u LAN mreži, pri rezoluciji od 320x240, možemo videti na grafiku slike 6.

Pošto je ispitano ponašanje kamera u LAN mreži, one su isključene sa iste i prikačene na bežičnu mesh mrežu čija je veza sa Konsing LANom bila preko RAPa ili glavne pristupne tačke. Kamere su prvo bile prikačene na pristupnu tačku koja je bila udaljena jedan bežični skok od RAPa a zatim su prikačene na drugu pristupnu tačku udaljenu dva bežična skoka (slika 3a i 3b).

		M-1031 [kbps]			
Rezolucija	Tip Komp	1	6	18	30
320x240	MJPEG	123	737	2252	3584
	MPEG-4	48	174	323	622
640x480	MJPEG	416	2662	8089	13414
	MPEG-4	170	692	2150	3174

Tabela 2. Realni protok M1031 kamere prikačene na LAN mrežu



Slika 6. Grafik očekivanog i realnog protoka kamere M1031 u LAN mreži

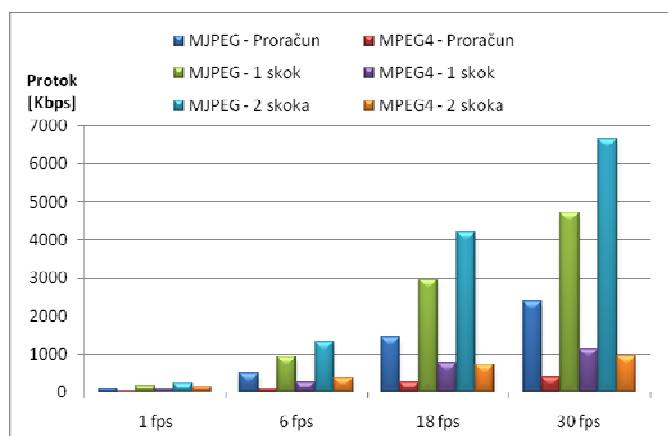
Tabele 3 i 4 pokazuju protoke generisane od strane kamera za slučajevne jednog i dva bežična skoka, respektivno, dok na slici 7 imamo grafik poređenja tih protoka sa očekivanim (simuliranim) protokom za kameru M1031.

Rezolucija	Tip Komp	207 [kbps]				M-1031 [kbps]			
		1	6	18	30	1	6	18	30
320x240	MJPEG	201	912	3276	5017	176	937	2969	4710
	MPEG-4	72	233	522	656	89	258	761	1126
640x480	MJPEG	552	3174	7884	8089	570	3276	9420	9523
	MPEG-4	149	570	1536	2355	244	1126	3174	5734

Tabela 3. Realni protok kamera prikačenih na mesh mrežu sa jednim skokom

Rezolucija	Tip Komp	207w [kbps]				M-1031w [kbps]			
		1	6	18	30	1	6	18	30
320x240	MJPEG	216	1228	3481	5632	231	1331	4198	6656
	MPEG-4	106	304	662	809	135	384	730	964
640x480	MJPEG	748	4198	7577	7600	872	5324	7782	7785
	MPEG-4	151	621	2048	2252	152	859	2867	3788

Tabela 4. Realni protok kamera prikačenih na mesh mrežu sa dva skoka

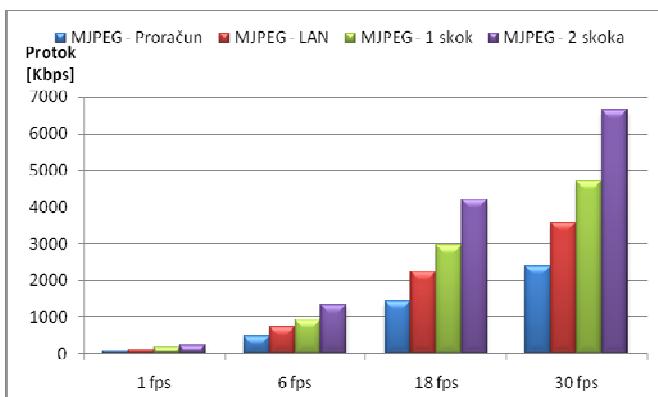


Slika 7. Grafik očekivanog i realnog protoka kamere M1031 za slučaj za jednog i dva bežična skoka

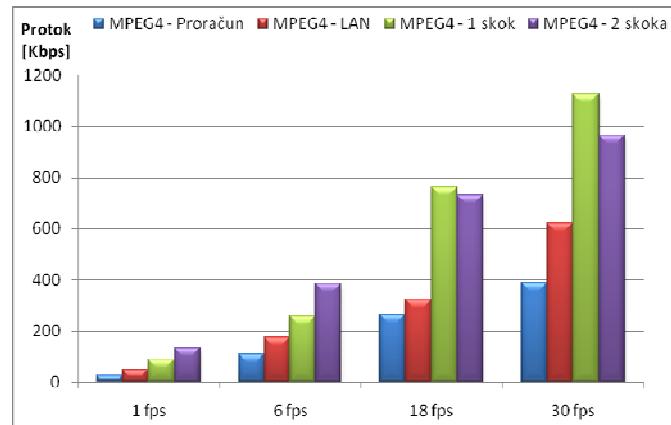
Iz tabele se može videti da MPEG4 opet ima dosta manji protok od MJPEGa što je i očekivano. Međutim, oba tipa komprimovanja generišu dosta veći protok od onog proračunatog simulatorom. Takođe, za dva skoka protok je veći nego za jedan. Na primer, za rezoluciju 320x240 i 1 fps

očekivani MJPEG protok je bio 82 Kbps dok je realni 201 Kbps ili čak 216 Kbps za slučaj dva skoka. Ovo konkretno znači da, ako želimo isti kvalitet slike za koji nam je po proračunu bilo potrebno 82 Kbps, moramo da obezbedimo bežični kapacitet od bar 200 Kbps za jedan skok odnosno 220 Kbps za dva. Sve ovo treba imati na umu kad se projektuje video nadzor u bežičnoj varijanti jer bežični prenos IP paketa zauzima dosta više protoka od žičnog za istu količinu korisnih podataka. U praksi se pokazalo da je to od 3 do 4 puta više nego očekivano. Sistem video nadzora će raditi i sa manjim kapacitetom ali onda neće biti moguć isti kvalitet slike koji smo planirali i doći će do odbacivanja paketa što će se manifestovati u izgubljenim frejmovima videa. Ovo je posebno veliki problem za situacije gde je svaki frejm bitan kao na primer u fabričkim pogonima gde se kontrolišu određeni proizvod na nekoj traci.

Pri merenju protoka je uočeno da MJPEG i MPEG4 nisu isti po pitanju konzistentnosti. MJPEG uvek ima jedan konstantan protok ma koliki on da je. Za razliku od njega, MPEG4 ima varijabilan protok koji se menja i do 50%. To u praksi znači da protok koji u tabeli 3 ili 4 pokazuje 500 Kbps se može spustiti i do 250 Kbps. Takođe, MPEG4 ima veliko kašnjenje u odnosu na sliku u realnom vremenu i rastom broja frejmova i/ili rezolucije raste i kašnjenje koje ide čak od jedne do dve sekunde za najviše kvalitete videa. Razlog ovoga je taj što je MPEG4 komplikovaniji tip komprimovanja i, obzirom da se koduje na strani kamere a dekoduje na strani klijenta, potrebna je dosta veća procesorska snaga koja će to sve da obradi u odnosu na MJPEG. Kad su se uporedili MJPEG i MPEG4 pri najvišim rezolucijama i broju frejmova, uočena je evidentna razlika u kašnjenju u korist MJPEGa koji je imao manje kašnjenje. Na kraju, imamo dva grafika na kojima se vidi poređenje rasta protoka za MJPEG i MPEG4 u zavisnosti od toga da li je u pitanju proračun, LAN veza ili bežična mesh mreža sa jednim ili dva skoka (slika 8 i 9 respektivno)



Slika 8. Poređene MJPEGa u zavisnosti od tipa konekcije sa klijentskim računarom



Slika 9. Poređene MPEG4 u zavisnosti od tipa konekcije sa klijentskim računarom

Zaključak testiranja kamera i bežične mesh mreže za potrebe video nadzora bi bili sledeći. Mora se paziti na kapacitet bežične mreže pri projektovanju video nadzora jer se očekivani i realni kapacitet dosta razlikuju. MPEG4 zauzima manji protok za isti ili sličan kvalitet ali je kašnjenje veće i nije dobar za određene namene kao što je analiza pojedinačnih frejmova. Opet, i jedan i drugi imaju probleme u pogledu stvaranja velikog protoka pri velikoj rezoluciji i broju frejmova tako da je bežični nadzor pogodniji za manje zahtevne aplikacije koje traže manji kapacitet mreže.

LITERATURA

- [1] Ian F. Akyildiz, Xudong Wang, *Wireless Mesh Networks*, UK, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd 2009.
- [2] William Stallings, *Wireless Communications and Networks, Second Edition*, US, New Jersey: Pearson education 2005.
- [3] Fredrik Nilsson, *Intelligent network video: understanding modern video surveillance systems*, US, Florida: CRC Press 2009.
- [4] Herman Kruegle, *CCTV Surveillance: Analog and Digital Video Practices and Technology*, US, Massachusetts: Elsevier 2007.