

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
(MSc)
στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Αξιολόγηση τεχνολογίας WebRTC για μετάδοση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων»

Ιωάννης Σαζόνοφ

A.M. MM4120003

Αθήνα, Νοέμβριος 2014

Abstract

Webcasting technology is widely spreading in the educational sector, allowing educational events to be attended by greater audiences than with using the traditional ways. In order to implement webcasting solutions, various technologies and techniques have been developed.

The following work describes the installation and testing of the Flashphoner WebRTC Streaming server which allows the transmission of a multimedia stream from an IP camera, located in a lecture hall, laboratory or conference room, to a web browser, located at any client device. The WebRTC technology allows using any WebRTC enabled browser without installing additional software or plugins, while the use of an IP camera allows using cheap and rugged surveillance IP cameras to distribute lectures and talks.

Περίληψη

Η ευρέως αναπτυσσόμενη στον τομέα της εκπαίδευσης τεχνολογία webcasting επιτρέπει σε ευρύτερο κοινό την πρόσβαση στην εκπαιδευτική διαδικασία από τους παραδοσιακούς τρόπους. Για την υλοποίηση της τεχνολογίας αυτής έχουν αναπτυχτεί διαφορές τεχνικές και τεχνολογίες.

Σε αυτή τη εργασία περιγράφεται η εγκατάσταση και οι δοκιμές του Flashphoner WebRTC Streaming server που επιτρέπει τη μετάδοση ροής πολυμέσων από μια IP κάμερα που μπορεί να βρίσκεται σε αμφιθέατρο, εργαστήριο ή αίθουσα συνεδριάσεων σε web browser της συσκευής του χρήστη. Η τεχνολογία WebRTC επιτρέπει τη χρήση οποιουδήποτε browser που την υποστηρίζει χωρίς να απαιτείται η εγκατάσταση πρόσθετου λογισμικού ή plugins, ενώ η χρήση της IP κάμερας επιτρέπει την αξιοποίηση φτηνών και αξιόπιστων καμερών παρακολούθησης για διανομή ομιλιών και διαλέξεων.

Περιεχόμενα

Abstract	2
Περίληψη.....	2
Εισαγωγή	4
WebRTC.....	5
Περιγραφή του Flashphoner WebRTC Streaming Server.....	7
Εγκατάσταση λογισμικού	9
Προετοιμασία της κάμερας.....	9
Προετοιμασία του server	10
Εγκατάσταση λογισμικού	11
Διεξαγωγή δοκιμών.....	14
Αποτελέσματα	15
Συμπεράσματα	17
Παράρτημα: Wowza Media Server	18
Πριν την εγκατάσταση.....	18
Εγκατάσταση	18
Βιβλιογραφία	19

Εισαγωγή

Η υπηρεσία webcasting αποτελεί μια από τις υπηρεσίες σύγχρονης τηλεεκπαίδευσης, η οποία αξιοποιείται στο χώρο της εκπαίδευσης για τη μετάδοση μαθημάτων, διαλέξεων ή σεμιναρίων σε ένα ευρύτερο κοινό από αυτό που είναι δυνατόν να παρακολουθήσει εκπαιδευτικές δραστηριότητες με τις συμβατικές μεθόδους, όπως είναι η εκπαίδευση σε αμφιθέατρα, σε αίθουσες διδασκαλίας και σε εργαστήρια. Κύριο χαρακτηριστικό της υπηρεσίας αυτής είναι ότι η εικόνα και ο ήχος μεταδίδονται από το χώρο τηλεεκπαίδευσης όπου βρίσκεται ο εκπαιδευτής στους απομακρυσμένους εκπαιδευόμενους οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Οι εκπαιδευόμενοι παρακολουθούν τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες μέσω Διαδικτύου ακόμη και με σύνδεση χαμηλής ταχύτητας.

Η υπηρεσία αυτή βασίζεται σε πρωτόκολλο RTMP, που επιτρέπει τη μεταφορά εικόνας, ήχου και γενικότερα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ανάμεσα σε server και client. Ο δημοφιλέστερος συνδυασμός για μετάδοση εικόνας και ήχου είναι ο Adobe Flash Player ως client και ο Adobe Flash Media Server. Άλλη μια επιλογή για server είναι ο Wowza Media Server, ο οποίος είναι συμβατός με μεγάλο εύρος clients¹.

Για την υλοποίηση αυτής της υπηρεσίας, το Οικονομικό Πανεπιστήμιο προχώρησε σε προμήθεια και εγκατάσταση συστήματος τηλεεκπαίδευσης βασιζόμενο σε Wowza Media Server – λογισμικό που έχει αναπτυχθεί από τη Wowza Media Systems και επιτρέπει τη μετάδοση εικόνας και ήχου σε διάφορες συσκευές και εφαρμογές όπως κινητά τηλέφωνα, συσκευές IPTV, iOS συσκευές, εφαρμογές που τρέχουν Adobe Flash, Microsoft Silverlight και Apple QuickTime.

Το μειονέκτημα αυτής της λύσης είναι η ανάγκη εγκατάστασης στους client των απαραίτητων plug-ins από τη μια και η κλειστή σχεδίαση τους από την άλλη. Παράλληλα, οι εγκαταστάσεις αυτές αρκετές φορές παρουσιάζον κενά ασφαλείας, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η συνεχόμενη ενημέρωση τους στις τελευταίες εκδόσεις.

Εναλλακτικά θα μπορούσε να αξιοποιηθεί η τεχνολογία WebRTC, η οποία δεν απαιτεί την εγκατάσταση επιπλέον λογισμικού στους client, αλλά μέχρι στιγμής δεν υποστηρίζεται από όλους τους browsers.

Στην εργασία αυτή δεν θα εξεταστεί η ίδια η τεχνολογία WebRTC, ούτε και το λογισμικό, αλλά θα εστιάσουμε στο κατά πόσο οι υπάρχουσες υποδομές του Πανεπιστημίου είναι σε θέση να την χρησιμοποιήσουν.

¹ Το 2011 η Adobe κατηγορήσε τη Wowza Media για παραβίαση πνευματικών δικαιωμάτων, ψευδή διαφήμιση και αθέμιτο ανταγωνισμό (6)

WebRTC

Το WebRTC (Web Real-Time Communication) είναι συλλογή από πρωτόκολλα, πρότυπα και JavaScript API, ο συνδυασμός των οποίων επιτρέπει peer-to-peer διανομή εικόνας, ήχου και δεδομένων ανάμεσα σε browsers (peers). Αντί να βασίζεται σε plug-ins τρίτων ή σε κλειστό ιδιόκτητο λογισμικό (proprietary software), το WebRTC μετατρέπει την επικοινωνία πραγματικού χρόνου σε ενσωματωμένη δυνατότητα οποιασδήποτε εφαρμογής ιστού μέσα από απλό JavaScript API.

Η διανομή ήχου και εικόνας σε τηλεσυνεδριάσεις και peer-to-peer επικοινωνία απαιτεί αρκετές νέες λειτουργίες στο browser: δυνατότητα επεξεργασίας ήχου και εικόνας, νέα API εφαρμογών, μερικά νέα δικτυακά πρωτόκολλα. Ο browser υποκρύπτει την πολυπλοκότητα αυτή πίσω από τρία βασικά API:

- **MediaStream**: για την συλλογή ροών εικόνας και ήχου
- **RTCPeerConnection**: για την μετάδοση δεδομένων εικόνας και ήχου
- **RTCDataChannel**: για την μετάδοση δεδομένων εφαρμογής

Ωστόσο, αυτά τα API είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου: σηματοδότηση, peer discovery, διαπραγμάτευση σύνδεσης, ασφάλεια, ολόκληρα επίπεδα νέων πρωτοκόλλων είναι μερικά μόνο στοιχεία που πρέπει να συγκεντρωθούν μαζί.

Σε αντίθεση με άλλες επικοινωνίες των browsers που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο HTTP πάνω από TCP, το WebRTC μεταφέρει τα δεδομένα πάνω από το UDP.

Το WebRTC είναι ήδη διαθέσιμο σε πάνω από ένα δισεκατομμύριο χρήστες - οι τελευταίες εκδόσεις των Chrome και Firefox παρέχουν υποστήριξη του WebRTC. Πρέπει να σημειωθεί ότι το WebRTC είναι σε ενεργή ανάπτυξη, τόσο σε επίπεδο browser API όσο και σε επίπεδο πρωτοκόλλου και μετάδοσης.

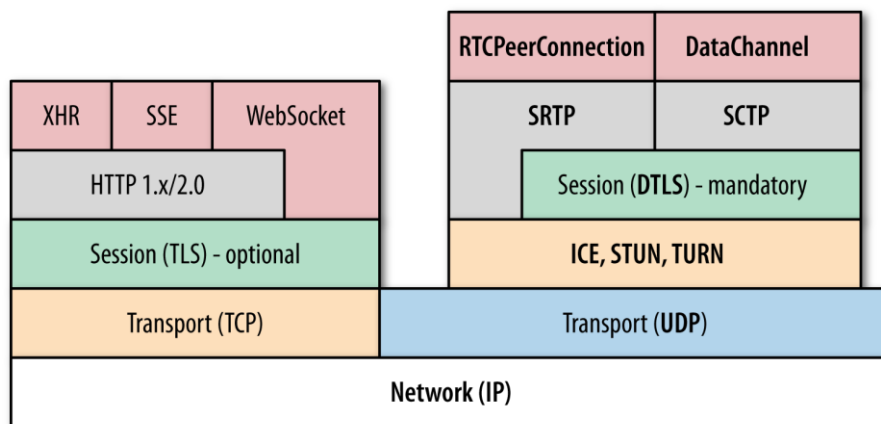
Η ομάδα εργασίας Web Real-Time Communications (WEBRTC) του W3C είναι υπεύθυνη για τον ορισμό browser API και η ομάδα εργασίας Real-Time Communication in Web-browsers (RTCWEB) του IETF είναι υπεύθυνη για τον ορισμό των πρωτοκόλλων, μορφής δεδομένων, ασφάλειας και όλων των απαραίτητων σημείων για την peer-to-peer επικοινωνία μέσα από browser.

Ενώ ο βασικός σκοπός του WebRTC είναι η παροχή επικοινωνίας πραγματικού χρόνου μεταξύ των browsers, έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να ενσωματωθεί σε υπάρχοντα συστήματα τηλεπικοινωνιών - VOIP, SIP, ακόμα και PSTN. Το πρότυπο WebRTC δεν ορίζει κάποιες συγκεκριμένες απαιτήσεις διαλειτουργικότητας, αλλά προσπαθεί να ξαναχρησιμοποιήσει τα ίδια πρότυπα και πρωτοκόλλα όπου είναι δυνατόν.

Η επικοινωνία πραγματικού χρόνου είναι χρονικά ευαίσθητη, έτσι οι εφαρμογές μετάδοσης ροής ήχου και εικόνας είναι σχεδιασμένες να αντέχουν απώλειες πακέτων δεδομένων: τα codecs ήχου και εικόνας μπορούν να συμπληρώσουν τα κενά, συχνά με ελάχιστες επιπτώσεις

στην ποιότητα. Επικαιρότητα και μικρή καθυστέρηση είναι πιο σημαντικές από τη αξιοπιστία. Η απαίτηση αυτή είναι ο βασικός λόγος προτίμησης του UDP για διανομή δεδομένων πραγματικού χρόνου. Το UDP δεν υπόσχεται αξιοπιστία ή αλληλουχία των δεδομένων και διανέμει το πακέτο στην εφαρμογή όταν αυτό φτάσει. Αλλά αυτό δεν αρκεί, χρειάζεται μηχανισμός για διάβαση των NAT και τειχών προστασίας, για διαπραγμάτευση παραμέτρων της κάθε ροής, για τη παροχή κρυπτογράφησης δεδομένων του χρήστη, για τη υλοποίηση έλεγχου συγκρούσεων και πολλά άλλα.

Το UDP είναι το θεμέλιο επικοινωνίας πραγματικού χρόνου στο browser, αλλά για να ικανοποιηθούν όλες οι απαιτήσεις του WebRTC ο browser πρέπει να υποστηρίζει μεγάλη στοίβα πρωτοκόλλων πάνω από αυτό:



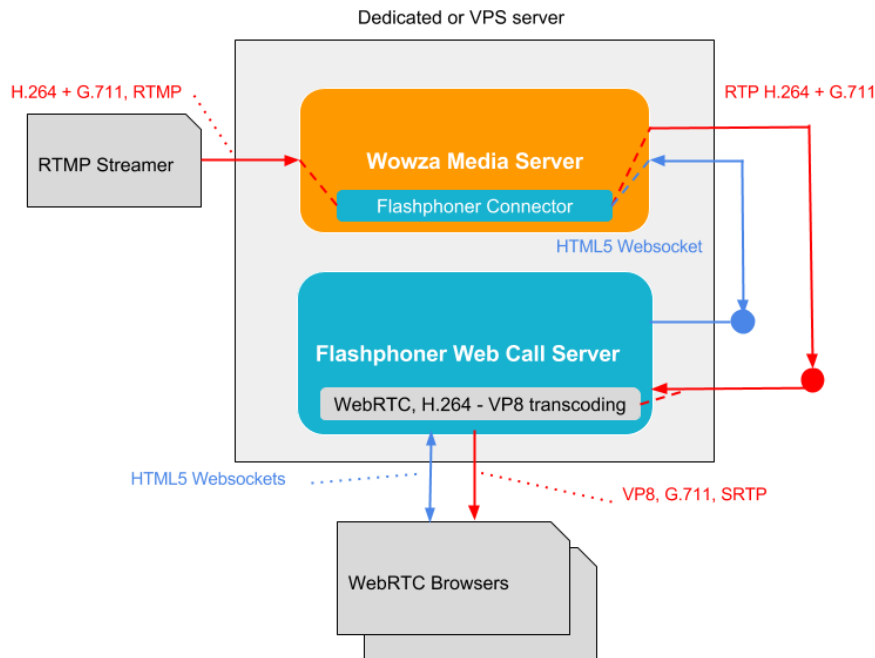
- ICE: Interactive Connectivity Establishment (RFC 5245)
- STUN: Session Traversal Utilities for NAT (RFC 5389)
- TURN: Traversal Using Relays around NAT (RFC 5766)
- DTLS: Datagram Transport Layer Security (RFC 6347)
- SCTP: Stream Control Transport Protocol (RFC 4960)
- SRTP: Secure Real-Time Transport Protocol (RFC 3711)

Περιγραφή του Flashphoner WebRTC Streaming Server

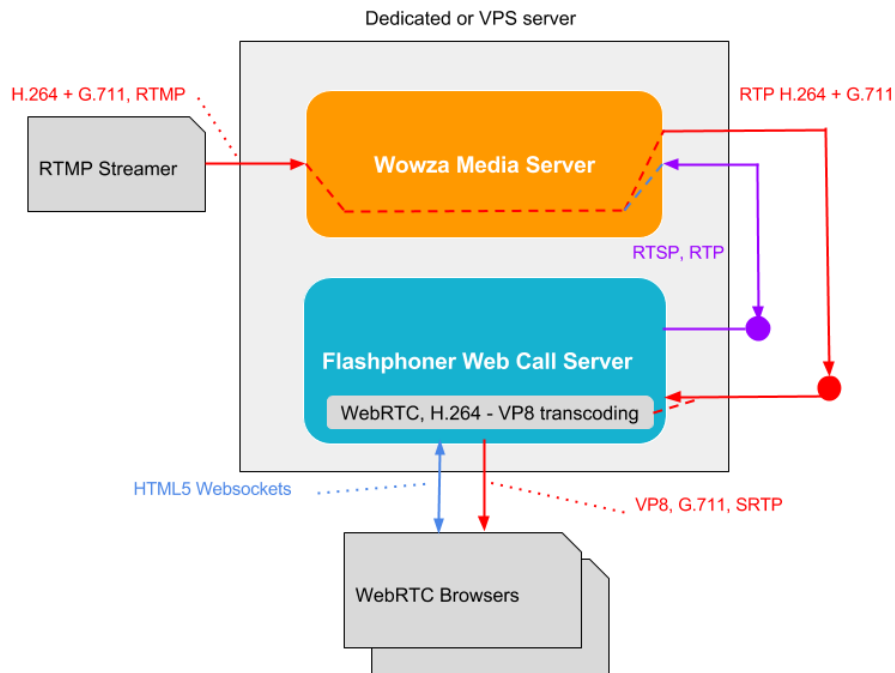
Το WebRTC Streaming server είναι ένα προϊόν που αναπτύχθηκε από τη Flashphoner, μια εταιρία που εξειδικεύεται στην ανάπτυξη λογισμικού για κλήσεις εικόνας και ήχου από το browser σε sip συσκευές.

Η επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού έγινε διότι υπάρχει δυνατότητα ενσωμάτωσής του στην υπάρχουσα πλατφόρμα της Wowza.

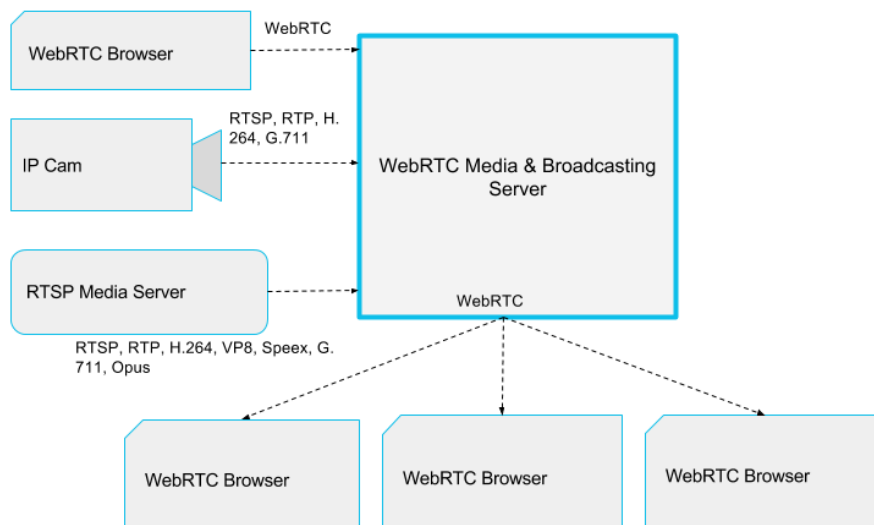
Στις προγενέστερες εκδόσεις η συνεργασία ανάμεσα στο Wowza και το WebRTC Streaming server γινόταν μέσα από το Flashphoner Connector, το οποίο εγκαθίσταται στο Wowza Media Server. Η επικοινωνία ανάμεσα στα δυο συστήματα γινόταν με RTP και websocket.



Στη τελευταία έκδοση η λύση αυτή καταργήθηκε και η συνεργασία των δυο συστημάτων γίνεται μέσα από RTP και RTSP



Το WebRTC Streaming server χρησιμοποιεί σαν είσοδο ροή πολυμέσων (υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα) και τα μετατρέπει σε ροή WebRTC



Εγκατάσταση λογισμικού

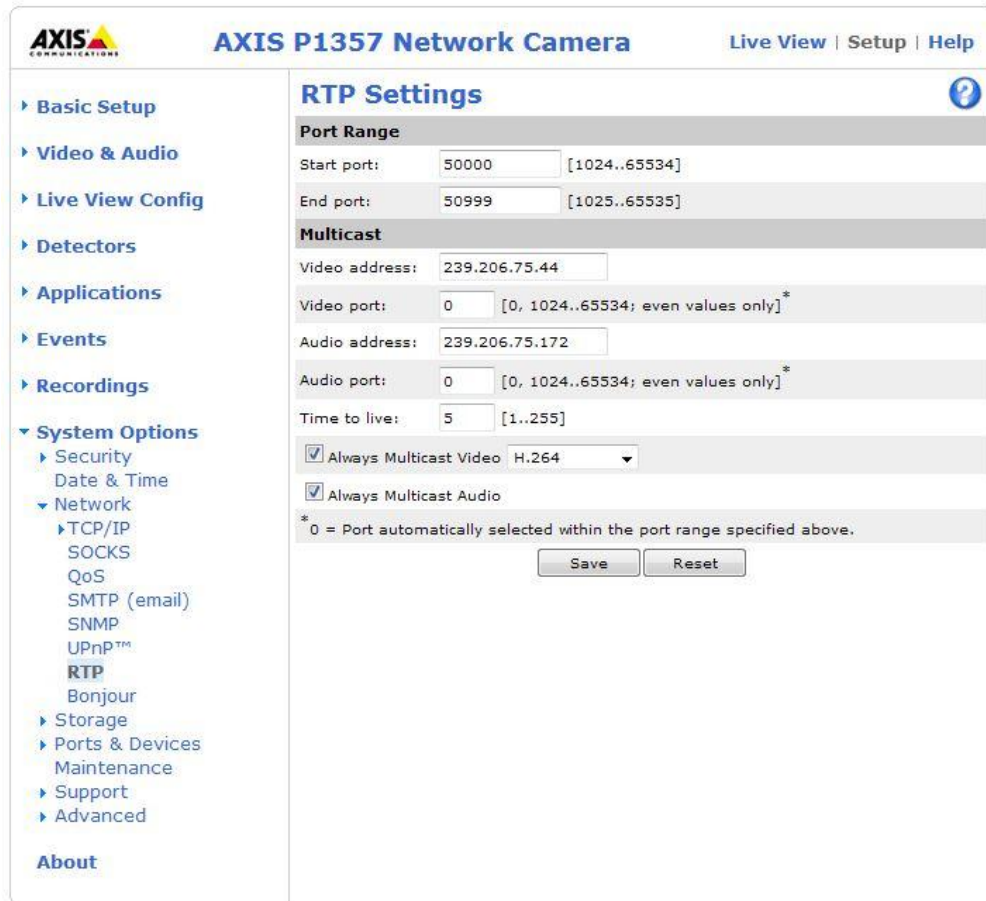
Προετοιμασία της κάμερας

Δεδομένου ότι ο κύριος σκοπός των webcast θα είναι μετάδοση διαλέξεων, παρουσιάσεων και λοιπών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, είναι σημαντικό η ποιότητα της εικόνας να είναι η καλύτερη και η ανάλυση το δυνατόν μεγαλύτερη (έτσι ώστε να μπορούν να διακριθούν οι λεπτομέρειες των σημειώσεων στον πίνακα κλπ). Για αυτό το λόγο φροντίζουμε η ανάλυση της κάμερας να είναι η μέγιστη (στη δικιά μας περίπτωση 1920 επί 1080), παράλληλα ρυθμίζουμε σωστά το ζουμ και την εστίαση του φακού της κάμερας.

Για να χρησιμοποιήσουμε την κάμερα θα πρέπει να τη ρυθμίσουμε έτσι ώστε η διανομή να γίνεται μέσα από RTSP από το μενού System Options -> Network -> TCP/IP -> Advanced επιλέγουμε "Enable RTSP".

The screenshot displays the web interface of an AXIS P1357 Network Camera. The top navigation bar includes the AXIS logo, the camera model name, and links for Live View, Setup, and Help. A left sidebar contains a tree view of configuration categories: Basic Setup, Video & Audio, Live View Config, Detectors, Applications, Events, Recordings, System Options (with sub-items like Security, Date & Time, Network, TCP/IP, Basic, Advanced, SOCKS, QoS, SMTP, SNMP, UPnP, RTP, Bonjour), Storage, Ports & Devices, Maintenance, Support, and Advanced. The main content area is titled 'Advanced TCP/IP Settings' and contains several configuration sections: DNS Configuration (with radio buttons for DHCP or manual address), NTP Configuration (similar to DNS), Host Name Configuration (with radio buttons for DHCP or manual name, and a checkbox for dynamic DNS), Link-Local IPv4 Address (with a checkbox for auto-configuration), HTTP (port 80), HTTPS (port 443), NAT traversal (port mapping) for IPv4 (with an 'Enable' button and a checkbox for manual NAT router), FTP (checkbox for enabling the server), and RTSP (checkbox for enabling the server, with a note about H.264 streams). At the bottom are 'Save' and 'Reset' buttons.

Επίσης φροντίζουμε η διανομή να γίνεται με multicast από το μενού System Options -> Network -> RTP



AXIS P1357 Network Camera Live View | Setup | Help

RTP Settings

Port Range

Start port: 50000 [1024..65534]

End port: 50999 [1025..65535]

Multicast

Video address: 239.206.75.44

Video port: 0 [0, 1024..65534; even values only]*

Audio address: 239.206.75.172

Audio port: 0 [0, 1024..65534; even values only]*

Time to live: 5 [1..255]

☒ Always Multicast Video H.264

☒ Always Multicast Audio

* 0 = Port automatically selected within the port range specified above.

Save Reset

Οι σωστές ρυθμίσεις μπορούν να δοκιμάσουν με λογισμικό που επιτρέπει τη προβολή rtsp (π.χ. VLC Media Player) από τη διεύθυνση `rtsp://195.251.χ.ψ/axis-media/media.amp`, όπου το 195.251.χ.ψ είναι η IP διεύθυνση της κάμερας.

Προετοιμασία του server

Για την εγκατάσταση του λογισμικού χρησιμοποιήσαμε έναν Ubuntu Server 14.04 με τις εξ' ορισμού επιλογές (βασική εγκατάσταση + Apache server). Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης σιγουρευόμαστε ότι έχουμε εγκαταστήσει τις τελευταίες ενημερώσεις με τις εντολές

```
master@cslab152:~$ sudo apt-get update
```

```
master@cslab152:~$ sudo apt-get upgrade
```

Στη δικιά μας περίπτωση οι εξ' ορισμού ρυθμίσεις της εγκατάστασης μας καλύπτουν, αλλά εάν πρόκειται για παραγωγική εγκατάσταση και ανάλογα με τις συνθήκες θα πρέπει να γίνει

κατάλληλη επιλογή του υλικού (διπλά τροφοδοτικά, συστοιχίες δίσκων κλπ), να διαμορφωθούν κατάλληλα οι δίσκοι², να εφαρμοστούν οι συστάσεις ασφαλείας με περιορισμό των ανοιχτών υπηρεσιών κλπ.

Εγκατάσταση λογισμικού

Η εγκατάσταση γίνεται ως εξής:

1. Κατεβάζουμε το πακέτο εγκατάστασης

```
$wget
http://flashphoner.com/downloads/builds/WCS/3.0/x8664/wcs3_video_vp8/FlashphonerMediaServerWebRTC-3.0/FlashphonerMediaServerWebRTC-3.0.848.tar.gz
```

2. Αποσυμπιέζουμε τα περιεχόμενα

```
$tar -xzf FlashphonerMediaServerWebRTC-3.0.848.tar.gz
```

3. Τρέχουμε την εγκατάσταση

```
$cd FlashphonerMediaServerWebRTC-3.0.848
$./install.sh
```

Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης θα πρέπει να εισάγουμε και την ip διεύθυνση του server

4. Ενεργοποιούμε την άδεια

```
$cd /usr/local/FlashphonerWebCallServer/bin
$./activation.sh
```

5. Ξεκινάμε την υπηρεσία

```
$service webcallserver start
```

6. Ελέγχουμε ότι η υπηρεσία έχει ξεκινήσει σωστά

```
$tail -f /usr/local/FlashphonerWebCallServer/logs/server_logs/flashphoner.log
$ps -ef| grep Flashphoner
```

7. Κατεβάζουμε τα αρχεία για το web interface

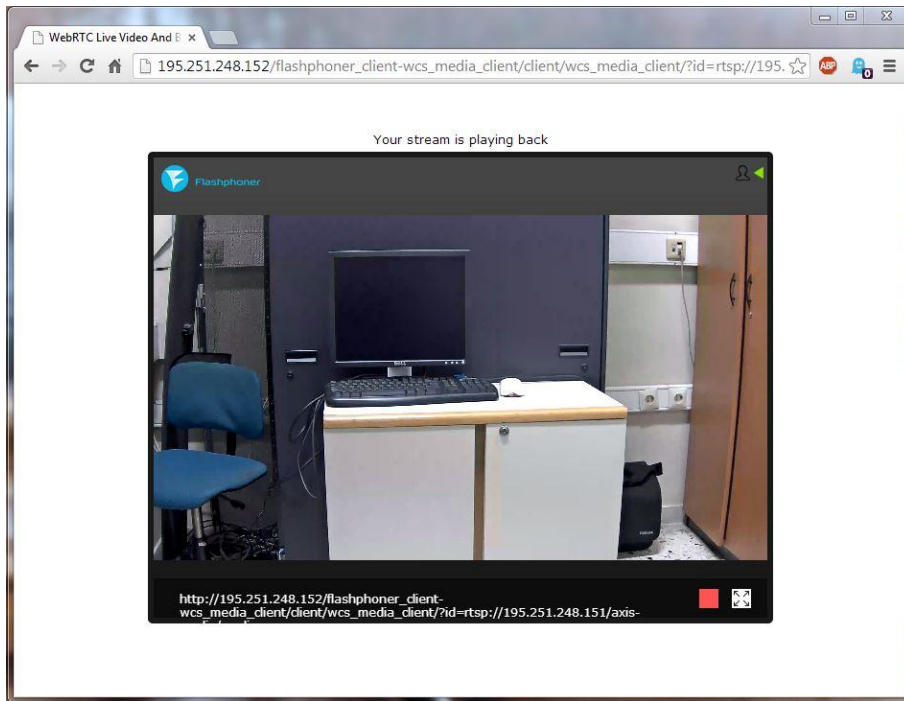
```
$cd /var/www/html
$wget
https://github.com/flashphoner/flashphoner_client/archive/wcs_media_client.zip
$unzip webrtc_media_client.zip
```

² Η εξ' ορισμού εγκατάσταση γίνεται με ένα μόνο partition. Σε παραγωγικές εγκαταστάσεις συστήνεται ο διαχωρισμός των partition, ακόμα και σε διαφορετικούς δίσκους, έτσι ώστε εάν κάποιο από τα partitions γεμίσει το σύστημα να συνεχίσει να λειτουργεί (7)

8. Τροποποιούμε το config αρχείο flashphoner.xml εισάγοντας την ip διεύθυνση του server

Σε αυτό το σημείο ο server είναι έτοιμος.

Ανοίγοντας το σύνδεσμο http://195.251.248.152/flashphoner_client-wcs_media_client/client/wcs_media_client/?id=rtsp://195.251.248.151/axis-media/media.amp σε έναν web browser μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι λαμβάνουμε εικόνα από την κάμερα.



Παράλληλα, με τη βοήθεια του Wireshark μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η επικοινωνία ανάμεσα στο browser και το server γίνεται μέσω WebRTC και όχι RTSP

2014-10-18.195.251.248.154.pcapng [Wireshark 1.12.2 (v1.12.2-0-g898fa22 from master-1.12)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: ip.addr == 195.251.248.152 Expression... Clear Apply Save

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4751	62.7841330	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4752	62.7841340	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4753	62.7841360	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1247	Source port: 31068 Destination port: 50775
4755	62.7915230	195.251.248.154	195.251.248.152	UDP	100	Source port: 50775 Destination port: 31068
4758	62.8705660	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4759	62.8705690	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4760	62.8707950	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4761	62.8707960	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4762	62.8707970	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4763	62.8707980	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4764	62.8707990	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4765	62.8708000	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4766	62.8708010	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4767	62.8708010	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4768	62.8708020	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4769	62.8708030	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4770	62.8708420	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4771	62.8708430	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4772	62.8708440	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4773	62.8708450	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	514	Source port: 31068 Destination port: 50775
4776	62.9166270	195.251.248.154	195.251.248.152	STUN	146	Binding Request user: 7ti4i:dAtb8H8hv/9ysVL
4777	62.9166730	195.251.248.154	195.251.248.152	STUN	146	Binding Request user: 7ti4i:dAtb8H8hv/9ysVL
4778	62.9183330	195.251.248.152	195.251.248.154	STUN	150	Binding Success Response XOR-MAPPED-ADDRESS: 195.251.248.154:50775 user: 7ti4i:dAtb8H8hv/9ysVL
4779	62.9183340	195.251.248.152	195.251.248.154	STUN	150	Binding Success Response XOR-MAPPED-ADDRESS: 195.251.248.154:50775 user: 7ti4i:dAtb8H8hv/9ysVL
4780	62.9216240	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4781	62.9216250	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4782	62.9216260	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4783	62.9223280	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4784	62.9223290	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4785	62.9223290	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4786	62.9223300	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4787	62.9223300	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4788	62.9223310	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4789	62.9223310	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4790	62.9223320	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4791	62.9223330	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4792	62.9232430	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4793	62.9232440	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4794	62.9232440	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4795	62.9232450	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4796	62.9232450	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4797	62.9232470	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775
4798	62.9232480	195.251.248.152	195.251.248.154	UDP	1468	Source port: 31068 Destination port: 50775

Frame 4772: 1468 bytes on wire (11744 bits), 1468 bytes captured (11744 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: vmware_7b:30:55 (00:0c:29:7b:30:55), Dst: Fujitsu_05:b6:bc (90:1b:0e:05:b6:bc)

Internet Protocol Version 4, Src: 195.251.248.152 (195.251.248.152), Dst: 195.251.248.154 (195.251.248.154)

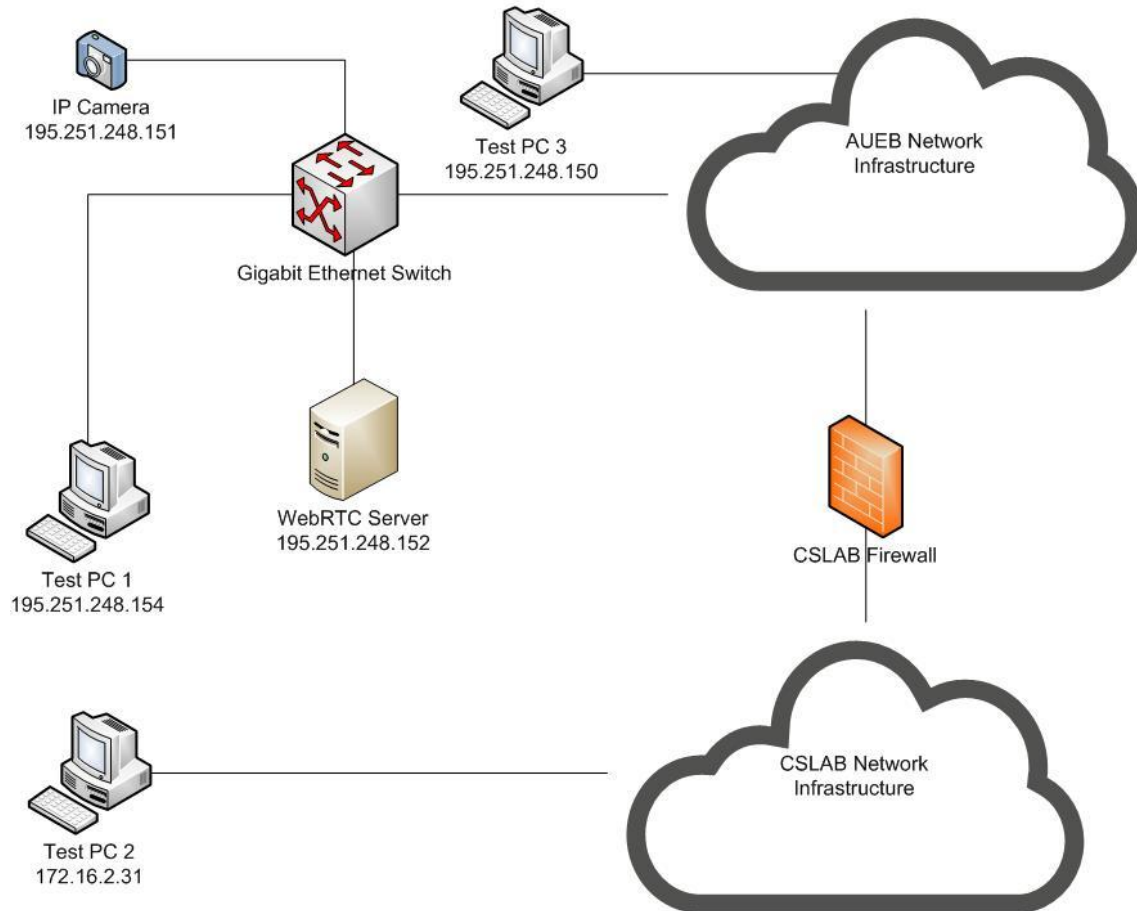
User Datagram Protocol, Src Port: 31068 (31068), Dst Port: 50775 (50775)

Data (1426 bytes)

0000 90 1b 0e 05 b6 bc 00 0c 29 7b 30 55 08 00 45 00)OU.E.
0010 05 ae 34 bb 40 00 11 87 59 c3 fb f8 98 c3 fb ..4.@.@.Y....
0020 f8 9a 79 5c c6 57 05 9a 01 f2 80 64 7d 13 37 7f ..y\..w...d}.?
0030 73 44 6a f8 3b 75 ba 38 8c 6d 7b c5 44 b5 f7 2b sd].;u.8.m{.d.+
0040 f2 1e 30 77 04 e3 af 9a 3c 12 2e 10 dc ca b0 6c ..Uw...<.....
0050 f1 a7 3a 7d 4a e7 8e 6c b4 4f e4 f2 d4 70 0b ..<..w..t..w..f

Διεξαγωγή δοκιμών

Για την διεξαγωγή των δοκιμών χρησιμοποιήθηκε η υπάρχουσα υποδομή των Εκπαιδευτικών Εργαστηρίων Πληροφορικής. Συγκεκριμένα, η IP κάμερα, ο WebRTC Server και ένας από τους Η/Υ των Εργαστηρίων είχαν public IP και συνδέθηκαν απευθείας με ένα gigabit switch, το οποίο με τη σειρά του ήταν συνδεδεμένο μέσω από την δικτυακή υποδομή του Πανεπιστημίου με το δίκτυο των Εργαστηρίων. Άλλος ένας Η/Υ με public IP ήταν συνδεδεμένος στην υποδομή του Πανεπιστημίου και ο τελευταίος Η/Υ με private IP συνδέθηκε στην υποδομή των Εργαστηρίων που βρίσκεται πίσω από ένα firewall (Cisco PIX 515).



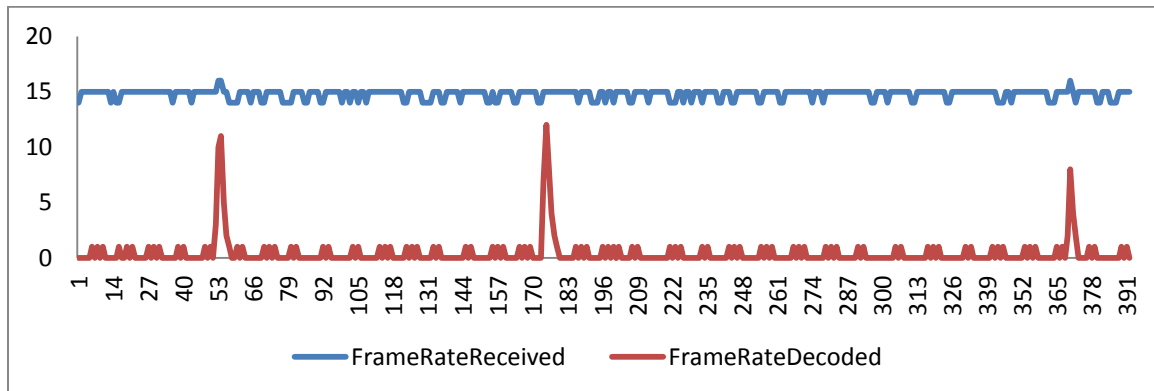
Και από τους τρεις Η/Υ με τη βοήθεια του Google Chrome έγινε σύνδεση στη σελίδα του server και άρχισε η προβολή της εικόνας από τη κάμερα. Παράλληλα στους δυο Η/Υ (Test PC 1 και Test PC 2) γινόταν καταγραφή των logs μέσα από το `chrome://webrtc-internals/` για τη περαιτέρω ανάλυση.

Αποτελέσματα

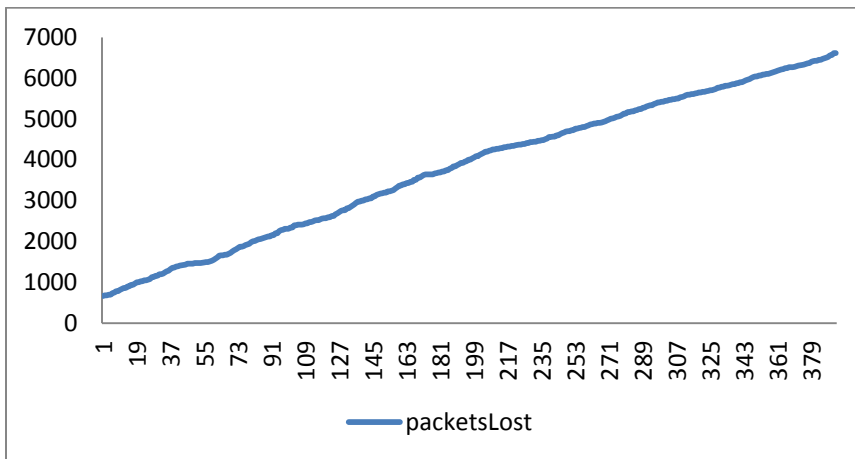
Οι δοκιμές έδειξαν ότι από τους Test PC 1 και Test PC 3 η ροή της εικόνας ήταν ικανοποιητική, χωρίς διακοπές και «σπασίματα». Η ανάλυση των log αρχείων έδειξε ότι ο ρυθμός λήψης και ο ρυθμός αποκωδικοποίησης της εικόνας ουσιαστικά συμπίπτει.



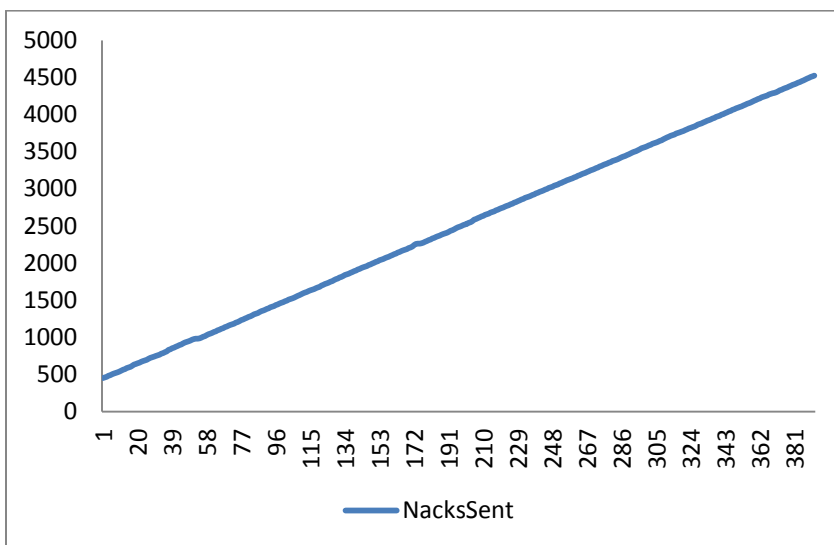
Αντίθετα, η ροή στο Test PC 2 παρουσίαζε εντονότερες διαταραχές με διακοπές. Η ανάλυση των log αρχείων έδειξε ότι ο ρυθμός λήψης είναι παρόμοιος με τους υπόλοιπους Η/Υ, αλλά ο ρυθμός αποκωδικοποίησης είναι πολύ μικρός με διακυμάνσεις.



Παράλληλα παρατηρείται ότι ο αριθμός των πακέτων που χάνονται αυξάνεται συνεχώς



Αντίστοιχα αυξάνεται και ο αριθμός των NACK (1)



Παράλληλα υπάρχουν μηνύματα PLI (2), τα οποία όμως παραμένουν σταθερά.

Η αιτία βρίσκεται στο ότι στη σύνδεση παρεμβάλλεται το τείχος προστασίας (firewall) χαμηλών επιδόσεων από τη μια και από την άλλη ότι το πρωτόκολλο σύνδεσης είναι UDP, το οποίο δεν παρέχει ανασύσταση αλληλουχίας των πακέτων. Έτσι όταν τα πακέτα φτάνουν «εκτός σειράς» δεν είναι δυνατή η αποκωδικοποίησή τους στο πιο πάνω επίπεδο με αποτέλεσμα να χάνονται.

Συμπεράσματα

Η τεχνολογία WebRTC είναι αρκετά πρόσφατη και ακόμα βρίσκεται στο στάδιο της εξέλιξης με αποτέλεσμα συχνά να εμφανίζονται διάφορα θέματα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το λογισμικό του WebRTC Streaming server δεν αντιμετωπίζει τα μηνύματα NACK και PLI με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα στην ομαλότητα της ροής εάν η σύνδεση δεν είναι ιδανική.

Η κατάσταση αυτή είναι αρκετά συνηθισμένη και παρουσιάζεται συχνά σε περιπτώσεις μετάδοσης ροής υψηλής ανάλυσης, το οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί με υποβάθμιση της ποιότητας ροής της εικόνας είτε με τη αναμετάδοση των «χαμένων» πακέτων (ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισης τέτοιων προβλημάτων), αλλά αυτό δεν έχει υλοποιηθεί (ακόμα;) στο WebRTC Streaming server.

Για τη παρακολούθηση ποιότητας της σύνδεσης υπάρχει Working Draft (3) το οποίο περιγράφει το μηχανισμό με το οποίο τέτοια θέματα θα μπορούσαν να εντοπιστούν.

Παρόλα αυτά το WebRTC είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία την οποία σχεδιάζουν να αξιοποιήσουν όλο και περισσότεροι (4) (5).

Στη δικιά μας περίπτωση η συγκεκριμένη λύση θα μπορούσε να εφαρμοστεί ακόμα και με τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν, δεδομένου ότι ο σκοπός των webinars επιτυγχάνεται, π.χ. οι παρακολουθούντες τη μετάδοση θα είναι σε θέση να διακρίνουν αυτά που γράφονται στο πίνακα έστω και με «σπασίματα»

Παράρτημα: Wowza Media Server

Αν και το παρόν δεν αφορά το Wowza Media Server, αξίζει να αναφέρουμε μερικά λόγια για την εγκατάσταση του.

Πριν την εγκατάσταση

Το Wowza Media Server είναι μια εφαρμογή που βασίζεται σε Java 6 (1.6) και Java 7 (1.7) και για αυτό το Java Runtime Environment απαιτείται για τη λειτουργία.

Για καλύτερη απόδοση συνιστάται η εγκατάσταση του Wowza Media Server σε 64-bit λειτουργικό με τις τελευταίες εκδόσεις 64-bit Java package (JDK, Server JRE, ή JRE).

Εγκατάσταση

Τα αρχεία για την εγκατάσταση του Wowza Media Server είναι διαθέσιμα από το ιστότοπο <http://www.wowza.com/pricing/installer> ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα.

Για την εγκατάσταση στο λειτουργικό σύστημα Windows απλά εκτελούμε το αρχείο εγκατάστασης. Κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης θα ζητηθεί η άδεια του προγράμματος (product license key).

Για την εγκατάσταση σε λειτουργικό σύστημα Mac OS X κάνουμε mount το αρχείο .dmg, εκτελούμε το πακέτο εγκατάστασης .pkg και ακλουθούμε τις οδηγίες στην οθόνη.

Για την εγκατάσταση σε λειτουργικό σύστημα Linux (και Unix), σε παράθυρο κονσόλας από το κατάλογο στο οποίο έχουμε κατεβάσει τα αρχεία εγκατάστασης εκτελούμε:

```
$sudo chmod +x WowzaMediaServer-3.6.4.tar.bin
```

```
$sudo ./WowzaMediaServer-3.6.4.tar.bin
```

Βιβλιογραφία

1. **Roach, A.B.** A Negative Acknowledgement Mechanism for Signaling Compression. *The Internet Engineering Task Force*. [Ηλεκτρονικό] <http://tools.ietf.org/html/rfc4077>.
2. **C. S. Perkins, J. Ott.** Picture Loss Indication (PLI). *The Internet Engineering Task Force*. [Ηλεκτρονικό] <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-rtcweb-rtp-usage-21#section-5.1.2>.
3. Identifiers for WebRTC's Statistics API. *World Wide Web Consortium*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.w3.org/TR/2014/WD-webrtc-stats-20141021/>.
4. Microsoft announces browser based Skype version. *MSN*. [Ηλεκτρονικό] <http://www.msn.com/en-in/news/techandsience/microsoft-announces-browser-based-skype-version/ar-BBdQFTP>.
5. Firefox Hello - make and receive calls without an account. *mozilla support*. [Ηλεκτρονικό] <https://support.mozilla.org/en-US/kb/firefox-hello-make-receive-calls-without-account>.
6. **Lawler, Ryan.** Adobe Takes Wowza to Court Over Flash Patents. *gigaom.com*. [Ηλεκτρονικό] <https://gigaom.com/2011/05/10/adobe-flash-wowza-patent-litigation/>.
7. **Pollock, Wayne.** Unix/Linux Disk Partitioning Guide. *Hillsborough Community College*. [Ηλεκτρονικό] <http://content.hccfl.edu/pollock/AUnix1/Partitioning.htm>.