



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Διαδραστική, προσαρμοστική και εξατομικευμένη μετάδοση  
πολυμεσικής πληροφορίας πραγματικού χρόνου με χρήση  
τεχνολογιών παγκόσμιου ιστού**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Β. Δελησάββας

Αθήνα, Μάρτιος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Διαδραστική, προσαρμοστική και εξατομικευμένη μετάδοση  
πολυμεσικής πληροφορίας πραγματικού χρόνου με χρήση  
τεχνολογιών παγκόσμιου ιστού**

**Interactive, adaptive and personalized multimedia  
streaming using web technologies**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Νικόλαος Β. Δελησάββας**

**Επιβλέπων :** Μ. Ε. Θεολόγου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Διαδραστική, προσαρμοστική και εξατομικευμένη μετάδοση  
πολυμεσικής πληροφορίας πραγματικού χρόνου με χρήση  
τεχνολογιών παγκόσμιου ιστού**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Β. Δελησάββας

**Επιβλέπων :** Μ. Ε. Θεολόγου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 10<sup>η</sup> Μαρτίου 2010.

.....  
Μ. Ε. Θεολόγου  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Ε. Δ. Συκάς  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....  
Γ. Ι. Στασινόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2010

.....

Νικόλαος Β. Δελησάββας

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Νικόλαος Β. Δελησάββας, 2010

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη των πρόσφατων εξελίξεων στον τομέα της μετάδοσης πολυμεσικής πληροφορίας πάνω από το διαδίκτυο με χρήση αποκλειστικά τεχνολογιών παγκόσμιου ιστού και ειδικότερα με χρήση του πρωτοκόλλου http. Σε αυτά τα πλαίσια, μελετώνται τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνική http based adaptive streaming σε σχέση με τις μέχρι τώρα επικρατούσες τεχνικές ( progressive download, RTSP streaming, download and play), οι περιορισμοί της, και οι πιθανές επεκτάσεις της. Εξετάζεται το θέμα της προσαρμογής στις μεταβαλλόμενες συνθήκες των δικτύων/τερματικών, καθώς και περιπτώσεις που αφορούν την ποιότητα εμπειρίας (Quality of Experience). Γίνεται αναφορά σε τεχνικές βελτιστοποίησης στα επίπεδα μεταφοράς και εφαρμογής και μελετώνται πρόσφατες υλοποιήσεις από μεγάλες εταιρίες ( Microsoft, Apple) και τρόποι παροχής υπηρεσιών. Επιπλέον, γίνεται αναφορά και αξιολόγηση ερευνητικών και εμπορικών προτάσεων με έμφαση στην εξατομικευμένη, διαδραστική κάλυψη αθλητικών γεγονότων, με ταυτόχρονη ανάλυση των απαιτήσεων του χρήστη. Τέλος, γίνεται μία συνολική αποτίμηση της παρούσας και μελλοντικής κατάστασης του χώρου της συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου και παρουσιάζονται έρευνες που επιβεβαιώνουν την τάση της αγοράς για εφαρμογές ψυχαγωγίας πραγματικού χρόνου.

## Λέξεις – κλειδιά

Προσαρμοστική συνεχής ροή, εξατομικευση, εφαρμογές βίντεο πραγματικού χρόνου, εκπομπή πάνω από το διαδίκτυο.

## **Abstract**

The subject of this diploma thesis is the study of recent developments in multimedia transmission over the internet using web technologies and in particular through the use of the http protocol. In this context, the advantages that http based adaptive streaming introduces in relation to the most commonly used techniques so far are studied (progressive download, RTSP streaming, download and play), together with its limitations and possible extensions. The issue of adaptation to network/terminal changing conditions is also examined, as well as cases related to Quality of Experience. Optimization techniques that can be applied in transport and application layer are also referenced, while recent implementations by large corporations (Microsoft, Apple) are studied , as well as ways in which multimedia broadcasting services can be offered. Furthermore, references and evaluations of research and commercial proposals are included, emphasizing on personalized, interactive sport events coverage, with simultaneous analysis of user demands. Finally, there is an overall assessment of present and future situation in the area of multimedia streaming and surveys are presented that confirm the trend of the market for real time video applications.

## **Keywords**

Adaptive based streaming, personalization, real time video applications, webcasting.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Μ. Ε. Θεολόγου για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του. Τέλος, θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον Ερευνητή Δρα Χ. Πατρικάκη για την πολύτιμη βοήθεια, τις χρήσιμες υποδείξεις και τη συνεργασία του.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. Μετάδοση περιεχομένου συνεχούς ροής πάνω από δίκτυα υπολογιστών.....</b>	<b>9</b>
1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Ιστορία και εξέλιξη των τεχνολογιών συνεχούς ροής οπτικοακουστικού περιεχομένου.....	11
1.2.1 Λήψη και Αναπαραγωγή (Download and Play) .....	13
1.2.2 Παραδοσιακός τρόπος υποστήριξης μετάδοσης περιεχομένου συνεχούς ροής: Πρωτόκολλο RTSP .....	13
1.2.3 Προοδευτική Λήψη (Progressive Download).....	15
1.2.4 Προσαρμοστική συνεχής ροή με χρήση πρωτοκόλλου HTTP (HTTP-Based Adaptive Streaming) .....	16
1.3 Επιλογή των ιδανικότερων τρόπων μετάδοσης στο επίπεδο δικτύου.....	19
1.3.1 Υποστηρίζοντας τον τρόπο μετάδοσης απλής εκπομπής (unicast) .....	20
1.3.2 Υποστηρίζοντας τον τρόπο μετάδοσης πολυεκπομπής (multicast).....	21
1.3.4. Μελέτη περιπτώσεων και συμπεράσματα .....	23
1.4 Προκλήσεις: Ποιότητα Εμπειρίας (Quality of Experience (QoE) ).....	25
1.5 Προσαρμογή σε συνθήκες δικτύου / τερματικών .....	27
<b>2. Τεχνικές βελτιστοποίησης σε διαφορετικά επίπεδα πρωτοκόλλων.....</b>	<b>29</b>
2.1 Συνεχής ροή πολυμεσικού περιεχομένου μέσω DCCP .....	29
2.2 Συνεχής ροή πολυμεσικού περιεχομένου μέσω TFRC.....	30
2.3 Βαθμωτή κωδικοποίηση βίντεο (Scalable Video Coding (SVC) ).....	31
2.4 Βαθμωτή κωδικοποίηση βίντεο με χρήση κυματιδίων ( wavelet based SVC).....	33
2.5 Συμπεράσματα .....	34
<b>3. Υλοποιήσεις .....</b>	<b>35</b>
3.1 Microsoft's Smooth Streaming .....	35
3.1.1 Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική του Smooth Streaming .....	35
3.1.2 Μορφή Αρχείου Αποθήκευσης (Disk File Format).....	36
3.1.3 Μορφή Αρχείου Μεταφοράς (Wire File Format).....	38
3.1.4 Πολυμεσικό Ενεργητικό του Smooth Streaming.....	39
3.1.5 Περιγραφικά Αρχεία (manifest files) του Smooth Streaming .....	41
3.1.6 Μεταφορά περιεχομένου στην μονάδα κωδικοποίησης.....	41
3.1.6.1 Απόκτηση περιεχομένου στον ίδιο χώρο ( Onsite).....	42
3.1.6.2 Απόκτηση περιεχομένου σε απομακρυσμένο χώρο ( Offsite).....	43



3.1.6.2.1 Μεταφορά μέσω δορυφορικών ζεύξεων.....	43
3.1.6.2.2 Μεταφορά μέσω οπτικών ινών .....	44
3.1.6.2.3 Μεταφορά μέσω IP Multicast.....	44
3.1.7 Αναπαραγωγή του Smooth Streaming.....	45
3.1.8 Προστασία του περιεχομένου .....	50
3.1.9 Εισαγωγή διαφημίσεων σε πραγματικό χρόνο .....	50
3.2 Apple’s HTTP Live Streaming .....	51
3.2.1 Αρχιτεκτονική του HTTP Live Streaming .....	52
3.2.2 Τύποι συνόδου (Session) .....	55
3.2.3 Προστασία του περιεχομένου .....	56
3.2.4 Εναλλακτικές συνεχείς ροές .....	57
3.2.5 Εφαρμογή στο iPhone.....	58
3.3. Σύγκριση τεχνολογιών Smooth Streaming-HTTP Live Streaming .....	59
<b>4. Εφαρμογές HTTP Adaptive Based Streaming .....</b>	<b>62</b>
4.1 Τουρνουά τένις French Open 09.....	62
4.2 Sunday Night Football .....	66
4.3 Ερευνητική πλατφόρμα προσαρμοστικής και εξατομικευμένης κάλυψης αγώνων: my-eDirector 2012 .....	70
4.3.1 Εισαγωγή .....	70
4.3.2 Ενισχυμένες ικανότητες προσαρμογής.....	71
4.3.3 Ενισχυμένη διαδραστικότητα χρήστη .....	71
4.3.4 Παράδειγμα χρήσης.....	73
4.3.5 Συμπεράσματα και πιθανή αξιοποίηση.....	78
4.4 Υλοποίηση εφαρμογής εξατομικευμένης κάλυψης αγώνων: YinZCam.....	79
4.5 Χρήση των τεχνολογιών: Χειμερινοί Ολυμπιακοί Αγώνες Βανκούβερ 2010...81	
<b>5. Μελλοντικές προοπτικές και τάσεις στον χώρο της συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου .....</b>	<b>86</b>
5.1 Το «αύριο» στον χώρο της συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου .....	86
5.2 Τεχνολογία τρισδιάστατων τηλεοπτικών συσκευών (3D-TV) .....	87
5.3 Τάσεις στην διαφημιστική αγορά πολυμεσικού περιεχομένου συνεχούς ροής.88	
5.4 Εκτιμήσεις παροχής πολυμεσικού περιεχομένου σε υψηλή ανάλυση.....	90
5.5 Χρήση εφαρμογών ψυχαγωγίας πραγματικού χρόνου σε σχέση με περιεχόμενο δημιουργημένο από χρήστες (user generated content) .....	92
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>94</b>

# 1. Μετάδοση περιεχομένου συνεχούς ροής πάνω απο δίκτυα υπολογιστών

## 1.1 Εισαγωγή

Όλο και μεγαλύτερος αριθμός πολιτών αποκτούν καθημερινά πρόσβαση σε υπηρεσίες πολυμεσικού περιεχομένου (βίντεο, ήχος, τηλεόραση, δεδομένα) απο όλων των ειδών τα δίκτυα, χρησιμοποιώντας ποικίλες τερματικές συσκευές, όπως υπολογιστές, φορητές συσκευές αναπαραγωγής πολυμέσων, τηλεοράσεις, έξυπνα τηλέφωνα ή ακόμη και απλά κινητά τηλέφωνα. Το πλήθος των πολυμεσικών υπηρεσιών στις οποίες έχουν πρόσβαση οι χρήστες μέσω δικτύων IP, αυξάνεται καθημερινά, κυρίως λόγω της δυνατότητας προβολής βίντεο ή τηλεοπτικών γεγονότων, είτε σε πραγματικό χρόνο είτε σε άλλη χρονική περίοδο κατ'απαίτηση του χρήστη, δηλαδή video on demand (VoD). Μεγάλοι διαδικτυακοί τόποι ενημερωτικοί/ψυχαγωγικοί όπως το CNN [31], το BBC [30], αλλά και ελληνικοί όπως το SKAI [32] παρέχουν πολυμεσικό περιεχόμενο VoD αλλά και live το οποίο μπορεί να προσπελάσει ο χρήστης ακόμη και μέσω κινητών συσκευών.

Τα τελευταία χρόνια, η μετάδοση οπτικοακουστικού περιεχομένου με συνεχή ροή έγινε δημοφιλής εφαρμογή και σημαντικός καταναλωτής εύρους ζώνης. Το πιθανότερο είναι η τάση αυτή να συνεχιστεί για αρκετούς λόγους [26]. Κατ'αρχήν το κόστος των αποθηκευτικών μέσων συνεχίζει να μειώνεται με ταχύ ρυθμό, καθιστώντας εφικτή απο οικονομικής άποψης την αποθήκευση των γνωστών για τα τεράστια μεγέθη τους αρχεία πολυμέσων. Κατά δεύτερον, οι βελτιώσεις που έχουν γίνει στην υποδομή του διαδικτύου, η μεγάλη διαθεσιμότητα συνδέσεων υψηλής ταχύτητας, οι τεχνικές διανομής περιεχομένου και τα νέα, προσανατολισμένα στην παροχή ποιοτικών υπηρεσιών QoS πρωτόκολλα του διαδικτύου θα διευκολύνουν κατα πολύ τη διανομή οπτικοακουστικού περιεχομένου VoD όσο και live. Ένας τρίτος λόγος είναι η τεράστια ζήτηση που υπάρχει για την παράδοση βίντεο υψηλής ποιότητας που θα προσφέρει και εξατομικευμένες υπηρεσίες.

Αυτές οι εξατομικευμένες υπηρεσίες συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου (personalized media streaming), έχουν ως στόχο να παρέχουν μεταδόσεις υψηλής ευκρίνειας στις τερματικές συσκευές των χρηστών, δίνοντας παράλληλα στον χρήστη δυνατότητες επέμβασης στο περιεχόμενο με τρόπους όπως αλλαγή της κάμερας παρακολούθησης, παύση της προβολής, στιγμιαία επανάληψη, αργή κίνηση και σε περιπτώσεις αθλητικών γεγονότων στατιστικά στοιχεία κατά την διάρκεια της ζωντανής μετάδοσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των προαναφερθέντων είναι οι μεταδόσεις μεγάλων αθλητικών γεγονότων όπως το τουρνουά τένις Roland Garros (French Open), η εβδομαδιαία μετάδοση του αμερικάνικου ποδοσφαίρου NFL, καθώς και εφαρμογές που βρίσκονται ακόμα σε πειραματικό στάδιο όπως το YinZCam[15] και το my-eDirector 2012. Όλες αυτές οι περιπτώσεις μελετώνται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο. Παρολ'αυτά όμως για να γίνουν πράξη αυτές οι δυνατότητες απαιτείται προσαρμογή στο περιβάλλον της κάθε τερματικής συσκευής (επεξεργαστική ισχύς) καθώς και στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες του δικτύου.

Η τεχνική που προτείνεται τελευταία και προσφέρει την δυνατότητα υλοποίησης των παραπάνω είναι η προσαρμοστική συνεχής ροή δεδομένων (HTTP Adaptive Streaming), που κάνει χρήση του πρωτοκόλλου HTTP. Μεγάλες εταιρίες του χώρου της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, όπως η Microsoft [33], η Apple [35], η Adobe [34] και η Move Networks [36] έχουν αρχίσει να παρουσιάζουν τις δικές τους υλοποιήσεις και μάλιστα η Microsoft έχει ήδη καλύψει ζωντανά μεγάλα αθλητικά αλλά και κοινωνικά γεγονότα μέσω διαδικτύου, κάνοντας χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής. Πιο συγκεκριμένα η Microsoft μέσω της δικής της υλοποίησης που φέρει την ονομασία *Smooth Streaming* [2] και σε συνεργασία με άλλες εταιρίες του χώρου έχει καλύψει γεγονότα όπως τα τουρνουά τένις French Open και Wimbledon, το ποδηλατικό τουρνουά Tour De France, την νεκρώσιμη ακολουθία του Michael Jackson, το μουσικό φεστιβάλ Much, καθώς και σε εβδομαδιαία βάση από το Σεπτέμβριο του 2009 έως το τέλος του χρόνου, σε συνεργασία με το NBC, καλύφθηκε το Sunday Night Football, όπου ο θεατής απολάμβανε τα προνόμια της συγκεκριμένης τεχνικής. Επίσης η Microsoft έχει αναλάβει και την μετάδοση των Χειμερινών Ολυμπιακών Αγώνων του Βανκούβερ 2010 [37].

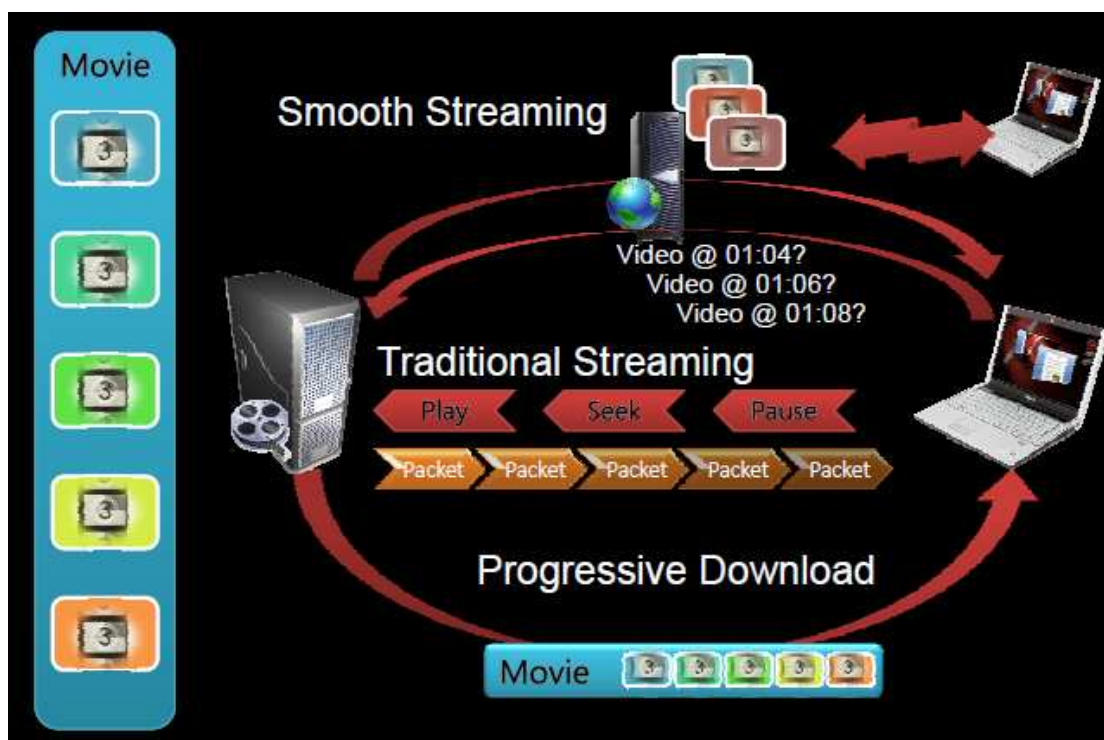
Απο την άλλη πλευρά, η υλοποίηση της Apple που φέρει την ονομασία *HTTP Live Streaming* [9], εστιάζει σε πρώτο στάδιο στις δυνατότητες χρήσης της συγκεκριμένης τεχνικής μέσω iPhone, προσφέροντας στον τελικό χρήστη την δυνατότητα της φορητότητας. Αντίθετα η Adobe βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και μέχρι στιγμής έχει δώσει την προσωρινή ονομασία project Zeri [38] στην δική της υλοποίηση χωρίς να έχει αποκαλύψει περισσότερα. Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται αναλυτική μελέτη κυρίως της υλοποίησης και χρήσης του Smooth Streaming λόγω της μεγαλύτερης διάδοσης και αποδοχής του, αλλά γίνεται αναφορά και στην υλοποίηση της Apple και στα βασικά χαρακτηριστικά της.

## **1.2 Ιστορία και εξέλιξη των τεχνολογιών συνεχούς ροής οπτικοακουστικού περιεχομένου**

Προτού συνεχίσουμε με την αξιολόγηση μας, θα κάνουμε μία γενική επισκόπηση των διαφορετικών τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την πρόσβαση σε πολυμεσικό περιεχόμενο μέσω του διαδικτύου [1]. Θα πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι ο όρος πολυμεσικό περιεχόμενο θεωρείται ότι καλύπτει πληροφορίες που έχουν προσωρινή διάσταση (βίντεο και ήχος) και ως εκ τούτου αποτελεί θέμα για την συνεχή ροή. Επίσης, και οι δύο πλευρές των ενδιαφερομένων, δηλαδή οι καταναλωτές του περιεχομένου και οι παραγωγοί του, λαμβάνονται εξίσου υπόψη, σε σχέση με τις απαιτήσεις και τις ανάγκες τους από μια πλατφόρμα μεταφοράς περιεχομένου συνεχούς ροής. Από την πλευρά των καταναλωτών είναι πολύ σημαντικό να επιλέξουν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε σχέση με την συνεχή ροή/λήψη για δύο λόγους: Εκτός από την ποιότητα του αποτελέσματος στην οθόνη του πελάτη, η οποία ούτως ή άλλως αυξάνεται όσο εξελίσσεται η τεχνολογία, κάθε τεχνολογία επηρεάζει τον αριθμό και τον τύπο των πρόσθετων στοιχείων (plug-ins) που πρέπει να εγκατασταθούν στο τερματικό του χρήστη προκειμένου να δει το περιεχόμενο. Το τελευταίο, εισάγει θέματα συμβατότητας και σταθερότητας του λογισμικού και των τμημάτων της εφαρμογής που χρησιμοποιούνται. Από την πλευρά των παραγωγών του περιεχομένου τώρα, που κυρίως είναι εταιρίες του χώρου της ενημέρωσης και της ψυχαγωγίας, επικεντρώνονται στην χρήση μοντέλων που έχουν ως βάση την διαφήμιση και που εξαρτώνται από τον βαθμό ικανοποίησης του θεατή. Ως εκ τούτου

η ικανοποίηση του πελάτη είναι σημαντική απο οικονομική άποψη, καθώς επηρεάζει το κοινό μιας συγκεκριμένης υπηρεσίας συνεχούς ροής. Συμπερασματικά η επιλογή των μέσων για την υποστήριξη είτε της μεθόδου λήψη/αναπαραγωγή (download and play) είτε της λήψης μέσω άμεσης συνεχούς ροής (direct streaming) είναι πολύ σημαντική, καθώς μπορεί να έχει άμεση επίδραση στα αναμενόμενα έσοδα και στην εμπειρία θέασης του χρήστη, όπως και στην συνακόλουθη χρήση των αντιστοίχων τεχνολογιών.

Μετά απο αυτή την σύντομη ανάλυση, θα συνεχίσουμε με την παρουσίαση των διαθέσιμων τεχνολογιών για την άμεση πρόσβαση σε πολυμεσικές πληροφορίες, ξεκινώντας με το παραδοσιακό download and play και συνεχίζοντας με δυναμικές και προσαρμοστικές μορφές συνεχούς ροής. Η παρακάτω Εικόνα 1 μας δείχνει μία συνολική εικόνα με τους κύριους τρόπους παράδοσης πολυμεσικού περιεχομένου, όπου το Smooth Streaming αναφέρεται στο HTTP Adaptive Streaming.



Εικόνα 1: Τρόποι παράδοσης πολυμεσικού περιεχομένου [28]

### **1.2.1 Λήψη και Αναπαραγωγή (Download and Play)**

Είναι η απλούστερη εκδοχή πρόσβασης σε πληροφορίες πολυμέσων : Κατέβασμα του αρχείου και αναπαραγωγή του [1]. Εφαρμόζεται τόσο για στατικά αρχεία, όπως εικόνες αλλά και μη στατικά, όπως βίντεο, αρχεία ήχου. Με την μέθοδο αυτή, ο χρήστης πρέπει αρχικά να κατεβάσει όλο το αρχείο και να το αποθηκεύσει τοπικά στον δίσκο του και μόνο τότε μπορεί να προχωρήσει στην αναπαραγωγή του ή σε όποια άλλη χρήση επιθυμεί. Παρολ'αυτά, η πολυμεσική πληροφορία πρέπει να είναι στην μορφή ενός μόνο αρχείου, γεγονός που εξαιρεί την πιθανή χρήση της για κάλυψη ζωντανών μεταδόσεων, καθώς η πολυμεσική αυτή πληροφορία δεν είναι δυνατόν να είναι διαθέσιμη εκ των προτέρων.

### **1.2.2 Παραδοσιακός τρόπος υποστήριξης μετάδοσης περιεχομένου συνεχούς ροής: Πρωτόκολλο RTSP**

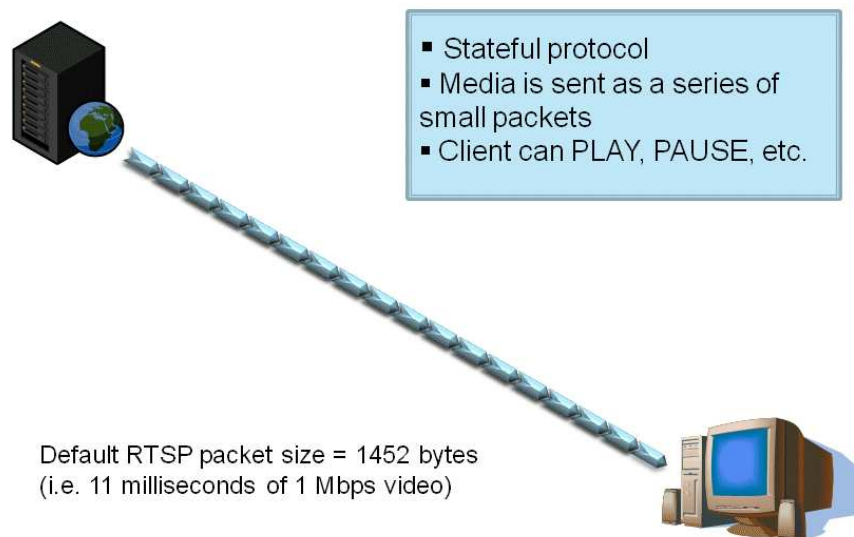
Στην συνεχή ροή περιεχομένου, τα πολυμεσικά δεδομένα επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο απο κατάλληλο λογισμικό καθώς φτάνουν στο τερματικό του χρήστη. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ένα πρωτόκολλο που να είναι σε θέση να παρακολουθεί την κατάσταση της εφαρμογής του client και την πρόοδο της διαδικασίας της ροής της πολυμεσικής πληροφορίας , απο το αρχικό στάδιο της αίτησης του client για πρόσβαση σε πολυμεσική πληροφορία έως το σημείο που κλείνει η σύνδεση [1].

Το πρωτόκολλο που κάνει πράξη τα παραπάνω είναι το RTSP ( Real Time Streaming Protocol). Στο RTSP [2] , τα πακέτα μπορούν να μεταδοθούν είτε μέσω TCP είτε μέσω UDP. Προτιμάται όμως το TCP αφενός λόγω της εγγυημένης παράδοσης των πακέτων στον τελικό αποδέκτη και αφετέρου επειδή το UDP δεν παρέχει κάποιον μηχανισμό ελέγχου της συμφόρησης, οπότε μπορεί η διάγνωση της συμφόρησης να αργήσει να πραγματοποιηθεί, με αποτέλεσμα την διακοπή της ροής των δεδομένων. Θα πρέπει να επισημανθεί πως παρεμβολή ενός firewall ή proxy έχει ως αποτέλεσμα το μπλοκάρισμα των UDP πακέτων. Απο την άλλη όμως με το TCP είναι υπαρκτός ο κίνδυνος της αύξησης της καθυστέρησης (τα TCP πακέτα ξαναστέλνονται μέχρι να τα λάβει ο δέκτης).



Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το RTSP χρησιμοποιείται για την μεταφορά των πληροφοριών ελέγχου σε σχέση με τον χειρισμό της ροής, ενώ τα πραγματικά δεδομένα της ροής στέλνονται με το πρωτόκολλο RTP (Real-time Transport Protocol). Όπως ήδη αναφέρθηκε το RTSP είναι ένα καταστατικό πρωτόκολλο, δηλαδή από την πρώτη στιγμή που συνδέεται ο πελάτης με τον διακομιστή συνεχούς ροής μέχρι και την στιγμή της αποσύνδεσης, παρακολουθεί ο διακομιστής την κατάσταση του. Ο client ενημερώνει για την κατάσταση του μέσω εντολών όπως Play, Pause, Teardown (η λειτουργία των δύο πρώτων είναι προφανής, ενώ η τελευταία χρησιμοποιείται για την αποσύνδεση από τον διακομιστή και τον τερματισμό της συνόδου συνεχούς ροής).

Αφού λοιπόν υλοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ του πελάτη και του διακομιστή, ξεκινάει ο διακομιστής να στέλνει το περιεχόμενο, σαν ένα σταθερό ρεύμα μικρών πακέτων RTP. Το μέγεθος ενός τυπικού πακέτου RTP είναι 1452 bytes, το οποίο σημαίνει ότι για ένα βίντεο που έχει κωδικοποιηθεί στο 1Mbps μεταφέρει το κάθε πακέτο περίπου 11ms βίντεο. Η ακόλουθη Εικόνα 2 παρέχει την γραφική αναπαράσταση της παραδοσιακής προσέγγισης συνεχούς ροής (traditional streaming).

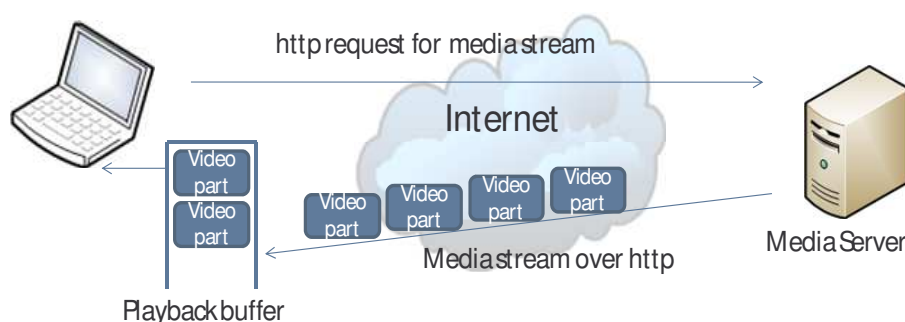


**Εικόνα 2:** Traditional Streaming [2]

### 1.2.3 Προοδευτική Λήψη (Progressive Download)

Εναλλακτικά με την χρήση των RTSP και RTP, έχει προταθεί το πρωτόκολλο HTTP, ως μία προσέγγιση πλησιέστερη στην συνεχή ροή (streaming), που αποκαλείται προοδευτική λήψη. Η προοδευτική λήψη [1] είναι μία υβριδική προσέγγιση μεταξύ του download and play και του streaming, στην οποία ο χρήστης δεν χρειάζεται να έχει κατεβάσει ολόκληρο το αρχείο προκειμένου να αρχίσει να το αναπαραγάγει. Σε αντίθεση με το download and play, το περιεχόμενο δεν κατεβαίνει ως σύνολο αλλά σε τεμάχια. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει την αναπαραγωγή του τμήματος που έχει ήδη κατεβάσει, προτού ολοκληρωθεί συνολικά η λήψη του αρχείου. Σε περίπτωση οποιουδήποτε προβλήματος, η λήψη τίθεται σε παύση. Οι clients που υποστηρίζουν την προδιαγραφή HTTP 1.1 μπορούν επίσης να αναζητούν σημεία στο αρχείο, που δεν έχουν ληφθεί ακόμα, πραγματοποιώντας αιτήσεις εύρους byte στον web server, με την προϋπόθεση ότι υποστηρίζει και αυτός το HTTP 1.1 [2].

Μία βασική διαφορά μεταξύ του streaming και του progressive download έγκειται στο πως λαμβάνονται τα δεδομένα και πως αποθηκεύονται στο τερματικό του χρήστη. Στην προοδευτική λήψη το αρχείο αποθηκεύεται τοπικά στον σκληρό δίσκο του τερματικού ( τυπικά στην cache του web browser), σε αντίθεση με την ροή του αρχείου σε πραγματικό χρόνο, όπου τα δεδομένα απλά παραδίδονται στον client και δεν αποθηκεύονται. Τα παραπάνω απεικονίζονται στην Εικόνα 3 που ακολουθεί.



Εικόνα 3 : Progressive Download [1]

Σε αντίθεση με τους διακομιστές συνεχούς ροής που σπάνια στέλνουν περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα πολυμεσικών δεδομένων στον client την φορά, οι http web



servers διατηρούν την ροή των δεδομένων μέχρι να ολοκληρωθεί συνολικά η λήψη του αρχείου. Εάν παγώσουμε την λήψη του αρχείου στο ξεκίνημα της αναπαραγωγής του και στην συνέχεια περιμένουμε, θα ληφθεί τελικά το αρχείο συνολικά και θα αποθηκευθεί στην προσωρινή μνήμη (cache) του web browser όπως ήδη αναφέρθηκε, επιτρέποντας μας την ομαλή αναπαραγωγή του χωρίς καθόλου διακοπές (hiccups). Βέβαια, υπάρχει και ένα μειονέκτημα στην διαδικασία που αναφέρθηκε. Αν για παράδειγμα 30 δευτερόλεπτα μετά την αναπαραγωγή ενός αρχείου συνολικής διάρκειας 10 λεπτών, που ήδη έχει ληφθεί στο σύνολο του, αποφασίσει ο χρήστης ότι δεν του αρέσει και επιλέξει να μην δει το υπόλοιπο, τόσο ο ίδιος όσο και ο πάροχος του θα έχουν χαράμισει εύρος ζώνης διάρκειας 9:30 λεπτών.

Η προοδευτική λήψη υποστηρίζεται από τους περισσότερους media players και τις περισσότερες πλατφόρμες [2], συμπεριλαμβανομένων των Adobe Flash [39], Silverlight [40] και Windows Media Player [41]. Επίσης δημοφιλείς ιστοσελίδες διαμοιρασμού αρχείων βίντεο, όπως YouTube [42], Vimeo [43], MySpace [44] και MSN Soapbox [45], χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά την προοδευτική λήψη.

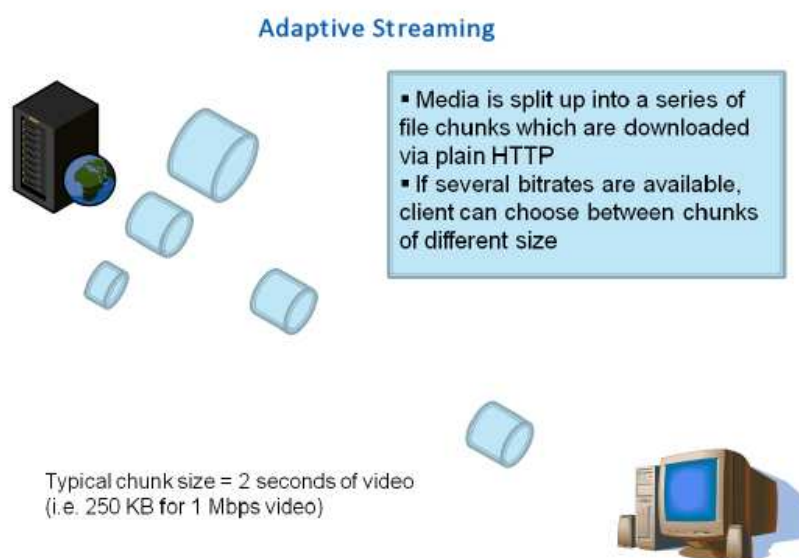
#### **1.2.4 Προσαρμοστική συνεχής ροή με χρήση πρωτοκόλλου HTTP (HTTP-Based Adaptive Streaming)**

Η προσαρμοστική ροή των πακέτων [2] είναι μια υβριδική μέθοδος παράδοσης που ενεργεί σαν συνεχή ροή αλλά βασίζεται στην προοδευτική λήψη (progressive download) μέσω http πρωτοκόλλου. Είναι μία προηγμένη μέθοδος που χρησιμοποιεί το http αντί για κάποιο νέο πρωτόκολλο.

Σε μία τυπική εφαρμογή της μεθόδου, η οπτικοακουστική πηγή τεμαχίζεται σε πολλά μικρά κομμάτια (chunks) και κωδικοποιείται στην επιθυμητή μορφή παράδοσης. Η διάρκεια των κομματιών αυτών είναι συνήθως 2-4 δευτερόλεπτα. Στο επίπεδο κωδικοποίησης βίντεο, αυτό σημαίνει κατά κανόνα ότι κάθε κομμάτι είναι κομμένο εντός των ορίων βίντεο GOP (Group Of Pictures), όπου κάθε τεμάχιο αρχίζει με ένα πλαίσιο κλειδί (key frame), και δεν υπάρχει εξάρτηση με παρελθοντικά/μελλοντικά τεμάχια/GOPs. Αυτό επιτρέπει σε κάθε κομμάτι να αποκωδικοποιηθεί αργότερα ανεξάρτητα από τα άλλα κομμάτια.

Τα κωδικοποιημένα κομμάτια φιλοξενούνται σε διαδικτυακούς διακομιστές http (http Web servers). Ο πελάτης ζητάει τα κομμάτια από τον διακομιστή γραμμικά και τα λαμβάνει μέσω http progressive download. Καθώς ο πελάτης λαμβάνει τα τεμάχια αυτά, μπορεί παράλληλα να αναπαραγάγει την ακολουθία αυτή των κομματιών σε γραμμική διάταξη. Επειδή τα κομμάτια αυτά είναι προσεκτικά κωδικοποιημένα, χωρίς δηλαδή επικαλύψεις ή κενά μεταξύ τους μπορούν να αναπαραχθούν δίνοντας μία αδιάλλειπτη ροή στην εικόνα.

Το μέρος της προσαρμογής στην συγκεκριμένη υλοποίηση έχει σημασία όταν η πηγή εικόνας/ήχου κωδικοποιείται σε πολλαπλά bit rates, δημιουργώντας αντίστοιχα πολλαπλά τεμάχια διαφόρων μεγεθών για κάθε 2-4 δευτερόλεπτα βίντεο. Αυτό δίνει στον πελάτη την δυνατότητα της επιλογής τεμαχίων διαφορετικών μεγεθών. Επειδή συνήθως οι web servers παραδίδουν τα δεδομένα όσο γρήγορα τους επιτρέπει το εύρος ζώνης του δικτύου, μπορεί ο client που τρέχει στο τερματικό του χρήστη, να υπολογίσει εύκολα το εύρος ζώνης της γραμμής του και να αποφασίσει αν θα κατεβάσει μικρότερα ή μεγαλύτερα τεμάχια. Το μέγεθος του buffer αναπαραγωγής/λήψης είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο. Τα παραπάνω απεικονίζονται γραφικά στην Εικόνα 4.



**Εικόνα 4 :** HTTP Adaptive Streaming [2]

Η προσαρμοστική ροή, όπως κάθε άλλη μορφή παράδοσης http, προσφέρει στον διανομέα του περιεχομένου τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι της παραδοσιακής ροής δεδομένων [2] :

- Είναι φθηνότερο στην ανάπτυξη του, επειδή η προσαρμοστική ροή μπορεί να χρησιμοποιήσει http caches/proxies και δεν απαιτεί εξειδικευμένους διακομιστές σε κάθε κόμβο.
- Προσφέρει καλύτερη επεκτασιμότητα και πρόσβαση, μειώνοντας τα προβλήματα του “last mile”, επειδή μπορεί να προσαρμοστεί δυναμικά στις κατώτερες συνθήκες του δικτύου, όσο πλησιάζει τον χώρο του χρήστη.
- Αφήνει το κοινό να προσαρμοστεί στο περιεχόμενο, αντί να πρέπει οι διανομείς του περιεχομένου να μαντέψουν ποια bit rates το κάνουν προσβάσιμο από το κοινό.

Επίσης προσφέρει τα παρακάτω πλεονεκτήματα στον χρήστη:

- Γρήγορη εκκίνηση και χρόνοι αναζήτησης, επειδή η εκκίνηση/αναζήτηση μπορεί να αρχίσει με το χαμηλότερο bit rate πριν την μετάβαση σε υψηλότερο ρυθμό.
- Ξεχνάει οριστικά το buffering, τις αποσυνδέσεις, τα κολλήματα στην αναπαραγωγή (εφόσον καλύπτει ο χρήστης τις ελάχιστες απαιτήσεις σε bit rate).
- Αδιάλλειπτη μετάβαση από χαμηλότερο σε υψηλότερο bit rate ή αντίστροφα, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες του δικτύου και τις δυνατότητες της CPU του τερματικού του χρήστη.
- Μία γενικά ομαλή και με συνοχή εμπειρία θέασης του περιεχομένου.

Η χρήση λοιπόν του HTTP για την μεταφορά πληροφορίας σε συνεχή ροή, μας εισαγάγει στα πλεονεκτήματα του να έχουμε ως πρωτόκολλο παρακολούθησης των συνθηκών του δικτύου το TCP όπου μέσω του εγγενούς του μηχανισμού ελέγχου της συμφόρησης να μπορούμε να προλαμβάνουμε ή να ανιχνεύουμε έγκαιρα προβλήματα συμφόρησης του δικτύου.

### **1.3 Επιλογή των ιδανικότερων τρόπων μετάδοσης στο επίπεδο δικτύου**

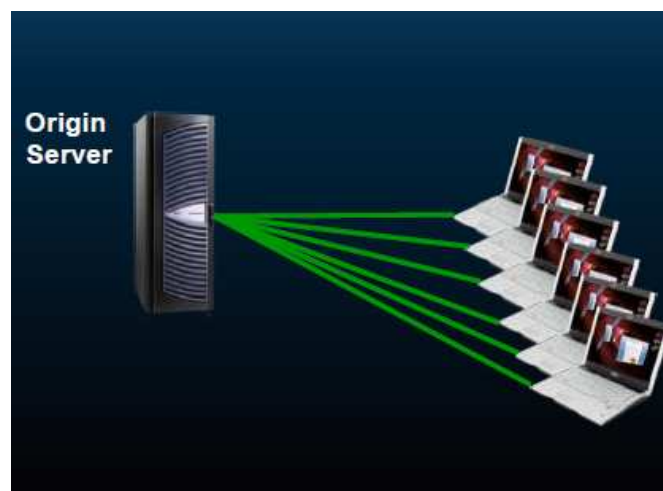
Μετά την σύντομη παρουσίαση των διαφόρων μεθόδων λήψης και αναπαραγωγής media περιεχομένου, προσδιορίζουμε σε αυτή την ενότητα την καταλληλότητα της κάθε μεθόδου, βασιζόμενοι σε συγκεκριμένες παραμέτρους που υπάρχουν, όσον αφορά το τρόπο μετάδοσης [1]. Η ανάλυση που ακολουθεί επικεντρώνεται στην υποστήριξη ροής πληροφορίας πραγματικού χρόνου, στοχεύοντας στην απ'ευθείας κάλυψη γεγονότων. Αυτό θεωρείται το χειρότερο σενάριο, το οποίο καλύπτει κατα πολύ τις ανάγκες για συνεχή ροή πληροφοριών εν γενει, καθώς έχει να λάβει υπόψη την άμεση επεξεργασία και μετάδοση των ροών, κατα την παραγωγή ζωντανών μεταδόσεων. Αυτό και μόνο αναγάγει τους υποψήφιους σε δύο: Το RTSP και την προσαρμοστική ροή HTTP.

Επιπλέον, δίνεται έμφαση στην πτυχή της εξατομίκευσης, καθώς αυτή είναι η καινοτομία που μπορούν να προσφέρουν οι υπηρεσίες IP-TV ή Web-TV, σε σχέση με την παραδοσιακή τηλεοπτική μετάδοση. Με τον όρο εξατομίκευση, αναφερόμαστε στην εξειδίκευση των οπτικοακουστικών ροών που λαμβάνουν οι τελικοί χρήστες, όσον αφορά τόσο των προσωπικών προτιμήσεων τους σε σχέση με το περιεχόμενο αλλά και με τις ειδικές παραμέτρους της συσκευής (μέγεθος οθόνης, επεξεργαστική ισχύς κ.ά). Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ, ότι σε σχέση με την επιλογή του δικτυακού τρόπου πρόσβασης , λαμβάνοντας υπόψιν την πληθώρα των διατεθειμένων τεχνολογιών, θα πρέπει να τεθούν υπο εξέταση τόσο οι ενσύρματες όσο και οι ασύρματες και οι κινητές τεχνολογίες μετάδοσης (xDSL, Ethernet, WiMax, WLAN, 3G και Bluetooth) . Δεδομένου των ομοιοτήτων που παρουσιάζουν πολλές από τις παραπάνω περιπτώσεις, ανεξάρτητα από την κατάσταση των φυσικών μέσων που εμπλέκονται ( π.χ Ethernet και WLAN), δεν θα πρέπει η αξιολόγηση να γίνεται

με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του φυσικού μέσου, αλλά με βάση τα χαρακτηριστικά του τρόπου μετάδοσης. Με βάση αυτό, οι τρεις τρόποι μετάδοσης, μονοεκπομπής (unicast), πολυεκπομπής (multicast) και ευρυεκπομπής (broadcast) χρησιμοποιούνται παρακάτω προκειμένου να παρουσιάσουν την καταλληλότητα χρήσης είτε του ενός, είτε του άλλου πρωτοκόλλου.

### 1.3.1 Υποστηρίζοντας τον τρόπο μετάδοσης απλής εκπομπής (unicast)

Στην συγκεκριμένη περίπτωση [1] (Εικόνα 5), ο καλύτερος υποψήφιος είναι η προσαρμοστική συνεχής ροή HTTP, αφού με την χρήση της κατάλληλης τεχνολογίας στον διακομιστή (π.χ Smooth Streaming), είναι σε θέση να προσαρμόσει την συνεχή ροή στο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Επιπλέον, είναι σε θέση να αντιμετωπίσει άψογα ζητήματα που προκύπτουν τόσο κατά την διάρκεια μετακίνησης μεταξύ domains, αλλά επίσης και κατά την εναλλαγή τεχνολογιών δικτύου, με άμεση ανακατεύθυνση της διαδρομής των πακέτων της συνεχούς ροής. Βασιζόμενοι λοιπόν στην χρήση της προσαρμοστικής ροής HTTP, μπορεί να υποστηριχτεί η αδιάλλειπτη εναλλαγή μεταξύ των bit rates και των επιπέδων κωδικοποίησης με στόχο την προσαρμογή στις συνθήκες του δικτύου, καθώς και η αδιάλλειπτη εναλλαγή μεταξύ διαφόρων τεχνολογιών δικτύου. Επιπλέον, είναι επίσης δυνατή η απρόσκοπτη εναλλαγή συσκευών, στον βαθμό εκείνο που μπορεί να υποστηριχτεί από τα λειτουργικά συστήματα και τις πλατφόρμες εφαρμογών που είναι διαθέσιμες σε κάθε συσκευή.

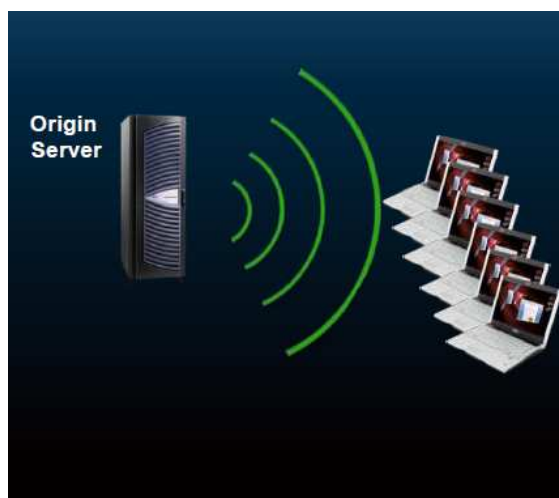


Εικόνα 5: Unicast Μετάδοση [28]

### 1.3.2 Υποστηρίζοντας τον τρόπο μετάδοσης πολυεκπομπής (multicast)

Όσον αφορά τον τρόπο μετάδοσης πολυεκπομπής (Εικόνα 6), παρουσιάζει ενδιαφέρον στην περίπτωση που εμπλέκονται τεχνολογίες ασυρμάτων δικτύων πρόσβασης, προκειμένου να παρέχεται πιο αποδοτική χρήση του ήδη περιορισμένου διαθέσιμου εύρους ζώνης. Η χρήση πάνω από ενσύρματες τεχνολογίες, δεν παρουσιάζει κάποια προβλήματα και μπορεί να παρέχεται με τον ίδιο τρόπο. Στην περίπτωση των σεναρίων χρήσης πολυεκπομπής, μία σημαντική πρόκληση είναι η ικανότητα υποστήριξης αδιάλλειπτης εναλλαγής μεταξύ των τρόπων μετάδοσης (απλής εκπομπής σε πολυεκπομπή και αντίστροφα), εντός των ίδιων τεχνολογιών πρόσβασης δικτύου και προσαρμογής στις συνθήκες του δικτύου βασιζόμενοι στην επιλογή του συστήματος μετάδοσης. Για την υποστήριξη των ανωτέρω, η χρήση του RTP που βασίζεται στην προσαρμοστική συνεχή ροή σε συνδυασμό με την χρήση πρωτοκόλλων SIP-RTSP είναι η καλύτερη επιλογή, αφού υποστηρίζουν εγγενώς την πολυεκπομπή. Η χρήση του HTTP εδώ δεν αποτελεί επιλογή, λόγω της μονοεκπομπικής φύσης του.

Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι ένα χαρακτηριστικό πρόσθετης αξίας στην περίπτωση της πολυεκπομπής, είναι η ικανότητα παροχής εξατομίκευσης στην εμπειρία συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου. Αυτό μπορεί να υποστηριχθεί είτε μέσω της δυναμικής επιλογής καναλιού πολυεκπομπής σύμφωνα με τις προσωπικές προτιμήσεις των χρηστών, είτε μέσω εναλλαγής πολυεκπομπής σε απλή εκπομπή σε περίπτωση μειωμένου ενδιαφέροντος σε συγκεκριμένες ροές.



Εικόνα 6: Multicast Μετάδοση [28]

### 1.3.3 Υποστηρίζοντας τον τρόπο μετάδοσης ευρυεκπομπής (broadcast)

Όσον αφορά τον τρόπο μετάδοσης ευρυεκπομπής [1], θα λέγαμε ότι είναι καταλληλότερος για περιπτώσεις τηλεοπτικές και γι' αυτό οι πλέον κατάλληλες τεχνολογίες είναι οι DVB-H και DVB-T. Σε σύγκριση με τις προηγούμενες δύο τεχνικές, έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα, το οποίο είναι η ανευ όρων μετάδοση δεδομένων ακόμη και στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει κάποιος καταναλωτής για την συγκεκριμένη συνεχή ροή. Στην ευρυεκπομπική μετάδοση, σημαντική πρόκληση είναι η εξατομίκευση της εμπειρίας συνεχούς ροής. Δύο διαφορετικές προσεγγίσεις μπορούν να θεωρηθούν εδώ: Η πρώτη αφορά την εξατομικευμένη κάλυψη μέσω DVB-H, παρακάμπτοντας το ζήτημα ότι η χρήση ευρυεκπομπής δεν επιτρέπει την παροχή μιας ξεχωριστής ανα χρήστη ροής στην λήψη, ενώ η δεύτερη ασχολείται με το ζήτημα της αποδοτικής χρήσης του DVB-H, ώστε να προσφερθεί στον χρήστη μια πιο πλούσια εμπειρία που θα του επιτρέψει να φέρει την εμπειρία θέασης στα δικά του "θέλω".

Για την επίτευξη των ανωτέρω, είναι αναγκαία η υποστήριξη επεκτάσεων στο παραδοσιακό DVB-H, σύμφωνα με τις οποίες το τερματικό θεωρείται ότι λειτουργεί σαν ένας απλός τηλεοπτικός δέκτης και θα μπορεί να λαμβάνει επιπλέον πληροφορίες που του συστήνονται, καθώς και σε πραγματικό χρόνο μεταδεδομένα (metadata) αναφορικά με το περιεχόμενο που λαμβάνει, ενώ παράλληλα θα στέλνονται πίσω στο σύστημα πληροφορίες για τις επιλογές του χρήστη. Αυτό είναι εφικτό με την χρήση επιπλέον καναλιών επικοινωνίας βασιζόμενο σε απλές εκπομπές ή πολυεκπομπές, μέσω τεχνολογιών WiFi ή 3G, παράλληλα με τις ροές DVB-H. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το πρωτόκολλο SIP εδώ, προκειμένου να υποστηριχθεί το κανάλι επιστροφής και να μεταφερθούν οι επιλογές του χρήστη, ενισχύοντας έτσι την εμπειρία του μέσω της DVB-H εκπεμπόμενης ροής και εισάγοντας πλήρεις διαδραστικές δυνατότητες στο μοντέλο διανομής του πολυμεσικού περιεχομένου.

Στα πλαίσια αυτής της περίπτωσης, η εναλλαγή (όχι απαραίτητα αδιάλλειπτα) μεταξύ απλής εκπομπής-ευρυεκπομπής μπορεί να γίνει σύμφωνα με τις προσωπικές προτιμήσεις των χρηστών, έτσι ώστε να ληφθούν καλύτερα υπόψη οι ανάγκες εξατομίκευσης της εκπομπής.



### 1.3.4. Μελέτη περιπτώσεων και συμπεράσματα

Απο την παραπάνω ανάλυση, μπορούμε να δούμε ότι η καλύτερη επιλογή για την υποστήριξη των υπηρεσιών συνεχούς ροής οπτικοακουστικού περιεχομένου, εξαρτάται από τον τρόπο μετάδοσης που θα επιλεγεί να εφαρμοσθεί. Αν και το HTTP προσφέρει περισσότερες δυνατότητες εξατομίκευσης, είναι προσανατολισμένο προς την κατεύθυνση πολυεκπομπικών μεταδόσεων, που δεν είναι όμως τόσο αποτελεσματικές όσο οι εναλλακτικές απλής εκπομπής και ευρυεκπομπής. Επιπλέον, από την στιγμή που η HTTP προσαρμοστική συνεχής ροή κάνει χρήση τυποποιημένων πρωτοκόλλων ( τα ίδια πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται για πρόσβαση σε διαδικτυακές υπηρεσίες), η ανάπτυξη τους πάνω από ευρύ φάσμα πλατφορμών και δικτυακών περιβαλλόντων είναι αδιάλλειπτη, δημιουργώντας ελάχιστες επιπτώσεις σε σχέση με την χρήση πίσω από firewalls και NATs. Τέλος, η δυνατότητα για ανάπτυξη TCP μεταδόσεων για την συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου και για τον έλεγχο πληροφοριών, προσφέρει ένα πλεονέκτημα όσον αφορά την έγκαιρη ανίχνευση συμφόρησης δικτύου και επίσης της γρήγορης προσαρμογής του εκπεμπόμενου ρυθμού συνεχούς ροής.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση του RTSP είναι στενά συνδεδεμένη με την αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου, δεδομένου ότι μπορεί εύκολα να αναπτυχθεί σε όλους τους τύπους των μεταδόσεων (απλή εκπομπή, πολυεκπομπή, ευρυεκπομπή). Ως εκ τούτου μπορούν να υποστηριχθούν μεγάλες διανομές συνεχών ροών που χρησιμοποιούν ευρυεκπομπή ή πολυεκπομπή , ενώ για την κάλυψη των αναγκών του καναλιού επιστροφής με τις επιλογές του χρήστη και την ανατροφοδότηση πληροφοριών, εξακολουθεί να υποστηρίζεται η μετάδοση απλής εκπομπής. Επιπλέον το RTSP πρωτόκολλο είναι σχεδιασμένο ώστε να εξυπηρετεί την συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου και ως εκ τούτου υποστηρίζει εγγενώς δυνατότητες χειρισμού πολυμεσικού περιεχομένου.

Επομένως, η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου βρίσκεται στα χέρια των μηχανικών που σχεδιάζουν την από άκρο σε άκρο αρχιτεκτονική διανομής. Αν και δεν υπάρχει χρυσός κανόνας όσον αφορά την επιλογή του πρωτοκόλλου, μπορούν να αξιολογηθούν πολλές παραμέτροι ώστε να φτάσουμε στην απόφαση: Υπάρχει ανάγκη για πολυεκπομπή/ευρυεκπομπή, ανάγκη για λειτουργία πίσω από firewall/NATs, με εναλλαγή μεταξύ συσκευών/δικτύων. Ένα παράδειγμα επιλογής παρουσιάζει ο



Πίνακας 1, που πάρθηκε απο τις τεχνολογίες πρόσβασης δικτύου που επιλέχθηκαν στο project my-eDirector 2012 [3]. Το my-eDirector 2012 είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα που έχει ως στόχο να παρέχει μία μοναδική διαδραστική υπηρεσία ευρυεκπομπικής μετάδοσης, επιτρέποντας στους τελικούς χρήστες να επικεντρώνονται σε σημεία του αθλητικού γεγονότος που τους ενδιαφέρουν περισσότερο σε πραγματικό χρόνο [46]. Αναλυτική παρουσίαση του γίνεται στην ενότητα 4.

	Access Network Technology	Data Transfer	Streaming Protocol	Transfer Protocol	Return channel feedback
<b>UNICAST</b>	<b>Ethernet</b>	IP	HTTP	TCP	HTTP
	<b>ADSL</b>	IP	HTTP	TCP	HTTP
	<b>WiFi</b>	IP	HTTP	TCP	HTTP
	<b>3G</b>	IP	HTTP	TCP	HTTP
	<b>WiMAX</b>	IP	HTTP	TCP	HTTP
<b>MULTICAST</b>	<b>WiFi</b>	IP	RTP	UDP	SIP - RTSP
	<b>WiMAX</b>	IP	RTP	UDP	SIP - RTSP
	<b>Ethernet</b>	IP	RTP	UDP	SIP - RTSP
<b>BROADCAST</b>	<b>DVB - H</b>	TS	MPE 2-TS	MPE-FEC	HTTP

**Πίνακας 1:** Επιλογή πρωτοκόλλων και τεχνολογιών πρόσβασης δικτύου στο my-eDirector 2012 [1]

Στον παραπάνω πίνακα, βλέπουμε οτι σε συνέχεια της ανάλυσης που έγινε προηγουμένως, η αντίστοιχη χρήση των HTTP και RTSP έχει επιλεγθεί έτσι ώστε να ταιριάζει με τις διαφορετικές ανάγκες των συνεχών ροών για μετάδοση. Ενώ μία απο τις βασικές πτυχές του έργου είναι η εξατομίκευση των συνεχών ροών, έχει υπάρξει πρόληψη ώστε να είναι δυνατή η παροχή εξατομικευμένων υπηρεσιών ακόμη και όταν χρησιμοποιούνται μεταδόσεις πολυεκπομπής/ευρυεκπομπής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν οτι καμία υλοποίηση δεν μπορεί να υιοθετηθεί ξεκάθαρα.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η επιστροφή του progressive download είναι αξιοσημείωτη [1] , εφόσον συνοδεύεται από την αντίστοιχη δυνατότητα για προσαρμοστικό μετασχηματισμό της συνεχούς ροής, ακόμη και σε συνθήκες κάλυψης γεγονότων πραγματικού χρόνου. Παρόλ'αυτά η χρήση του RTSP είναι ακόμη η μόνη λύση σε περιπτώσεις μεταδόσεων πολυεκπομπής/ευρυεκπομπής, ενώ οι επικείμενες εξελίξεις με την εισαγωγή του IPv6 και την επόμενη γενιά του RTSP, μπορεί να δημιουργήσουν νέο τοπίο στον χώρο της διανομής πολυμεσικού περιεχομένου συνεχούς ροής μέσω του διαδικτύου.

#### **1.4 Προκλήσεις: Ποιότητα Εμπειρίας (Quality of Experience (QoE) )**

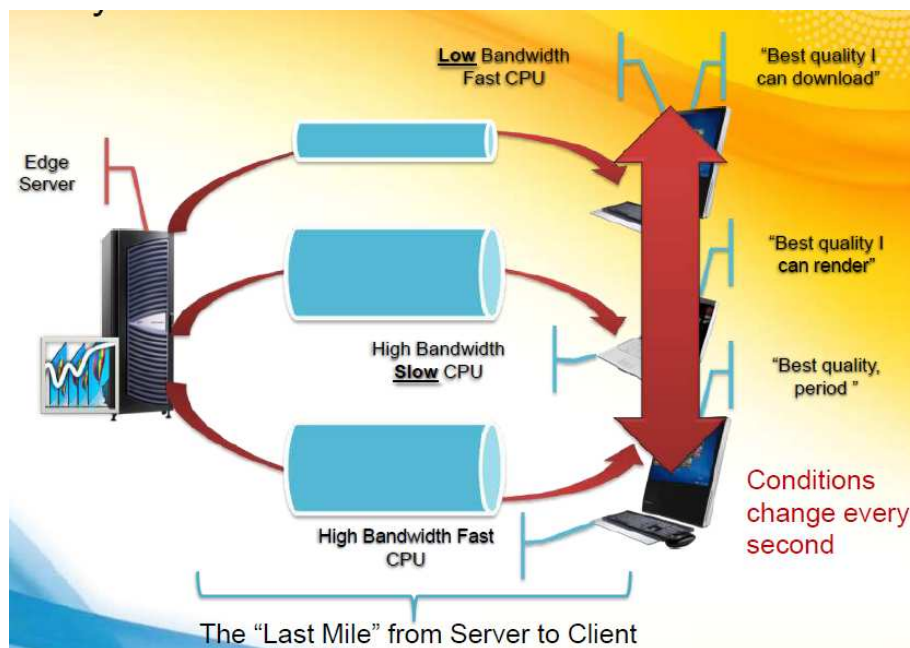
Η online θέαση πολυμεσικού περιεχομένου σημειώνει ραγδαία ανάπτυξη, σημειώνοντας ρεκόρ 10.000.000 θεάσεων τον περασμένο Αύγουστο, σύμφωνα με την εταιρεία μετρήσεων ComScore [4]. Ένα μέρος του αριθμού αυτού οφείλεται στις κινητές συσκευές, οι οποίες αποκτούν συνεχώς βελτιωμένες δυνατότητες για αναπαραγωγή πολυμεσικού περιεχομένου. Σύμφωνα με μία πρόσφατη μελέτη [6], το 75% των κινητών συσκευών παγκοσμίως, που μπορούν όμως να χειριστούν δεδομένα, είναι ικανά να λαμβάνουν από το διαδίκτυο στιγμιότυπα βίντεο και περίπου το 50% αυτών των συσκευών υποστηρίζει συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου. Το μεγαλύτερο μέρος των συσκευών αυτών, αντιπροσωπεύεται από το iPhone της Apple. Στην πραγματικότητα, οι χρήστες του iPhone δημιουργούν ένα δυσανάλογο ποσοστό χρήσης κινητών διαδικτυακών εφαρμογών. Όμως παρά την εντυπωσιακή ανάπτυξη, η αποτελεσματική ρευστοποίηση της εικόνας αυτής από του παραγωγούς του περιεχομένου παραμένει ακόμα απαιτηλή. Από την άλλη πλευρά, οι καταναλωτές μέρα με την μέρα απαιτούν υψηλότερης ποιότητας περιεχόμενο. Έτσι λοιπόν, οι πάροχοι δικτύου προκειμένου να διατηρήσουν την ικανοποίηση των χρηστών σε υψηλά επίπεδα, αλλά και να αντλήσουν νέα έσοδα από διαφοροποιημένα προϊόντα και υπηρεσίες, δημιουργούν ένα δίκτυο βασισμένο σε υπηρεσίες διαδικτυακού πολυμεσικού περιεχομένου. Το παραπάνω, αποτελεί ένα δίκτυο με ευφυείς προβλέψεις , διασφάλιση της παράδοσης, και παρακολούθηση της ποιότητας των διαδικτυακών βίντεο εντός της υποδομής του δικτύου, με στόχο την απομόνωση των σφαλμάτων και την χρήση αυτοματοποιημένων τεχνικών διόρθωσης τους. Με τα

στοιχεία αυτά, μπορεί ένας πάροχος υπηρεσιών να δημιουργήσει ένα δίκτυο παρέχοντας QoE απο άκρη σε άκρη [5]. Για την αντιμετώπιση λοιπόν της διασφάλισης της ποιότητας των διαδικτυακών βίντεο, έχουν έρθει στην επιφάνεια διάφορες τεχνολογίες, όλες όμως έχοντας ως κοινό χαρακτηριστικό την παροχή υπηρεσιών με εγγυημένο QoE. Πιο διαδεδομένες είναι οι ευφυείς πλατφόρμες τροφοδότησης, καθώς και οι τεχνικές διασφάλισης της παράδοσης των IP πακέτων. Επιπλέον, η επίβλεψη της συνεχούς ροής των πολυμεσικών περιεχομένων είναι καθοριστική για την απομόνωση των σφαλμάτων και την άμεση διόρθωσή τους. Με τις σημερινές τεχνολογίες επίβλεψης, δεν είναι δυνατή η αποδοτική διασφάλιση της παράδοσης. Αναφορικά μπορούμε να πούμε ότι οι ευφυείς τεχνικές επίβλεψης χρησιμοποιούν πρωτόκολλα, όπως το multicast CAC (Call Admission Control) και το RSVP (Resource Reservation Protocol), που διασφαλίζουν ότι η υποδομή του δικτύου μπορεί να χειριστεί το εύρος ζώνης, πριν την είσοδο και άλλης ροής. Ένα άλλο εργαλείο QoE είναι η διασφάλιση της παράδοσης IP πακέτων τελευταίου μιλίου (last mile) , μέσω αναμετάδοσης των χαμένων πακέτων, το οποίο όμως είναι αποτελεσματικό μόνο σε περιπτώσεις “ last mile”. Μία από τις υλοποιήσεις στην αγορά είναι της εταιρείας LSI Corp, η οποία δίνει στους παρόχους υπηρεσιών, μέσω μιας υλοποίησης που ονομάζει embedded quality of experience (eQoE) , την δυνατότητα να επιβλέπουν την ποιότητα του περιεχομένου που παρέχουν εντός του εξοπλισμού πρόσβασης , δηλαδή εάν υπάρξει προβληματική αναφορά από χρήστη σε σχέση με την παράδοση του περιεχομένου, μπορεί ο χειριστής του δικτύου να διερευνήσει τον εξοπλισμό πρόσβασης και να αξιολογήσει την ποιότητα του παρεχόμενου βίντεο προτού παραδοθεί στον χρήστη. Εάν η ποιότητα του περιεχομένου είναι ήδη φτωχή στον κόμβο πρόσβασης, θα πρέπει η αιτία να αναζητηθεί όχι στον εξοπλισμό του τελευταίου μιλίου, αλλά βαθύτερα στο δίκτυο [5].

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι το eQoE δημιουργεί ενσωματωμένη, με μειώσιμο κόστος και αποδοτική επίβλεψη των διακινούμενων διαδικτυακών βίντεο εντός του εξοπλισμού πρόσβασης , επιτρέποντας μειωμένες λειτουργικές δαπάνες στους παρόχους και βελτιωμένες υπηρεσίες στους χρήστες.

## 1.5 Προσαρμογή σε συνθήκες δικτύου / τερματικών

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα και αντίστοιχα αποτελεί και μεγάλη πρόκληση η αντιμετώπιση του, είναι το λεγόμενο 'last mile'. Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρείται δυσκολία στην παράδοση του περιεχομένου από τον τελικό διακομιστή στον χρήστη που όπως φαίνεται και στην παρακάτω Εικόνα 7 έχει τρία σκέλη. Στην πρώτη περίπτωση παρατηρούμε ότι το εύρος ζώνης είναι μικρό αλλά το τερματικό του χρήστη έχει γρήγορη επεξεργαστική ισχύ, οπότε ο χρήστης έχει την καλύτερη ποιότητα ανάλογα με τον ρυθμό που μπορεί να λαμβάνει. Αντίθετα στην δεύτερη περίπτωση το εύρος ζώνης της γραμμής του χρήστη είναι υψηλό, αλλά η επεξεργαστική ισχύς του μηχανήματος του είναι αργή, οπότε ο χρήστης έχει την καλύτερη ποιότητα που μπορεί να αποδώσει το τερματικό του. Η τελευταία περίπτωση είναι και η ιδανική, αλλά το γενικό συμπέρασμα είναι ότι οι συνθήκες αλλάζουν κάθε δευτερόλεπτο, οπότε αντί να προσπαθούμε να προσαρμόσουμε το διαδίκτυο στις συνθήκες συνεχούς ροής, είναι ευκολότερο να προσαρμόσουμε το πολυμεσικό περιεχόμενο στις συνθήκες του διαδικτύου. Αυτό πετυχαίνεται με την προσαρμοστική συνεχή ροή (adaptive streaming) με χρήση του πρωτοκόλλου HTTP, που αναλύεται σε επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 7: Περιπτώσεις συνθηκών "Last Mile" [28]

Στην ενότητα 2 που ακολουθεί, θα επικεντρωθούμε σε τεχνικές βελτιστοποίησης της μετάδοσης οπτικοακουστικού περιεχομένου τόσο στο επίπεδο μεταφοράς μέσω των πρωτοκόλλων DCCP και TFRC όσο και στο επίπεδο εφαρμογής μέσω του πρωτοκόλλου SVC. Επίσης θα γίνει αναφορά και στην χρήση σωματιδίων (wavelets) με το πρωτόκολλο SVC.

## **2. Τεχνικές βελτιστοποίησης σε διαφορετικά επίπεδα πρωτοκόλλων**

Σε αυτή την ενότητα, εξετάζεται το θέμα της συμπαγούς μετάδοσης οπτικοακουστικού περιεχομένου και της προσαρμογής του QoS, από την πλευρά όμως των τεχνικών βελτιστοποίησης που εφαρμόζονται στο στρώμα μεταφοράς αλλά και στο στρώμα εφαρμογής. Γι' αυτό το λόγο λαμβάνονται υπόψιν πρωτόκολλα μεταφοράς, όπως το πρωτόκολλο ελέγχου συμφόρησης δεδομενογράμματος (Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) ) [17] για υπηρεσίες που δεν απαιτούν σύνδεση (όπως το UDP) και το TFRC (TCP-Friendly Rate Control) για υπηρεσίες πάνω από πρωτόκολλα που απαιτούν σύνδεση (όπως το TCP) και προσομοιώσεις της απόδοσης. Αντίστοιχα για το στρώμα εφαρμογής μελετάται η βαθμωτή κωδικοποίηση βίντεο (SVC) [24] και η βαθμωτή κωδικοποίηση βίντεο με χρήση σωματιδίων (wavelet based SVC) [25]. Οι λύσεις που αναλύονται στην ενότητα αυτή βασίζονται στα επίπεδα μεταφοράς και εφαρμογής, έτσι ώστε να μπορούν να είναι ανεξάρτητες από τις υποκείμενες τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών και δικτύων.

### **2.1 Συνεχής ροή πολυμεσικού περιεχομένου μέσω DCCP**

Το πρωτόκολλο ελέγχου συμφόρησης δεδομενογράμματος DCCP δημιουργήθηκε για να καλύψει το κενό μεταξύ των πρωτοκόλλων TCP και UDP. Σε αντίθεση με το TCP, δεν υποστηρίζει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων και σε αντίθεση με το UDP, παρέχει έναν μηχανισμό ελέγχου συμφόρησης φιλικό προς το TCP προκειμένου να συμπεριφέρεται δίκαια προς τις άλλες ροές TCP. Το DCCP περιλαμβάνει πολλαπλούς αλγόριθμους ελέγχου συμφόρησης που μπορούν να επιλεγούν σε σχέση με τις απαιτήσεις των χρηστών για QoS. Επιπλέον, το DCCP ταυτοποιεί έναν αλγόριθμο ελέγχου συμφόρησης μέσω της ταυτότητας ελέγχου συμφόρησης CCID (Congestion Control ID).

Η λογική πίσω από την χρήση του DCCP, είναι η εγγενής του ικανότητα για καλύτερη διαχείριση της κίνησης πολυμεσικού περιεχομένου και η παροχή μέχρι

ενός βαθμού, ελέγχου μετάδοσης για κίνηση πραγματικού χρόνου, που δεν προβλέπεται από το UDP. Η αυξανόμενη ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων, όπως οι κινητές και οι δορυφορικές επικοινωνίες, όπου υπάρχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μετάδοσης όσον αφορά την καθυστέρηση και τα λάθη μετάδοσης σε σύγκριση με τα σταθερά δίκτυα, θέτει ένα ερώτημα σχετικά με την καταλληλότητα προς χρήση νέων πρωτοκόλλων όπως το DCCP στα δίκτυα αυτά. Δεδομένου ότι η απόδοση του TCP πάνω από τα προαναφερθέντα ασύρματα δίκτυα έχει αξιολογηθεί εκτενώς την τελευταία δεκαετία με πλήθος προτεινόμενων πρωτοκόλλων βελτίωσης [18] , [19], είναι πιθανό οι DCCP αλγόριθμοι που είναι παρόμοιοι με το TCP (CCID2) [20] ή έχουν κάποια χαρακτηριστικά του TCP (CCID3) [21], να έχουν επίσης προβλήματα απόδοσης με τα δίκτυα αυτά.

## **2.2 Συνεχής ροή πολυμεσικού περιεχομένου μέσω TFRC**

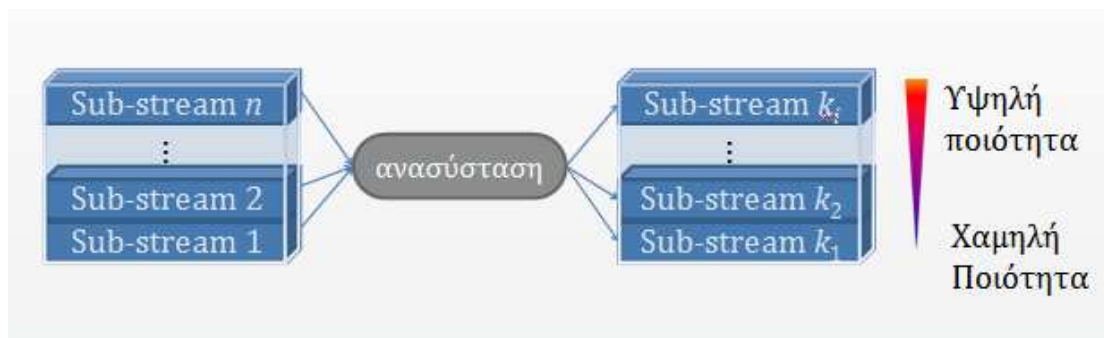
Το TFRC είναι ένα πρωτόκολλο ρυθμού ελέγχου φιλικό προς το TCP [21]. Έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ένα ισοδύναμο πρωτόκολλο ελέγχου συμφόρησης, χρησιμοποιώντας το UDP για την μεταφορά σε συνδυασμό με βέλτιστες εκτιμήσεις ρυθμαπόδοσης που πραγματοποιούνται στο στρώμα εφαρμογής. Ο κύριος στόχος του είναι η βελτιστοποίηση υπηρεσιών για ροή πολυμεσικού περιεχομένου απλής εκπομπής, λειτουργώντας σύμφωνα με το περιβάλλον καλύτερης προσπάθειας (best-effort) του διαδικτύου [22]. Έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι εύλογα δίκαιο όταν συναγωνίζεται ροές TCP για εύρος ζώνης. Ωστόσο, το TFRC με την πάροδο του χρόνου έχει πολύ μικρότερη διακύμανση του ρυθμού απόδοσης σε σύγκριση με το TCP, το οποίο το καθιστά καταλληλότερο για εφαρμογές όπως η τηλεφωνία ή η συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου, όπου είναι σημαντικός ένας σχετικά ομαλός ρυθμός αποστολής. Η ποιότητά του να έχει ομαλότερο ρυθμό απόδοσης από το TCP, ενώ ανταγωνίζονται δίκαια για το εύρος ζώνης, είναι ότι το TFRC ανταποκρίνεται πιο αργά από το TCP στις αλλαγές του διαθέσιμου εύρους ζώνης [22]. Γι' αυτό πρέπει το TFRC να χρησιμοποιείται μόνο όταν έχει η εφαρμογή απαίτηση για ομαλό ρυθμό απόδοσης, αποφεύγοντας συγκεκριμένα την μείωση από το TCP του ρυθμού αποστολής στο μισό για κάθε πακέτο που χάνεται. Έτσι το TFRC είναι σχεδιασμένο για εφαρμογές που χρησιμοποιούν σταθερό μέγεθος πακέτου και που ποικίλλει ο



ρυθμός αποστολής τους σε πακέτα/sec, προκειμένου να αντιμετωπίσουν την συμφόρηση.

### 2.3 Βαθμωτή κωδικοποίηση βίντεο (Scalable Video Coding (SVC) )

Το SVC αποτελεί μια πολύ ελκυστική λύση στα προβλήματα που τίθενται από τα χαρακτηριστικά των σύγχρονων συστημάτων μετάδοσης περιεχομένου εικόνας/ήχου πάνω από ετερογενή δίκτυα. Είναι μια αποτελεσματική επέκταση του προτύπου H.264/AVC [23] και η χρήση του μας επιτρέπει την μετάδοση και αποκωδικοποίηση επιμέρους συνεχών ροών με στόχο την παροχή υπηρεσιών εικόνας/ήχου χαμηλότερων χρονικών ή χωρικών(ενδοπλαισιακών) αναλύσεων ή μειωμένης πιστότητας(π.χ μείωση του SNR), διατηρώντας όμως ποιότητα ανασύστασης που είναι υψηλά συσχετισμένη με τον ρυθμό των επιμέρους συνεχών ροών από bit, όπως απεικονίζεται και στην παρακάτω Εικόνα 8.

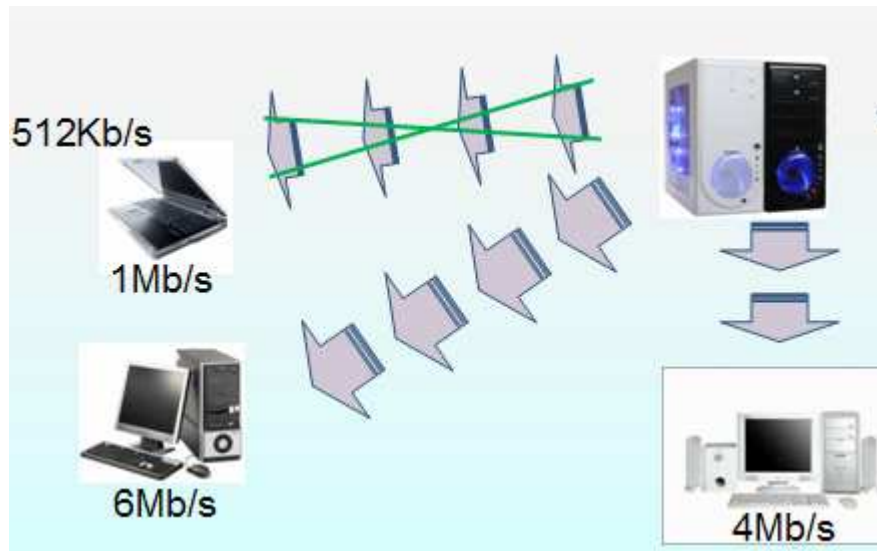


**Εικόνα 8 :** Ανασύσταση χαμηλότερης ποιότητας σημάτων εικόνας/ήχου από επιμέρους συνεχείς ροές [24]

Ως εκ τούτου το SVC προσφέρει λειτουργίες όπως λιγότερο οδυνηρές υποβαθμίσεις σε περιβάλλοντα μετάδοσης με απώλειες, όπου έχουμε απώλεια τμημάτων της ροής χαμηλότερης προτεραιότητας, καθώς και προσαρμογή ισχύος (αποκωδικοποίηση του καταλλήλου τμήματος της συνεχούς ροής) , προσαρμογή ρυθμού bit και μορφοποίησης. Αυτές οι λειτουργίες παρέχουν βελτιώσεις σε εφαρμογές μετάδοσης και αποθήκευσης. Το SVC έχει επιτύχει σημαντικές βελτιώσεις στην απόδοση της



κωδικοποίησης με αυξημένο βαθμό υποστηριζόμενης κλιμάκωσης, σχετική με τα βαθμωτά προφίλ των προτέρων προτύπων κωδικοποίησης περιεχομένου(π.χ MPEG-2, H.263). Στην Εικόνα 9 βλέπουμε το πρόβλημα της μετάδοσης σε μη βαθμωτές συνεχείς ροές εικόνας/ήχου, όπου απαιτούνται πολλαπλές συνεχείς ροές περιεχομένου για ετερογενείς χρήστες.



Εικόνα 9 : Μη κλιμακούμενη συνεχής ροή περιεχομένου [24]

Ο όρος «βαθμωτή» αναφέρεται στην απομάκρυνση τμημάτων της συνεχούς ροής bit εικόνας/ήχου, ώστε να υπάρξει προσαρμογή στις διάφορες ανάγκες ή προτιμήσεις των τελικών χρηστών, καθώς και στις διαφορετικές δυνατότητες των τερματικών ή των συνθηκών του δικτύου. Δηλαδή σε γενικές γραμμές, η κλιμάκωση συντελείται όταν τμήματα της συνεχούς ροής αφαιρούνται κατα τρόπο τέτοιο ώστε η προκύπτουσα συνεχής υπο-ροή δημιουργεί μια άλλη έγκυρη ροή απο bit για κάποιον αποκωδικοποιητή και η υπο-ροή αυτή αντιπροσωπεύει το αρχικό περιεχόμενο με μια ποιότητα ανασύστασης που είναι μικρότερη απο αυτή της πλήρους αρχικής ροής, αλλά είναι υψηλή όταν εξετάζεται η χαμηλότερη ποσότητα των υπολοίπων δεδομένων.

## 2.4 Βαθμωτή κωδικοποίηση βίντεο με χρήση κυματιδίων ( wavelet based SVC)

Τα βασικά χαρακτηριστικά της χρήσης κυματιδίων σε κωδικοποίηση SVC είναι η 3Δ αποσύνθεση κυματιδίων, η δομή πρόγνωσης ανοιχτού βρόχου, η βαθμωτή χωροχρονικά ανάλυση και το βαθμωτό SNR. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των κυματιδίων αναφέρονται παρακάτω [25] :

- Πλεονεκτήματα
  - Φυσική κλιμάκωση για πολλαπλή ανάλυση
  - Δομή πρόγνωσης ανοιχτού βρόχου
    - Προσφέρει διακριτική κλιμάκωση SNR χωρίς να εμποδίζεται η πλήρης αξιοποίηση της χωροχρονικής συνέλιξης
    - Υλοποιεί την χρονική ανάλυση χρησιμοποιώντας το κινησιακά αντισταθμισμένο χρονικό φιλτράρισμα (Motion Compensated Temporal Filtering (MCTF) )
    - Απλοποιεί το μοντέλο R-D της συνεχούς ροής απο bit
    - Διευκολύνει την περικοπή της συνεχούς ροής απο bit
      - Κάθε υπο-ζώνη είναι ανεξάρτητη αποτις άλλες υπο-ζώνες
  
- Μειονεκτήματα
  - Επιλογή τρόπων αποσύνθεσης (τρόποι κωδικοποίησης)
  - Ενδο-πρόγνωση (Intra-prediction)
  - Ανταλλαγή πληροφοριών υφής
  - Αταίριαστα μπλοκ
  - Προβλήματα φίλτρου δειγματοληψίας (downsampling filter problems)

## 2.5 Συμπεράσματα

Βλέποντας τα χαρακτηριστικά τόσο του DCCP όσο και του TFRC, παρατηρούμε ότι το TFRC θεωρείται καταλληλότερο για εφαρμογές όπου χρησιμοποιείται σταθερό μέγεθος πακέτων που μπορούν όμως να μεταβάλλουν το ρυθμό μετάδοσης [21], όπως στην κλασική τηλεφωνία σε ενσύρματα δίκτυα ή ακόμα και στην περίπτωση συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου όπου όμως είναι σημαντικός ο ομαλός ρυθμός αποστολής, ενώ το DCCP θεωρείται καταλληλότερο για εφαρμογές που έχουν χρονικούς περιορισμούς στη παράδοση δεδομένων [17], που μπορεί να γίνουν άχρηστα για τον παραλήπτη εάν χρησιμοποιείται αξιόπιστη και σε σειρά παράδοση συνδυασμένη με μηχανισμό αποφυγής συμφόρησης. Τέτοιες εφαρμογές περιλαμβάνουν την συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου, την τηλεφωνία μέσω διαδικτύου (VoIP) [66], τις υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης (video conferencing) καθώς και τα διαδραστικά παιχνίδια μέσω διαδικτύου.

Στην περίπτωση του SVC, μπορούμε να πούμε ότι είναι πολύ πιθανό να αποτελέσει το μέλλον στην αποτελεσματική παράδοση πολυμεσικού περιεχομένου πολλαπλών αναλύσεων και ρυθμών δεδομένων σε ετερογενή δίκτυα και ετερογενείς συσκευές. Θεωρείται πολύ αποτελεσματικό, καθώς θα πρέπει το κωδικοποιημένο αρχείο SVC να είναι μόνο 20% μεγαλύτερο από το μέγεθος αρχείου που είναι απαραίτητο για την παροχή της υψηλότερης ποιότητας [68]. Επιπλέον, με την χρήση σωματιδίων στην βαθμωτή κωδικοποίηση [67] επιτυγχάνουμε κλιμάκωση του SNR, πέρα από την κλιμάκωση στην ανάλυση, προσφέροντας έτσι καλύτερο αποτέλεσμα στην κωδικοποίηση.

Στην ενότητα που ακολουθεί θα παρουσιαστούν οι δύο βασικές υλοποιήσεις της προσαρμοστικής συνεχούς ροής μέσω πρωτοκόλλου HTTP, το Smooth Streaming της Microsoft και το HTTP Live Streaming της Apple. Θα γίνει ανάλυση της αρχιτεκτονικής των δύο τεχνολογιών, με έμφαση όμως στο Smooth Streaming, λόγω της μεγαλύτερης διείσδυσης του στην αγορά αλλά και λόγω των περισσότερων εφαρμογών του.

### 3. Υλοποιήσεις

Στην ενότητα αυτή, ασχολούμαστε αρχικά με την υλοποίηση της Microsoft, το Smooth Streaming, όπου αναλύουμε την αρχιτεκτονική του, καθώς και τον τρόπο κωδικοποίησης και μεταφοράς του περιεχομένου από την πηγή σύλληψης μέχρι τον τελικό χρήστη. Στην συνέχεια εξετάζεται η υλοποίηση της Apple HTTP Live Streaming και κλείνοντας την ενότητα αυτή γίνεται μία σύγκριση των δύο υλοποιήσεων.

#### 3.1 Microsoft's Smooth Streaming

Το Smooth Streaming [2] , είναι μία υλοποίηση της Microsoft που στηρίζεται στην προσαρμοστική συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου με χρήση πρωτοκόλλου HTTP. Παρέχει στον χρήστη εμπειρία θέασης υψηλής ποιότητας, αυξάνοντας δραματικά το QoE , κάνοντας πραγματικότητα την παρακολούθηση full HD (1080p+) περιεχομένου σε αδιάλλειπτη ροή, εξουδετερώνοντας το re-buffering. Βασίζεται στον Windows Server 2008 και στην τεχνολογία υπηρεσιών περιεχομένου IIS (Internet Information Services). Στις επόμενες παραγράφους γίνεται επεξηγηματική ανάλυση της αρχιτεκτονικής του, αλλά και των χαρακτηριστικών του.

##### 3.1.1 Εισαγωγή στην αρχιτεκτονική του Smooth Streaming

Το Smooth Streaming είναι η πρώτη υλοποίηση της Microsoft εδώ και δέκα χρόνια που χρησιμοποιεί μορφή αρχείου άλλη πέρα από το ASF (Advanced Streaming Format). Βασίζεται στην προδιαγραφή ISO/IEC 14496-12 ISO βασική μορφή πολυμεσικού αρχείου, που είναι ευρύτερα γνωστή ως προδιαγραφή αρχείου MP4. Οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή είναι οι εξής [2]:

- Το MP4 είναι πιο ελαφρύ σαν μορφή αρχείου, αφού έχει μικρότερο μήκος επικεφαλίδας από το ASF.
- Είναι πιο εύκολο στην ανάλυση του το MP4 σε κώδικα .NET από ότι το ASF.

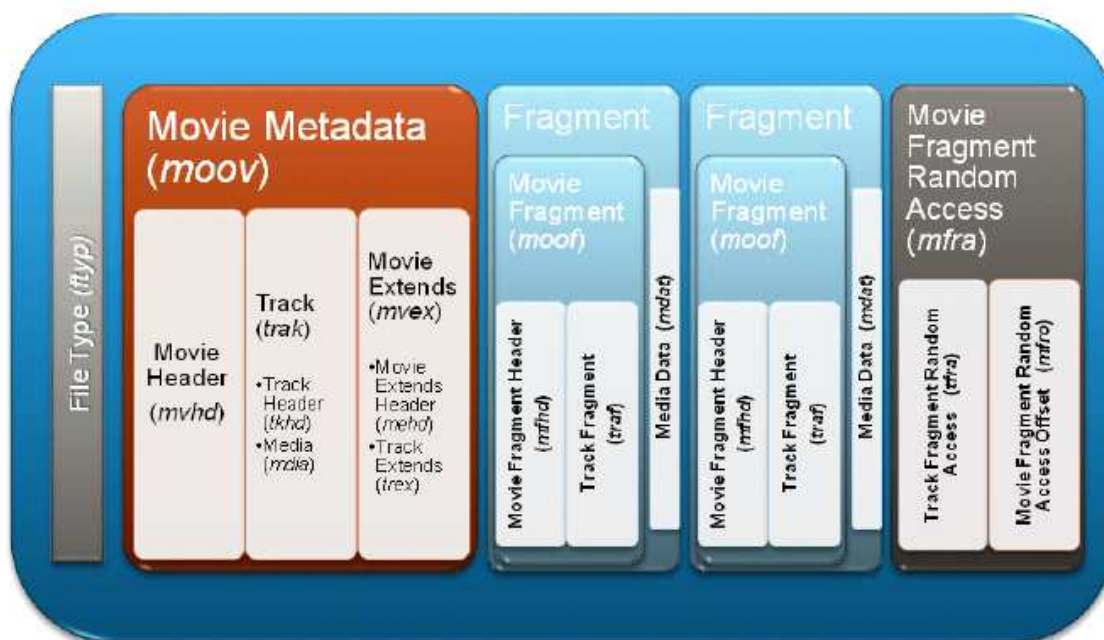
- Το MP4 βασίζεται σε ένα πρότυπο που χρησιμοποιείται ευρέως, γεγονός που δίνει την δυνατότητα σε τρίτους να το υιοθετήσουν και να το υποστηρίξουν ευκολότερα.
- Το MP4 είναι «χτισμένο» πάνω σε κωδικοποιητή βίντεο H.264. Το H.264 είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο που ηγείται στον χώρο της συμπίεσης βίντεο και έχει υιοθετηθεί από ένα ευρύ πλήθος συσκευών της Microsoft, συμπεριλαμβανομένων των Silverlight 3, Windows 7, Xbox 360 κ.ά.
- Έχει σχεδιαστεί από την φύση του για να υποστηρίζει τον τεμαχισμό του ωφέλιμου φορτίου μέσα στο αρχείο.

Στην ουσία υπάρχουν δύο είδη αρχείων στο Smooth Streaming [2] : η μορφή μεταφοράς (wire format) και η μορφή αποθήκευσης του αρχείου (disk file format). Στο Smooth Streaming γράφεται το αρχείο ως ενιαίο στον δίσκο ( ένα αρχείο για κάθε bit rate κωδικοποίησης) , αλλά παραδίδεται στον client ως μια σειρά μικρών κομματιών. Το wire format καθορίζει την δομή των τεμαχίων που στέλνονται από τον IIS διακομιστή στον client, ενώ το disk file format καθορίζει την δομή του ενιαίου αρχείου που είναι αποθηκευμένο στον δίσκο, επιτρέποντας την καλύτερη διαχείριση του. Ευτυχώς, επιτρέπει η mp4 προδιαγραφή την εσωτερική οργάνωση του αρχείου σαν μια σειρά από τεμάχια, πράγμα που σημαίνει ότι στο Smooth Streaming το wire format είναι άμεσο υποσύνολο του disk file format.

### 3.1.2 Μορφή Αρχείου Αποθήκευσης (Disk File Format)

Η βασική μονάδα ενός MP4 αρχείου λέγεται «κουτί» (box). Αυτά τα κουτιά μπορούν να περιλαμβάνουν τόσο δεδομένα αλλά και μεταδεδομένα (metadata). Η προδιαγραφή MP4 επιτρέπει την οργάνωση των δεδομένων και των metadata των κουτιών εντός ενός αρχείου. Θεωρείται όμως πιο χρήσιμο να είναι γραμμένα τα metadata πριν τα πραγματικά δεδομένα μέσα στο κουτί, έτσι ώστε το μέσο που θα αναπαραγάγει τα δεδομένα στην πλευρά του χρήστη, δηλαδή κάποιος media player, να έχει κάποιες επιπρόσθετες πληροφορίες για το αρχείο που πρόκειται να λάβει, προτού το αναπαραγάγει. Παρ'όλα αυτά, στις περιπτώσεις των απ'ευθείας μεταδόσεων συνεχούς ροής, δεν είναι συχνά εφικτό να γραφτούν τα μεταδεδομένα (metadata) πριν την συνολική συνεχή ροή που πρόκειται να μεταδοθεί, για τον απλούστατο λόγο ότι

δεν είναι ακόμη γνωστά. Επιπλέον, λιγότερα metadata μπροστά, συνεπάγεται μικρότερη επικεφαλίδα, που μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του χρόνου εκκίνησης. Γι' αυτούς τους λόγους είναι σχεδιασμένη η MP4 προδιαγραφή με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει στα mp4 boxes να είναι οργανωμένα με τρόπο κατακερματισμού, όπου το αρχείο μπορεί να εγγραφεί ως μια ακολουθία μικρών μεταδεδομένων/δεδομένων ζευγαριών κουτιών, αντί για ένα ενιαίο και μεγάλο ζευγάρι metadata/data [2]. Έτσι η μορφή αρχείου του Smooth Streaming αξιοποιεί πλήρως αυτή την πτυχή της προδιαγραφής MP4. Η ακόλουθη Εικόνα 10 μας δείχνει πως μοιάζει εσωτερικά ένα αρχείο Smooth Streaming.



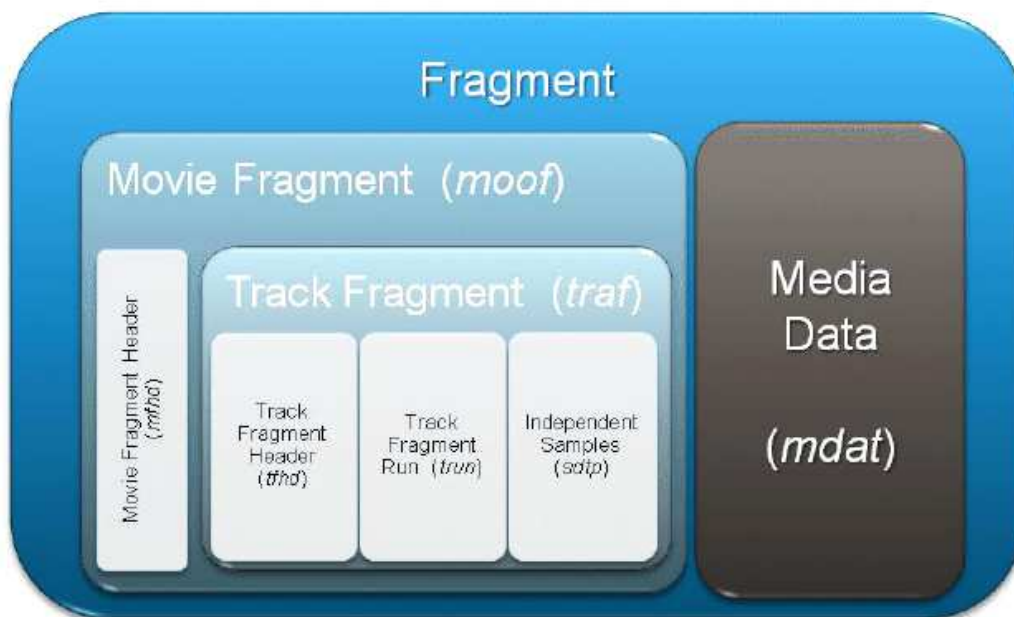
Εικόνα 10: Μορφή αρχείου Smooth Streaming [2]

Με λίγα λόγια, το αρχείο αρχίζει με το επιπέδου αρχείου metadata ('moov'), το οποίο γενικά περιγράφει το αρχείο, αλλά το ωφέλιμο φορτίο, δηλαδή τα πραγματικά δεδομένα, περιλαμβάνονται στα τεμαχισμένα κουτιά τα οποία επίσης περιλαμβάνουν πιο ακριβή ,επιπέδου θραυσμάτων, metadata('moof') και πολυμεσικά δεδομένα ('mdat'). Στην Εικόνα 10 βλέπουμε επι της ουσίας μόνο δύο τεμάχια εσωτερικά, αλλά ένα τυπικό αρχείο Smooth Streaming περιλαμβάνει ένα τεμάχιο για κάθε δύο δευτερόλεπτα εικόνας/ήχου. Στο τέλος του αρχείου βλέπουμε οτι υπάρχει ένα κουτί

‘mfra’ το οποίο λειτουργεί σαν δείκτης, δηλαδή επιτρέπει την εύκολη και ακριβή αναζήτηση εντός του αρχείου.

### 3.1.3 Μορφή Αρχείου Μεταφοράς (Wire File Format)

Όταν ζητάει ο media player του χρήστη από τον διακομιστή IIS ένα συγκεκριμένο χρονικά τμήμα από ένα βίντεο, αναζητάει ο διακομιστής την αρχή του αντίστοιχου τεμαχίου από το αρχείο MP4 και στην συνέχεια τραβάει το συγκεκριμένο κομμάτι από το αρχείο και το στέλνει “over the wire” στον client που το ζήτησε [2]. Γιαυτό τον λόγο ανεφερόμαστε στα θραύσματα σαν “wire format”. Αυτή η τεχνική βελτιώνει σημαντικά την αποδοτικότητα των διακομιστών IIS, επειδή δεν οδηγεί σε επανεγγραψίμη επικεφαλίδα. Η ακόλουθη Εικόνα 11 δείχνει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια το εσωτερικό ενός τεμαχίου MP4.



Εικόνα 11: Smooth Streaming Wire Format [2]



Στο πλαίσιο των κατευθυντήριων γραμμών της προδιαγραφής MP4, η μορφή του Smooth Streaming χρησιμοποιεί ένα κύριο παραμετροποιήσιμο κουτί και μερικά άλλα επίσης παραμετροποιήσιμα δευτερεύοντα κουτιά. Προκειμένου να διαφοροποιηθεί η μορφή των αρχείων Smooth Streaming από τα καθαρά MP4 αρχεία, χρησιμοποιούνται νέες κατάληξεις αρχείων: Αν πρόκειται μόνο για αρχεία ήχου χρησιμοποιείται η κατάληξη \*.isma, ενώ αν πρόκειται για αρχεία ήχου/εικόνας η κατάληξη \*.ismv.

### 3.1.4 Πολυμεσικό Ενεργητικό του Smooth Streaming

Μια τυπική πολυμεσική παρουσίαση του Smooth Streaming, περιλαμβάνει τα παρακάτω αρχεία [2]:

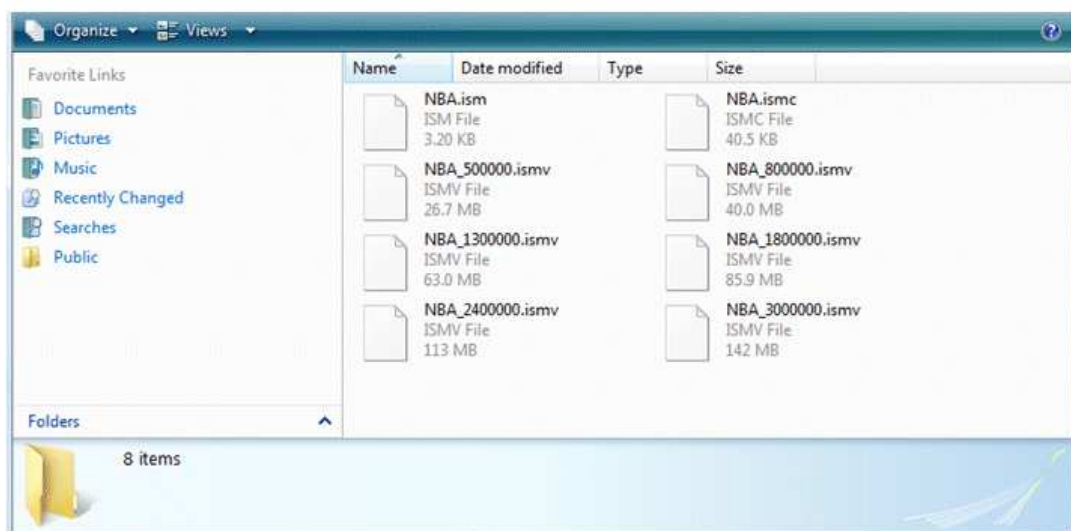
- Αρχεία MP4 που περιλαμβάνουν εικόνα/ήχο
  - \*.ismv
    - Περιλαμβάνουν εικόνα/ήχο ή μόνο εικόνα
    - 1 αρχείο ismv για κάθε κωδικοποιημένο ρεύμα bit rate
  - \*.isma
    - Περιλαμβάνουν μόνο ήχο
    - Σε βίντεο με ήχο, μπορεί το αρχείο ήχου να ενσωματωθεί σε ένα ismv αρχείο, αντί να παραμείνει ένα ξεχωριστό isma αρχείο
- Αρχεία περιγραφικά (manifest) του διακομιστή
  - \*.ism
    - Περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ των αρχείων εικόνας/ήχου, των bit rates και των αρχείων στον δίσκο



- Χρησιμοποιούνται μόνο απο τον διακομιστή IIS-όχι απο τον client
- Αρχεία περιγραφικά του client
    - \*.ismc
      - Περιγράφουν τις διαθέσιμες ροές στον client: τους κωδικοποιητές που χρησιμοποιούνται, τους κωδικοποιημένους ρυθμούς bit rates, τις αναλύσεις της εικόνας, τους δείκτες, τις επικεφαλίδες κ.ά
      - Είναι το πρώτο αρχείο που παραδίδεται στον client του χρήστη

Τα περιγραφικά αρχεία είναι αρχεία XML και συγκεκριμένα η μορφή του περιγραφικού αρχείου του διακομιστή βασίζεται στην προδιαγραφή SMIL 2.0 XML.

Ένας φάκελος που περιλαμβάνει ένα ενιαίο αρχείο Smooth Streaming, έχει την μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 12.



**Εικόνα 12:** Φάκελος που περιλαμβάνει κωδικοποιημένη παρουσίαση ενός Smooth Streaming αρχείου. Εδώ, το αρχείο ήχου είναι εντός του NBA\_3000000.ismv [2]

### 3.1.5 Περιγραφικά Αρχεία (manifest files) του Smooth Streaming

Ο προσδιορισμός της μορφής του αρχείου του Smooth Streaming, δηλαδή μεταφορά/αποθήκευση (wire/disk file format) , καθορίζει την XML γλώσσα του περιγραφικού αρχείου, όπως και την δομή του κουτιού MP4. Επειδή τα περιγραφικά αρχεία βασίζονται στην XML, είναι εξαιρετικά επεκτάσιμα. Μεταξύ των χαρακτηριστικών που ήδη περιλαμβάνονται στην τρέχουσα προδιαγραφή του Smooth Streaming , είναι και η υποστήριξη στα παρακάτω [2]:

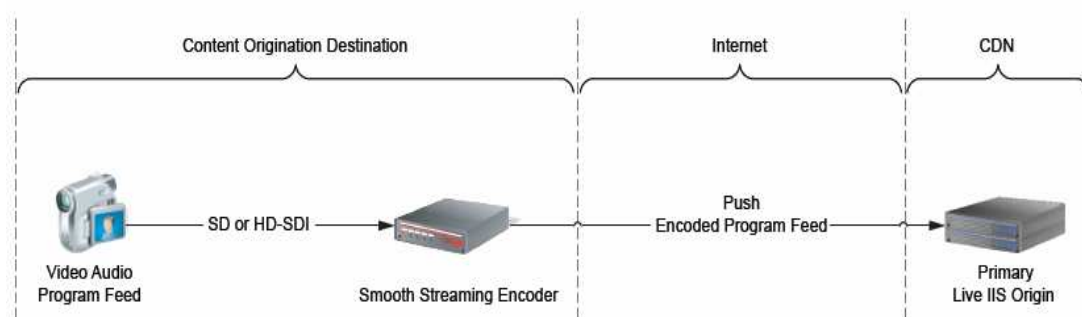
- Κωδικοποιητές VC-1, WMA, H.264 και AAC
- Συνεχείς ροές κειμένου
- Πολυγλωσσικά αρχεία ήχου
- Εναλλακτικά τμήματα εικόνας/ήχου (δηλαδή πολλαπλές γωνίες θέασης απο την κάμερα, σχόλια σκηνοθέτη, κ.ά)
- Πολλαπλά προφίλ υλικού ( για παράδειγμα, ένα bit rate για διαφορετικές συσκευές αναπαραγωγής)
- Εντολές script, δείκτες/κεφάλαια, λεζάντες
- Συμπίεση Gzip για το περιγραφικό αρχείο του client
- Κωδικοποίηση και συνεχής ροή σε πραγματικό χρόνο

### 3.1.6 Μεταφορά περιεχομένου στην μονάδα κωδικοποίησης

Μόλις όλα τα στοιχεία της παραγωγής του γεγονότος είναι στην θέση τους, το επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός του τρόπου απόκτησης του οπτικοακουστικού περιεχομένου με στόχο την εν συνεχεία κωδικοποίηση του σε μορφή κατάλληλη για την διανομή του μέσω του διαδικτύου [8]. Η λήψη του περιεχομένου προς κωδικοποίηση μπορεί να λάβει μέρος είτε στον ίδιο χώρο (Onsite) είτε σε απομακρυσμένο (Offsite).

### 3.1.6.1 Απόκτηση περιεχομένου στον ίδιο χώρο ( Onsite)

Στην περίπτωση επαρκούς συνδεσιμότητας στην τοποθεσία τέλεσης του γεγονότος μπορεί η διαδικασία της απόκτησης του περιεχομένου να γίνει στον ίδιο χώρο όπως φαίνεται και στην Εικόνα 13.



**Εικόνα 13 :** Μεταφορά περιεχομένου Onsite [8]

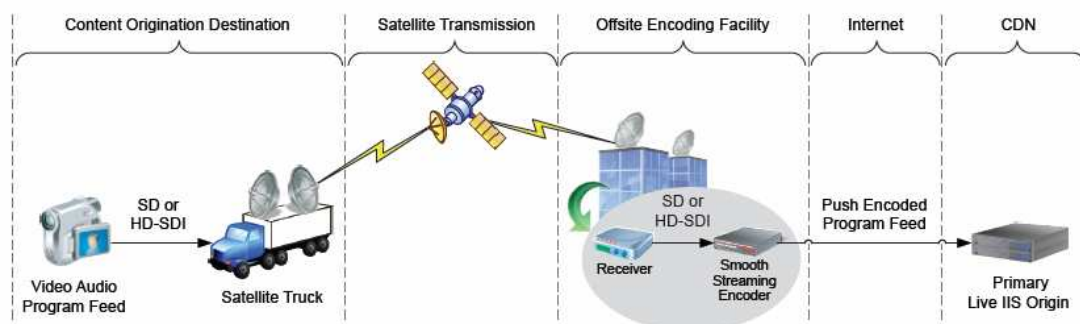
Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την παράδοση του οπτικοακουστικού υλικού του προγράμματος στην μονάδα κωδικοποίησης (συνήθως σε μορφή MPEG-2 SD-SDI για αναλογικό (SD) περιεχόμενο ή MPEG-2 HD-SDI για περιεχόμενο HD). Η απαιτούμενη συνδεσιμότητα για την απόκτηση του περιεχομένου εξαρτάται από το επιθυμητό επίπεδο ποιότητας του σήματος εξόδου, όπως επίσης και από το συνολικό εύρος ζώνης, μέσω των πολλαπλών bit rates, που χρησιμοποιούνται εσωτερικά στο προφίλ κωδικοποίησης. Για παράδειγμα, για ένα προφίλ δείγματος SD, απαιτείται κατ'ελάχιστον ένα εύρος ζώνης ανόδου 12Mbps για κάθε συνεχή ροή προγράμματος. Στην περίπτωση χρήσης HD δείγματος, απαιτείται το λιγότερο εύρος ζώνης ανόδου 18Mbps για κάθε συνεχή ροή προγράμματος [8]. Ιδανικά, θα πρέπει να παρέχεται μια ξεχωριστή δημόσια IP διεύθυνση για κάθε κωδικοποιητή που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, για ευκολότερη διαχείριση και έλεγχο των κωδικοποιητών.

### 3.1.6.2 Απόκτηση περιεχομένου σε απομακρυσμένο χώρο ( Offsite)

Εάν δεν είναι επαρκής η συνδεσιμότητα στο χώρο του γεγονότος, θα πρέπει να σταλεί η ροή του προγράμματος σε εξωτερική τοποθεσία με επαρκές εύρος ζώνης και δυνατότητες κωδικοποίησης. Αυτό πραγματοποιείται συνήθως μέσω δορυφορικών ζεύξεων, οπτικών ινών ή μέσω μετάδοσης IP multicast.

#### 3.1.6.2.1 Μεταφορά μέσω δορυφορικών ζεύξεων

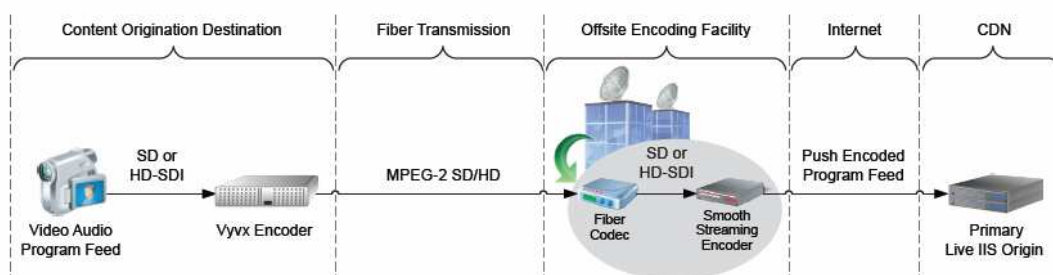
Για μεταφορά του οπτικοακουστικού περιεχομένου μέσω δορυφορικής ζεύξης [8] (Εικόνα 14), χρησιμοποιείται βαν δορυφορικό για την ζεύξη ανόδου, δηλαδή για την αποστολή του υλικού από την αρχική τοποθεσία του. Η λήψη του περιεχομένου από τον δορυφόρο απαιτεί δέσμευση χρόνου για την χρησιμοποίηση της ζεύξης. Το απαιτούμενο αυτό χρονικό διάστημα καθώς και το βαν που πρέπει να χρησιμοποιηθεί εξαρτώνται από τη μορφή του οπτικοακουστικού υλικού (αναλογικό ή ψηφιακό, SD ή HD). Οι δορυφόροι καταλαμβάνουν δύο διαφορετικές ζώνες για την μεταφορά περιεχομένου εικόνας/ήχου: την ζώνη C και την ζώνη Ku. Η επιλογή της καταλληλότερης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως από την αρχική τοποθεσία της ζεύξης ανόδου. Η ζώνη C είναι πιο αξιόπιστη σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, παρ'όλα αυτά είναι δύο φορές πιο ακριβή από την Ku. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η δορυφορική συχνότητα. Για αναλογικό σήμα μια δορυφορική θυρίδα (slot) εύρους 9MHz θεωρείται ικανοποιητική, ενώ για σήμα HD απαιτείται το λιγότερο 18MHz.



Εικόνα 14 : Χρήση δορυφορικής ζεύξης για την μεταφορά περιεχομένου [8]

### 3.1.6.2.2 Μεταφορά μέσω οπτικών ινών

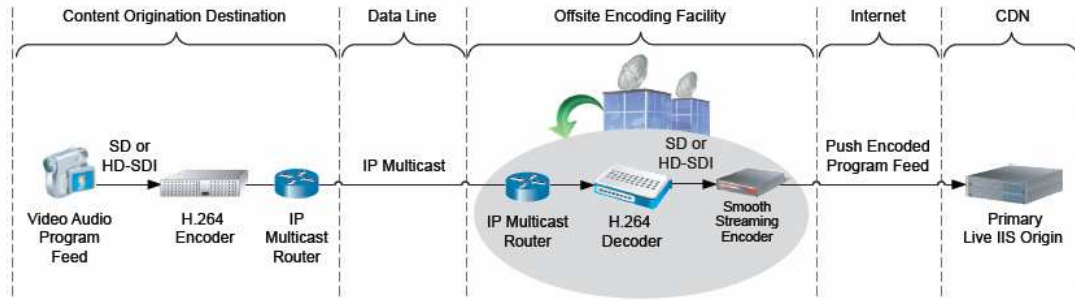
Ένας εναλλακτικός τρόπος μεταφοράς του οπτικοακουστικού υλικού είναι με χρήση οπτικών ινών [8] (Εικόνα 15). Η μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως είναι η Vynx Fiber και διατίθεται σε δύο διαφορετικές υπηρεσίες: αναλογική τηλεόραση, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για SD βίντεο και ψηφιακά 270MB ASI, που μπορεί να μεταφέρει τόσο αναλογικό όσο και ψηφιακό σήμα HD. Βεβαίως είναι απαραίτητη η ύπαρξη οπτικών ινών στον αρχική τοποθεσία του γεγονότος.



Εικόνα 15 : Μεταφορά περιεχομένου μέσω Vynx Fiber [8]

### 3.1.6.2.3 Μεταφορά μέσω IP Multicast

Το οπτικοακουστικό περιεχόμενο μπορεί να μεταφερθεί και μέσω σύνδεσης IP χρησιμοποιώντας τεχνολογία IP multicast [8] (Εικόνα 16). Με την συγκεκριμένη μέθοδο το αρχικό μη επεξεργασμένο οπτικοακουστικό υλικό (π.χ. HD-SDI) κωδικοποιείται σε κάποιο φορμάτ συμπίεσης με χρήση ενός κωδικοποιητή όπως ο H.264. Το περιεχόμενο στην συνέχεια μεταδίδεται μέσω IP multicast με χρήση δεσμευμένης σύνδεσης σημείου προς σημείο όπως DS-3, OC-3 ή OC-12. Στην λήψη του το περιεχόμενο αποκωδικοποιείται σε μη επεξεργασμένη μορφή και τροφοδοτείται στους κωδικοποιητές Smooth Streaming. Το εύρος ζώνης της δεσμευμένης γραμμής εξαρτάται από το συνολικό προστιθέμενο εύρος ζώνης όλων των συνεχών ροών multicast που μεταφέρονται. Για παράδειγμα, αν μεταφέρονται δύο ροές κωδικοποιημένου υλικού H.264 στα 17Mbps, τότε η καταλληλότερη επιλογή είναι DS-3 που υποστηρίζει μεταφορά δεδομένων έως και 45Mbps.



**Εικόνα 16 :** Μεταφορά περιεχομένου μέσω IP Multicast [8]

### 3.1.7 Αναπαραγωγή του Smooth Streaming

Το πρωτότυπο της Microsoft για την προσαρμοστική συνεχή ροή, που χρησιμοποιήθηκε στους Ολυμπιακούς Αγώνες του Πεκίνου 2008 για λογαριασμό του NBC, είχε να κάνει με τον τεμαχισμό των μεγάλων αρχείων σε μικρά κομμάτια. Για να ανακτήσει ο client του χρήστη τα μικρά αυτά τεμάχια, έπρεπε απλά να τα κατεβάσει με μια λογική ακολουθία: 00001.vid, 00002.vid, 00003.vid και ούτω καθεξής.

Το Smooth Streaming χρησιμοποιεί μια πιο εξελιγμένη σχεδίαση της μορφής αρχείων και του διακομιστή [2]. Τα αρχεία εικόνας δεν χρειάζεται πλέον να τεμαχίζονται σε χιλιάδες μικρά κομμάτια, αλλά αντ'αυτού χωρίζονται εικονικά σε τεμάχια (τυπικά ένα τεμάχιο για κάθε GOP εικόνας) και αποθηκεύονται σε ένα ενιαίο αρχείο MP4. Αυτό σημαίνει δύο σημαντικές αλλαγές στην σχεδίαση τόσο του server όσο και του client:

- Ο διακομιστής πρέπει να μεταφράσει τις αιτήσεις URL σε ακριβή εύρη απο byte εντός του MP4 αρχείου.
- Ο client μπορεί να ζητήσει τεμάχια με έναν πιο φιλικό ως προς τον δημιουργό τρόπο ( για παράδειγμα με βάση τον χρόνο, αντί με βάση την αρίθμηση των τεμαχίων).

Το πρώτο πράγμα που ζητάει ο client απο τον διακομιστή Smooth Streaming είναι το περιγραφικό αρχείο \*.ismc. Το αρχείο αυτό ενημερώνει για το ποιοι κωδικοποιητές χρησιμοποιήθηκαν για την συμπίεση του περιεχομένου ( έτσι ώστε ο client να μπορέσει να αρχικοποιήσει τον αντίστοιχο αποκωδικοποιητή και να ετοιμάσει τον αγωγό για την αναπαραγωγή του περιεχομένου), ποιες αναλύσεις εικόνας και ποια bit rates είναι διαθέσιμα και μία λίστα με τα διαθέσιμα τεμάχια (είτε με τους χρόνους εκκίνησης τους είτε με την διάρκεια τους).

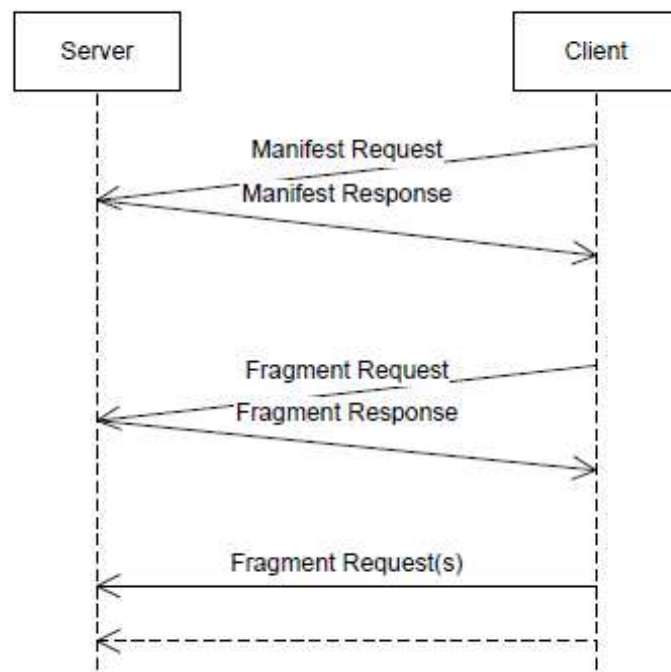
Με το IIS Smooth Streaming, ο client ζητάει τεμάχια της ακόλουθης μορφής URL:

- [http://video.foo.com/NBA.ism/QualityLevels\(400000\)/Fragments\(video=610275114\)5114](http://video.foo.com/NBA.ism/QualityLevels(400000)/Fragments(video=610275114)5114)

Οι τιμές που μεταφέρει το παραπάνω URL αντιπροσωπεύουν τον ρυθμό κωδικοποίησης (400.000) και το τμήμα έναρξης του τεμαχίου (610275114), εκφρασμένο σε μία συμφωνημένη μονάδα χρόνου (συνήθως 100 ns). Αυτές οι τιμές είναι γνωστές απο το περιγραφικό αρχείο του client.

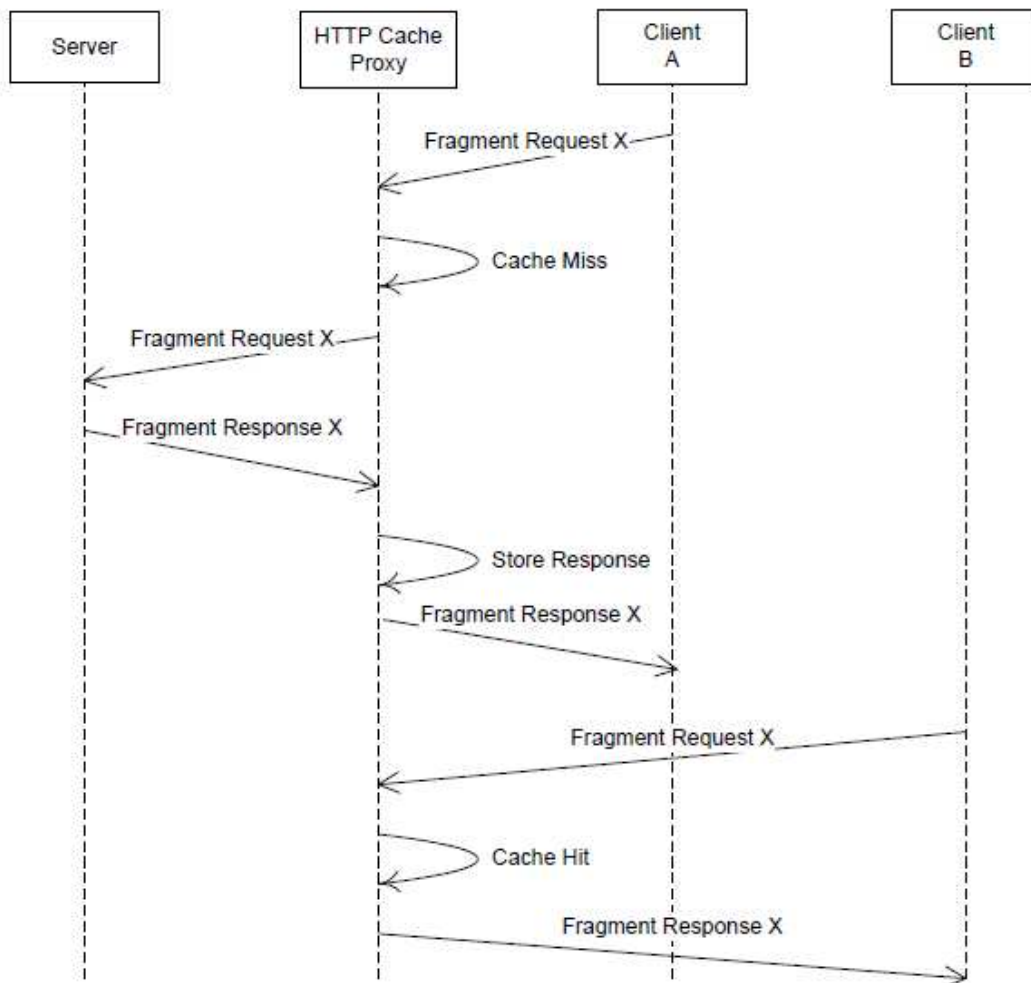
Μετά την παραλαβή της αίτησης του client, κοιτάει το IIS Smooth Streaming το επίπεδο της ποιότητας (bit rate) του αποκρινόμενου περιγραφικού αρχείου \*.ism του διακομιστή και το χαρτογραφεί στον δίσκο σε ένα \*.ismv ή σε ένα \*.isma αρχείο. Στην συνέχεια διαβάζει το κατάλληλο αρχείο MP4 και με βάση τον δείκτη πλαισίου 'tfrac' αντιλαμβάνεται ποιο πλαίσιο τεμαχίου ('moof' + 'mdat') ανταποκρίνεται στον αιτούμενο χρόνο έναρξης. Στην συνέχεια αποσπά το πλαίσιο αυτό του τεμαχίου και το στέλνει στον client ως αυτόνομο αρχείο. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέρος του συνολικού σχεδιασμού , διότι μπορεί τώρα το απεσταλμένο τεμάχιο/αρχείο να αποθηκευτεί προσωρινά στο δίκτυο, σώζοντας τον αρχικό διακομιστή (origin server) απο την συνεχόμενη αποστολή του ίδιου τεμαχίου σε άλλους αιτούμενους clients .

Ένα γενικό παράδειγμα της διαδικασίας αίτησης απο τον client και απόκρισης απο τον διακομιστή των αντίστοιχων περιγραφικών αρχείων και τεμαχίων φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 17 [7] . Επίσης στην Εικόνα 18 φαίνεται η διαδικασία που ακολουθείται όταν έχουμε αιτήσεις για το ίδιο τεμάχιο απο άλλον client, οπότε και χρησιμοποιείται η HTTP Cache Proxy.



**Εικόνα 17:** Επικοινωνία server-client [7]





**Εικόνα 18:** Χρήση HTTP Cache Proxy [7]

Η αίτηση των κομματιών απο τον διακομιστή είναι εύκολη. Αλλά τι γίνεται με την εναλλαγή των ρυθμών δεδομένων που κάνει την προσαρμοστική συνεχή ροή τόσο αποτελεσματική; Αυτή η λειτουργία στο Smooth Streaming εκτελείται εξ' ολοκλήρου στον client, δηλαδή στο Silverlight (Εικόνα 19) της Microsoft, που είναι μια βιομηχανική πλατφόρμα πάνω στην οποία μπορούν να δημιουργηθούν πλούσιοι σε χαρακτηριστικά media players [8]. Μέχρι αυτή την στιγμή κυκλοφορεί στην αγορά η τρίτη έκδοση του Silverlight. Ο διακομιστής δεν παίζει κανέναν ρόλο στην διαδικασία εναλλαγής των διαθέσιμων ρυθμών δεδομένων.



Εικόνα 19: Microsoft Silverlight Media Player [8]

Ετσι λοιπόν, τρέχουν στην πλευρά του client ειδικοί ευρετικοί αλγόριθμοι (heuristics), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 20, που εξετάζουν τους χρόνους λήψης του κάθε τεμαχίου, την πληρότητα του buffer, τους ρυθμούς των επεξεργασμένων καρτέ, καθώς και άλλους παράγοντες και τελικά αποφασίζει πότε πρέπει να ζητήσει απο τον διακομιστή υψηλότερο ή χαμηλότερο ρυθμό δεδομένων.



Εικόνα 20: Λειτουργία heuristics στον client [28]

Δεν θα πρέπει τέλος να παραλείπεται η εξασφάλιση, κατα την διάρκεια της κωδικοποίησης, του τέλειου ευθυγραμμισμού των καρτέ ( ίδιου μήκους GOPs, όχι χαμένα καρτέ, κτλ), ώστε να πετυχαίνουμε την αδιάλλειπτη εναλλαγή των bit rates.

### **3.1.8 Προστασία του περιεχομένου**

Για την ασφαλή προστασία του περιεχομένου η Microsoft χρησιμοποιεί την προδιαγραφή Protected Interoperable File Format (PIFF) [10], που καθορίζει μια τυποποιημένη μορφή πολυμεσικού αρχείου για την παράδοση και για την αναπαραγωγή πολυμεσικού περιεχομένου. Περιλαμβάνει κρυπτογράφηση της συνεχούς ροής , audio/video container και τα μεταδεδομένα για την υποστήριξη της παράδοσης του περιεχομένου σε πολλαπλούς ρυθμούς προσαρμοστικής συνεχής ροής, χρησιμοποιώντας προαιρετικά μια τυποποιημένη μορφή κρυπτογράφησης ικανή να υποστηρίζει πολλαπλά DRM (Digital Rights Management) συστήματα. Η μορφή αυτή κρυπτογράφησης είναι η AES 128 bit είτε σε λειτουργία CTR είτε σε CBC, με συγκεκριμένη μέθοδο για τον καθορισμό του διανύσματος αρχικοποίησης. Με την τυποποίηση του αλγορίθμου κρυπτογράφησης, μπορεί το ίδιο αρχείο να χρησιμοποιηθεί απο πολλαπλές συσκευές DRM , όπως προαναφέρθηκε, όμως και οι συσκευές DRM μπορούν να επιτρέψουν την πρόσβαση στο ίδιο αρχείο επιτρέποντας έτσι την αναπαραγωγή του αρχείου εικόνας/ήχου σε πολλαπλά συστήματα DRM. Οι διαφορές μεταξύ των συστημάτων DRM εξειδικεύεται στο πως αποκτούν το κλειδί αποκρυπτογράφησης και πως παρουσιάζουν τα δικαιώματα χρήσης που σχετίζονται με το αρχείο.

### **3.1.9 Εισαγωγή διαφημίσεων σε πραγματικό χρόνο**

Το περιγραφικό αρχείο (manifest file) ενός προγράμματος μπορεί να υποστηρίζει ένα διαφημιστικό ίχνος εισαγωγής, το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με διαφημίσεις πραγματικού χρόνου ή για διαφημίσεις που στέλνονται μέσω μηνυμάτων με χρήση τεχνολογίας bluetooth σε φορητές συσκευές (ad pods). Οι διαφημίσεις αυτές θα πρέπει να είναι άρρηκτα συγχρονισμένες με το οπτικοακουστικό

περιεχόμενο του προγράμματος. Για παράδειγμα [8], μια διαφημιστική καμπάνια που έχει δημιουργηθεί στο σύστημα Dart της εταιρίας DoubleClick [52], μπορεί να εισαχθεί σε ένα περιγραφικό αρχείο σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, για αναπαραγωγή σε έναν media player. Χρησιμοποιώντας εφαρμογές εισαγωγής διαφημίσεων πραγματικού χρόνου βοηθάει στην διασφάλιση ότι η διαφήμιση θα προβληθεί την κατάλληλη στιγμή εντός του προγράμματος. Επιπλέον, η εφαρμογή δίνει την ίδια στιγμή στον χειριστή των διαφημίσεων μεγαλύτερο έλεγχο στην διαφημιστική αυτή εμπειρία. Παρακάτω στην Εικόνα 21 απεικονίζεται ένα περιγραφικό αρχείο με εισαγωγή διαφημιστικού περιεχομένου, με χρήση κώδικα σε XML.

```
<?xml version="1.0" ?>
<SmoothStreamingMedia MajorVersion="1" MinorVersion="0"
Duration="0" IsLive="TRUE" LookAheadFragmentCount="2"
DVRWindowLength="0">
<StreamIndex Type="video" SubType="WVC1" Chunks="0"
Url="QualityLevels({bitrate})/Fragments(video={start time})">
<StreamIndex Type="audio" SubType="WMAPRO" Chunks="0"
Url="QualityLevels({bitrate},{CustomAttributes})/Fragments
(audio={start time})">
<StreamIndex Type="ad-insert" SubType="ADVT" Chunks="0"
ParentStreamIndex="video" ManifestOutput="TRUE"
Url="QualityLevels({bitrate})/Fragments(ad-insert={start time})">
</SmoothStreamingMedia>
```

**Εικόνα 21** : Συνοπτικό παράδειγμα περιγραφικού αρχείου με εισαγωγή διαφημιστικού περιεχομένου [8]

### 3.2 Apple's HTTP Live Streaming

Το HTTP Live Streaming [9] είναι η υλοποίηση της Apple, που βασίζεται στην προσαρμοστική συνεχή ροή περιεχομένου μέσω πρωτοκόλλου HTTP. Μέσω λοιπόν της συγκεκριμένης υλοποίησης μπορεί να σταλεί σε πραγματικό χρόνο ή προεγγεγραμμένο υλικό εικόνας/ήχου σε συσκευές iPhone ή άλλες, όπως επιτραπέζιους υπολογιστές, χρησιμοποιώντας έναν συνηθισμένο Web Server. Οι

ρυθμοί μετάδοσης που υποστηρίζονται μέχρι στιγμής είναι 100 Kbps ο χαμηλότερος και 1.6 Mbps ο μεγαλύτερος. Η αναπαραγωγή του περιεχομένου στην πλευρά του χρήστη επιβάλλει την ύπαρξη λειτουργικού συστήματος iPhone OS 3.0 ή νεότερη έκδοση στα iPhone ή iPod Touch. Αντίστοιχα στους υπολογιστές είναι απαραίτητη η ύπαρξη του QuickTime X. Περιλαμβάνεται υποστήριξη τόσο για την κωδικοποίηση του πολυμεσικού περιεχομένου όσο και για την ταυτοποίηση του χρήστη μέσω HTTPS, δίνοντας στους εκδότες την δυνατότητα προστασίας του περιεχομένου τους. Μέχρι στιγμής η προδιαγραφή HTTP Live Streaming είναι IETF Internet-Draft. Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μια περιγραφή της αρχιτεκτονικής του και των χαρακτηριστικών του.

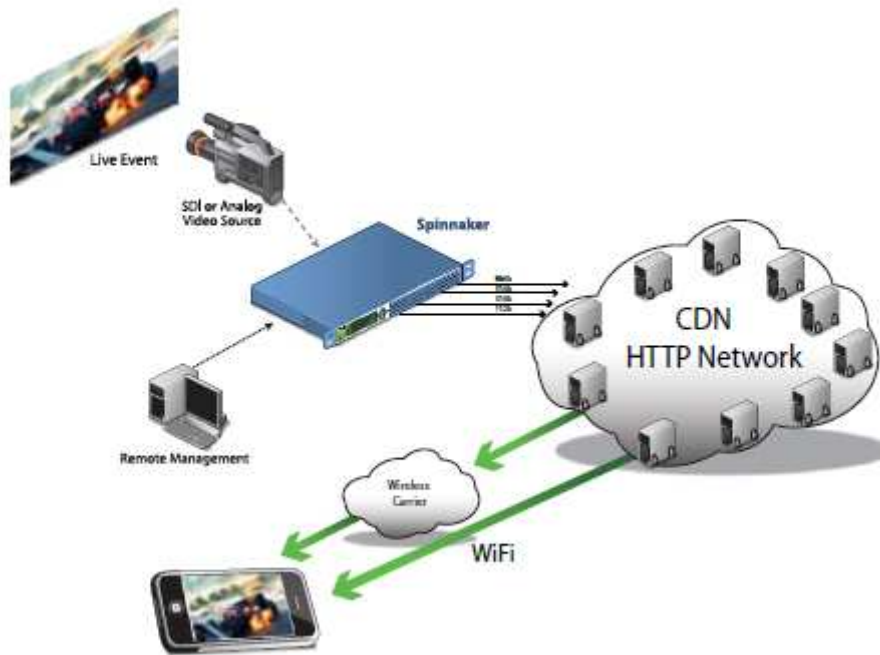
### **3.2.1 Αρχιτεκτονική του HTTP Live Streaming**

Το HTTP Live Streaming αποτελείται από τρεις συνιστώσες : το τμήμα του διακομιστή, το τμήμα της διανομής και το λογισμικό του client [9].

Το κομμάτι του διακομιστή είναι υπεύθυνο για την λήψη των εισερχόμενων ροών εικόνας/ήχου, με στόχο την ψηφιακή κωδικοποίηση τους, ενθυλακώνοντας τις ροές αυτές σε μορφή κατάλληλη για παράδοση και προετοιμάζοντας το ενθυλακωμένο περιεχόμενο εικόνας/ήχου για διανομή.

Η συνιστώσα της διανομής αποτελείται από στάνταρ web servers. Οι διακομιστές αυτοί είναι υπεύθυνοι να δέχονται αιτήσεις από τους clients των χρηστών και να παραδίδουν το περιεχόμενο. Για μεγάλης κλίμακας διανομή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακραίοι διακομιστές ή άλλα δίκτυα παράδοσης περιεχομένου ( π.χ της Akamai ή της Level3 ), όπως φαίνεται και στην Εικόνα 22.



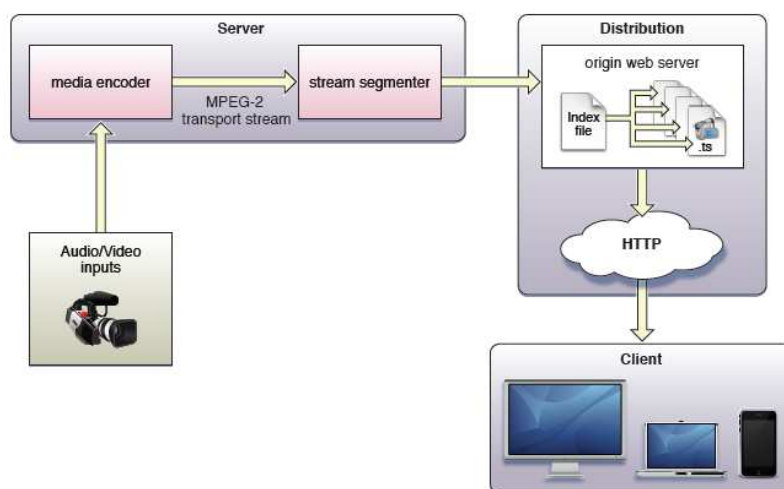


**Εικόνα 22:** Παράδοση περιεχομένου στο iPhone [27]

Το λογισμικό τώρα του client, είναι υπεύθυνο για τον καθορισμό της αίτησης του κατάλληλου περιεχομένου, λαμβάνοντας αυτούς τους πόρους και στην συνέχεια της συναρμολόγησης τους ώστε να μπορεί να παρουσιαστεί το περιεχόμενο στον χρήστη σαν μια συνεχής ροή. Το iPhone περιλαμβάνει ενσωματωμένο λογισμικό client: έναν media player, που εκκινεί αυτόματα όταν ο Safari, δηλαδή ο web browser της Apple, βλέπει ετικέτα (tag) <Object> ή <Video> μαζί με ένα URL του οποίου το MIME είναι τέτοιο ώστε να το υποστηρίζει ο media player. Ο media player μπορεί επίσης να εκκινήσει μέσα από τις προσαρμοσμένες εφαρμογές του iPhone χρησιμοποιώντας το πλαίσιο αναπαραγωγής πολυμέσων. Τώρα, στους επιτραπέζιους υπολογιστές μπορεί το QuickTime X να αναπαραγάγει ροές HTTP Live. Οι δημιουργοί εφαρμογών μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πλαίσιο εργασίας του QuickTime προκειμένου να δημιουργήσουν εφαρμογές για υπολογιστές που θα αναπαραγάγουν ροές HTTP Live.

Σε μια τυπική διαμόρφωση [9], λαμβάνει ένας κωδικοποιητής την εισερχόμενη εικόνα/ήχο και την μετατρέπει σε ένα ρεύμα μεταφοράς MPEG-2, το οποίο στην συνέχεια τεμαχίζεται σε μικρά κομμάτια περιεχομένου, διάρκειας συνήθως 10 δευτερολέπτων το καθένα, από ένα λογισμικό που υποστηρίζει τον τεμαχισμό του

περιεχομένου της ροής. Αυτά τα αρχεία τοποθετούνται σε έναν web server. Πέρα από τα τεμαχισμένα αρχεία όμως, δημιουργείται και αποθηκεύεται ένα αρχείο δείκτης, που περιλαμβάνει την λίστα των πολυμεσικών αρχείων. Το URL του αρχείου δείκτη κοινοποιείται στον web server. Στην συνέχεια το λογισμικό του χρήστη διαβάζει το αρχείο δείκτη, ζητάει στην συνέχεια την λίστα με τα πολυμεσικά τεμαχισμένα αρχεία στην σειρά και τα αναπαράγει χωρίς διακοπές ή παύσεις. Ένα παράδειγμα μιας διαμόρφωσης HTTP Live φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 23 όπου βλέπουμε ότι η είσοδος εικόνας/ήχου μπορεί να είναι είτε προεγγεγραμμένο υλικό ή πραγματικού χρόνου. Έπειτα, κωδικοποιείται σε ροή MPEG-2, η οποία τεμαχίζεται σε κομμάτια και αποθηκεύεται ως μια ακολουθία πολυμεσικών αρχείων .ts. Αυτό επιτυγχάνεται συνήθως χρησιμοποιώντας ένα λογισμικό εργαλείο, όπως ο τεμαχιστής αρχείων συνεχούς ροής της Apple. Οι ροές που περιλαμβάνουν μόνο ήχο μπορεί να είναι μια σειρά από στοιχειώδη αρχεία ήχου MPEG, μορφοποιημένα είτε ως AAC με ADTS κεφαλίδες είτε ως MP3. Ο τεμαχιστής περιλαμβάνει όπως είπαμε και παραπάνω ένα αρχείο δείκτη, το οποίο περιλαμβάνει μια λίστα με τα πολυμεσικά τεμάχια αλλά και μεταδεδομένα. Αυτό που κάνει στην ουσία ο δείκτης είναι να εντοπίζει την διαθεσιμότητα και την τοποθεσία των τεμαχισμένων αρχείων, ενώ η μορφή της κατάληξης του είναι .M3U8. Το αρχείο .M3U8, είναι στην ουσία μια λίστα m3u που περιλαμβάνει κωδικοποιημένο κείμενο UTF-8. Η διεύθυνση URL του αρχείου δείκτη είναι προσβάσιμη από τους clients των χρηστών, οι οποίοι ζητάνε στην συνέχεια τα αρχεία δείκτες στην σειρά.



**Εικόνα 23:** Τυπική διαμόρφωση HTTP Live [9]

Ένα απλό παράδειγμα ενός παραγόμενου αρχείου .M3U8 είναι το παρακάτω, όπου θεωρούμε ότι η αρχική συνεχής ροή περιέχονταν σε τρία μη κωδικοποιημένα πολυμεσικά αρχεία 10 δευτερολέπτων το καθένα:

*#EXTM3U*

*#EXT-X-MEDIA-SEQUENCE:0*

*#EXT-X-TARGETDURATION:10*

*#EXTINF:10,*

*http://media.example.com/segment1.ts*

*#EXTINF:10,*

*http://media.example.com/segment2.ts*

*#EXTINF:10,*

*http://media.example.com/segment3.ts*

*#EXT-X-ENDLIST*

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι το αρχείο δείκτης, μπορεί να περιλαμβάνει διευθύνσεις URLs για αρχεία κρυπτογράφησης κλειδιού ή εναλλακτικά αρχεία δείκτες για διαφορετικά εύρη ζώνης.

### **3.2.2 Τύποι συνόδου (Session)**

Το HTTP Live Streaming υποστηρίζει απευθείας μεταδόσεις ευρυεκπομπής όπως και Video on Demand (VoD). Για τις μεταδόσεις πραγματικού χρόνου, καθώς δημιουργούνται τα νέα αρχεία πολυμεσικού περιεχομένου και γίνονται διαθέσιμα, το αρχείο δείκτης ενημερώνεται. Το νέο αρχείο δείκτης περιλαμβάνει τα νέα πολυμεσικά



αρχεία, ενώ τα παλιά αφαιρούνται. Το ενημερωμένο αρχείο δείκτης παρουσιάζει ένα κινούμενο παράθυρο σε μία συνεχή ροή. Αυτό το είδος της συνόδου είναι κατάλληλο για συνεχείς μεταδόσεις ευρυεκπομπής.

Στην περίπτωση VoD συνόδων [9], τα πολυμεσικά αρχεία είναι διαθέσιμα παρουσιάζοντας την συνολική διάρκεια της μετάδοσης. Το αρχείο δείκτης είναι στατικό και περιέχει μια πλήρη λίστα με όλα τα αρχεία που δημιουργήθηκαν από την αρχή της μετάδοσης. Αυτό το είδος της συνόδου, επιτρέπει στον client του χρήστη πλήρη πρόσβαση σε ολόκληρο το περιεχόμενο. Επίσης το VoD μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παράδοση προεγγεγραμμένων προγραμμάτων. Είναι συνήθως πιο αποτελεσματική η παράδοση τέτοιου περιεχομένου σαν ένα απλό αρχείο QuickTime ή MPEG-4, αλλά το HTTP Live Streaming προσφέρει πλεονεκτήματα, όπως υποστήριξη για κρυπτογράφηση του περιεχομένου ή δυναμική εναλλαγή μεταξύ συνεχών ροών διαφορετικών ρυθμών δεδομένων, ανάλογα με τις μεταβαλλόμενες συνθήκες του δικτύου.

### **3.2.3 Προστασία του περιεχομένου**

Τα πολυμεσικά αρχεία που περιλαμβάνουν τεμάχια συνεχών ροών, μπορούν να κρυπτογραφηθούν ανεξάρτητα. Όταν συντελείται κρυπτογράφηση [9], εμφανίζονται αναφορές για τα αντίστοιχα αρχεία κλειδιών (key files) στο αρχείο δεικτών, έτσι ώστε ο client να μπορέσει να ανακτήσει τα κλειδιά για την αποκρυπτογράφηση.

Όταν ένα αρχείο κλειδιού περιλαμβάνεται στο αρχείο δεικτών, το αρχείο κλειδιού περιλαμβάνει ένα κλειδί κρυπτογράφησης (cipher key) το οποίο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την αποκρυπτογράφηση των επόμενων πολυμεσικών αρχείων στο αρχείο δεικτών. Η τρέχουσα μορφή του HTTP Live Streaming υποστηρίζει κρυπτογράφηση AES-128 χρησιμοποιώντας κλειδιά των 16 byte. Η μορφή του αρχείου κλειδιού είναι μια πακεταρισμένη σειρά αυτών των 16 byte σε δυαδική μορφή.

Το λογισμικό της Apple που εκτελεί τον τεμαχισμό της αρχικής ροής, παρέχει κρυπτογράφηση και υποστηρίζει 3 τρόπους για την ρύθμιση της.

Η πρώτη λειτουργία επιτρέπει τον καθορισμό ενός μονοπατιού σε ένα αρχείο κλειδιού που ήδη υπάρχει στον δίσκο. Σε αυτόν τον τρόπο, το λογισμικό εισάγει μια διεύθυνση URL του υφιστάμενου αρχείου κλειδιού στο αρχείο δεικτών και κρυπτογραφεί όλα τα πολυμεσικά αρχεία χρησιμοποιώντας το κλειδί.

Η δεύτερη λειτουργία δίνει εντολή στο λογισμικό να δημιουργήσει ένα τυχαίο αρχείο κλειδιού, να το αποθηκεύσει σε συγκεκριμένη τοποθεσία και να δημιουργήσει μια αναφορά του στο αρχείο δεικτών. Όλα τα πολυμεσικά αρχεία κρυπτογραφούνται με αυτό το τυχαία δημιουργημένο κλειδί.

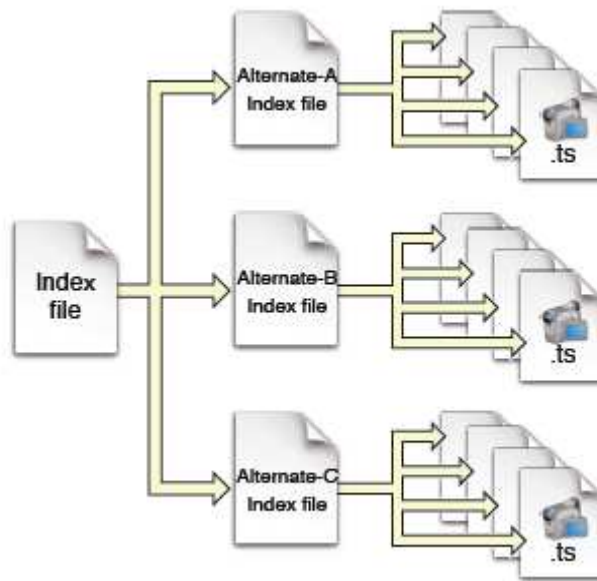
Η τρίτη λειτουργία δίνει εντολή στο λογισμικό να δημιουργήσει ένα τυχαίο αρχείο κλειδιού, να το αποθηκεύσει σε συγκεκριμένη τοποθεσία, να δημιουργήσει μια αναφορά του στο αρχείο δεικτών και στην συνέχεια ξαναπαράγει και δημιουργεί αντίστοιχα αναφορά, ένα νέο αρχείο κλειδιού για κάθε  $n$  αρχεία. Αυτή η λειτουργία αναφέρεται και ως εναλλαγή κλειδιών. Κάθε ομάδα  $n$  αρχείων κρυπτογραφείται χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό κλειδί.

Η παράδοση των αρχείων κλειδιού μπορεί να γίνει είτε μέσω HTTP είτε μέσω HTTPS.

### **3.2.4 Εναλλακτικές συνεχείς ροές**

Τα αρχεία δεικτών μπορούν να έχουν αναφορές προς εναλλακτικές συνεχείς ροές περιεχομένου. Οι αναφορές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη της παροχής πολλαπλών συνεχών ροών του ίδιου περιεχομένου αλλά με διαφορετικά επίπεδα ποιότητας, σε διαφορετικά εύρη ζώνης ή συσκευές. Το λογισμικό του client χρησιμοποιεί ευρετικούς αλγορίθμους (heuristics) προκειμένου να αποφασίσει ποια είναι η κατάλληλη στιγμή για εναλλαγή [9]. Επι του παρόντος, αυτοί οι αλγορίθμοι βασίζονται σε πρόσφατες τάσεις σε μετρήσεις που έγιναν πάνω στον ρυθμό απόδοσης του δικτύου.

Το αρχείο δεικτών δείχνει προς εναλλακτικές συνεχείς ροές πολυμεσικού περιεχομένου, περιλαμβάνοντας μία ειδική λίστα άλλων αρχείων δεικτών, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω Εικόνα 24.



**Εικόνα 24:** Εναλλακτικές συνεχείς ροές [9]

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο client του χρήστη μπορεί να επιλέξει να αλλάξει σε μία εναλλακτική συνεχή ροή ανα πάσα στιγμή, όπως όταν μία κινητή συσκευή εισέρχεται ή εξέρχεται από ένα WiFi hotspot.

### 3.2.5 Εφαρμογή στο iPhone

Η παράδοση πολυμεσικού περιεχομένου στο iPhone είναι μόνο μέσω πρωτοκόλλου HTTP. Το iPhone δεν υποστηρίζει εγγενώς πρωτόκολλα συνεχούς ροής όπως το RTSP ή το RTMP, παρόλο που κάποιες παραμετροποιήσιμες εφαρμογές μπορούν να εισάγουν αυτή την δυνατότητα. Η συνδεσιμότητα μέχρι στιγμής είναι διαθέσιμη μέσω δικτύων 3G, EDGE και WiFi. Επίσης, η βέλτιστη κωδικοποίηση λαμβάνει υπόψη το διαθέσιμο εύρος ζώνης, με 2-4 ρυθμούς δεδομένων, βελτιστοποιημένους για διαφορετικές συνδέσεις [6]. Στην Εικόνα 25 προτείνονται διάφοροι ρυθμοί δεδομένων για ήχο/εικόνα, αλλά και συνολικά, ανάλογα πάντα με το διαθέσιμο κάθε φορά δίκτυο.

Delivery	Dimensions	Frame Rate	Total Bit Rate	Video Bit Rate	Audio Bit Rate	Audio Sample Rate
<b>Aspect 4:3</b>						
Edge	360x270	1/2 Current	112	85	32	16
3G (Low)	360x270	Current	314	250	64	32
3G (High)	360x270	Current	514	450	64	32
WiFi	360x270	Current	864	800	64	32
<b>Aspect 16:9</b>						
Edge	400x224	1/2 Current	112	85	32	16
3G (Low)	400x224	Current	314	250	64	32
3G (High)	400x224	Current	514	450	64	32
WiFi	400x224	Current	864	800	64	32

**Εικόνα 25:** Ρυθμοί δεδομένων διαθέσιμων δικτύων [6]

### 3.3. Σύγκριση τεχνολογιών Smooth Streaming-HTTP Live Streaming

Έχοντας ήδη αναλύσει και τις δύο τεχνολογίες παραπάνω, προχωράμε τώρα σε μία σύγκριση τους, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2 [65].

	Microsoft IIS Smooth Streaming	Apple HTTP Live Streaming
Υποστήριξη VoD & Συνεχή ροή περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο	✓	✓
Δυνατότητες DVR σε περιεχόμενο συνεχούς ροής πραγματικού χρόνου	✓	
Πρωτόκολλο συνεχούς ροής	HTTP	HTTP
Επεκτασιμότητα μέσω ακραίων Http Caches	✓	✓
Υποστηριζόμενες Πλατφόρμες	Silverlight, Xbox 360, άλλα μέσα αναπαραγωγής συμβατά με το Smooth Streaming, iPhone OS 3.0	iPhone OS 3.0, συσκευές που χρησιμοποιούν το QuickTime X

Υποστήριξη DRM για απευθείας+VoD μεταδόσεις	PlayReady	Καμία
Ενσωμάτωση διαφημίσεων σε συνεχή ροή πραγματικού χρόνου	✓	
Παράδοση πολυμεσικού περιεχομένου σε κινητές συσκευές	✓	✓
Μορφή κωδικοποιημένου πολυμεσικού περιεχομένου	MPEG 4 (τεμαχισμένα MP4)	MPEG-2 TS
Υποστηριζόμενοι κωδικοποιητές βίντεο	Όσοι κωδικοποιητές υποστηρίζουν το προφίλ VC-1 & H.264 βάσης, κύριο και υψηλό	H.264 βάσης επιπέδου 3.0
Υποστηριζόμενοι κωδικοποιητές ήχου	Όσοι κωδικοποιητές υποστηρίζουν τις μορφές WMA & AAC	MP-3, HE-AAC, AAC-LC
Μέγιστος Ρυθμός δεδομένων	Απεριόριστος	1.6 Mbps
Προεπιλεγμένη διάρκεια τεμαχίου	2 δευτερόλεπτα	10 δευτερόλεπτα
Μορφή αρχείου στον διακομιστή	Συνεχόμενη	Τεμαχισμένη
Καθυστερήση απο άκρο σε άκρο	περίπου 1.5 δευτερόλεπτο (ρυθμιζόμενο)	30 δευτερόλεπτα
Πλατφόρμα προγραμματισμού του client	Microsoft .NET Framework	Αντικειμενοστραφής C

**Πίνακας 2:** Σύγκριση Smooth Streaming-HTTP Live Streaming

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στην περίπτωση της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο στο HTTP Live Streaming, η τιμή είναι 30 δευτερόλεπτα λόγω της ενδιάμεσης επεξεργασίας των κωδικοποιημένων συνεχών ροών πραγματικού χρόνου από τον τεμαχιστή συνεχούς ροής της Apple.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι το Smooth Streaming προσφέρει περισσότερες δυνατότητες στον χρήστη (όπως DVR), είναι μέχρι στιγμής υποστηριζόμενο από περισσότερες πλατφόρμες και το σημαντικότερο είναι ότι ο ρυθμός δεδομένων είναι απεριόριστος, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στον χρήστη για θέαση οπτικοακουστικού περιεχομένου υψηλής ανάλυσης HD.

Στην ενότητα που ακολουθεί θα παρουσιάσουμε αθλητικά γεγονότα των οποίων η μετάδοση βασίστηκε στην προσαρμοστική συνεχή ροή με χρήση του πρωτοκόλλου HTTP, αλλά και μελλοντικές ερευνητικές πλατφόρμες, όπως το YinZCam και το my-eDirector 2012 που αποσκοπούν στην παροχή εξατομικευμένων υπηρεσιών κατά την διάρκεια της συνεχούς ροής αθλητικών γεγονότων πραγματικού χρόνου.

## 4. Εφαρμογές HTTP Adaptive Based Streaming

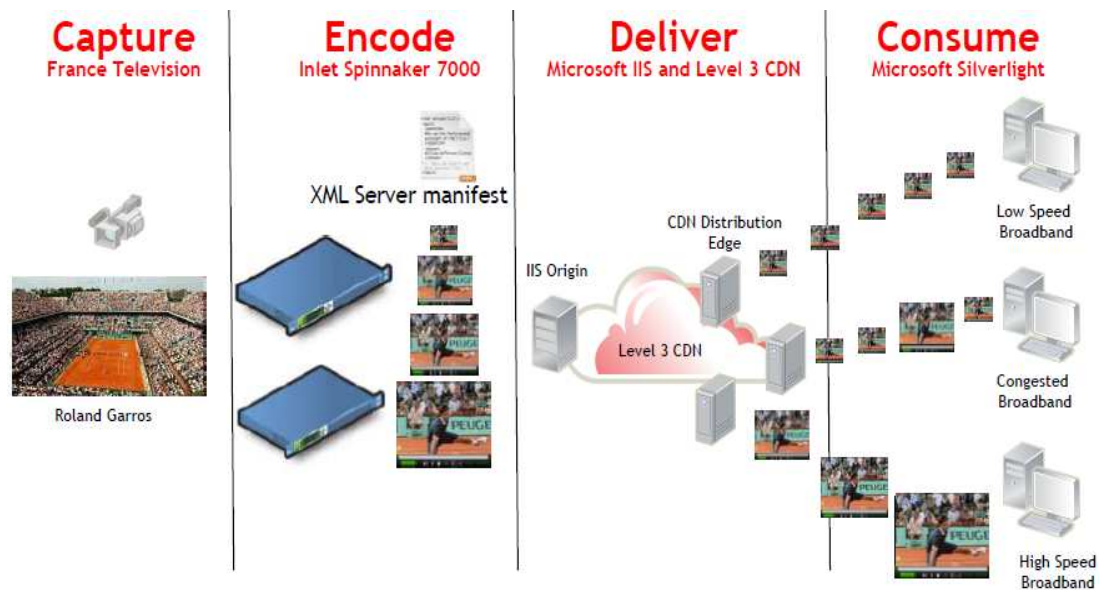
### 4.1 Τουρνουά τέννις French Open 09

Το γαλλικό διεθνές τουρνουά τέννις, γνωστό και ως Roland Garros, είναι ένα από τα μεγαλύτερα αθλητικά γεγονότα που διεξάγονται κάθε χρόνο, με συμμετοχή αθλητών παγκοσμίου φήμης και αναγνώρισης. Το 2008 το τουρνουά μεταδόθηκε σε 198 χώρες απευθυνόμενο σε εκατομμύρια τηλεθεατές.

Τον Ιούνιο του 2009 [11] το γαλλικό τηλεοπτικό κανάλι France Televisions [56] θέλησε να προσφέρει στους φίλους του τέννις στην Γαλλία μία μοναδική διαδικτυακή εμπειρία πραγματικού χρόνου με εικόνα υψηλής ευκρίνειας HD (720p+) και συγκεκριμένα μέσω των ιστοσελίδων του France2 [57], France3 [58], France4 [59] λειτουργώντας συμπληρωματικά στην παραδοσιακή τηλεοπτική μετάδοση του γεγονότος από τα αντίστοιχα τηλεοπτικά κανάλια. Η μορφή HD 720p, αντιστοιχεί σε 720 γραμμές που εμφανίζονται σταδιακά, 25 φορές το δευτερόλεπτο, αποδίδοντας τελικά ανάλυση 1280 x 720 εικονοστοιχεία (pixels).

Η France Televisions επέλεξε να συνεργαστεί με την Microsoft, την Inlet Technologies [54] και την Level 3 Communications [55] προκειμένου να μπορέσει να προσφέρει απευθείας και σε σήμα υψηλής ευκρίνειας HD το τουρνουά τέννις, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Smooth Streaming. Αυτή ήταν η πρώτη φορά παγκοσμίως που μεταδόθηκε απευθείας ένα τέτοιο γεγονός μέσω Smooth Streaming και μάλιστα προσφέροντας ταυτόχρονη κάλυψη των παιχνιδιών και στα επτά γήπεδα.

Το τουρνουά αρχικά, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 26, συνελήφθη από κάμερα και έγινε η επεξεργασία του στους χώρους της γαλλικής ομοσπονδίας τέννις σε HD φορμάτ 1080i50.

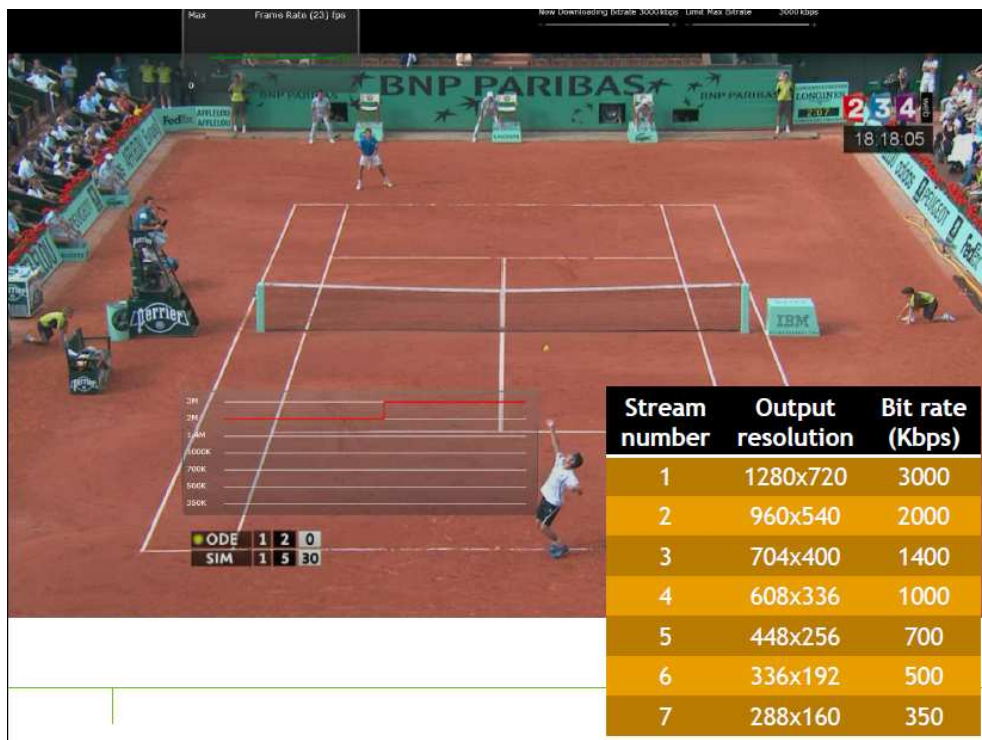


**Εικόνα 26 :** Τρόπος λήψης και μετάδοσης του French Open 09 [11]

Εν συνεχεία, το παραγόμενο σήμα παραδόθηκε σε κωδικοποιητές Spinnaker της εταιρείας Inlet Technologies μέσω HD-SDI συνδέσεων. Μέσω δύο κωδικοποιητών Spinnaker έγινε ο συγχρονισμός του HD σήματος, προσφέροντας 7 ροές βίντεο, χρονικά στοιχισμένες, αποδίδοντας ρυθμούς από 350kbits έως 3Mbits το δευτερόλεπτο. Έχοντας δημιουργηθεί τα επτά αυτά διαφορετικά “ρεύματα” βίντεο, στάλθηκαν στην συνέχεια στους IIS διακομιστές της Microsoft εντός βεβαίως του δικτύου διανομής της Level 3. Οι IIS διακομιστές της Microsoft αποθήκευσαν τις ροές αυτές για μελλοντικούς σκοπούς DVR (digital video recording), δημιούργησαν τα απαραίτητα αρχεία περιγραφής προκειμένου να παραδοθούν σωστά στους τελικούς χρήστες και λειτούργησαν σαν οι αρχικοί διακομιστές για το δίκτυο διανομής της Level 3. Στη συνέχεια, οι αιτήσεις των τελικών χρηστών για περιεχόμενο, κατευθύνονταν στους πλησιέστερους διακομιστές του δικτύου της Level 3 μέσω τεχνολογίας βασισμένης σε DNS. Η εν λόγω τεχνολογία ελέγχει συνεχώς τις συνθήκες του διαδικτύου προκειμένου να διασφαλίσει ότι οι τελικοί αποδέκτες του περιεχομένου θα είναι συνδεδεμένοι στον πλησιέστερο προς αυτούς web server. Ο ακραίος αυτός διακομιστής της Level 3 “τραβάει” το ζητούμενο περιεχόμενο από τις τοπικές web caches, οι οποίες τροφοδοτούνται από τους IIS διακομιστές της Microsoft και παραδίδει το ζητούμενο περιεχόμενο μέσω πρωτοκόλλου http στους



καταναλωτές, εκμεταλλευόμενος το μαζικό δίκτυο διανομής της Level 3. Αυτή η απο άκρο σε άκρο παράδοση, ήταν υπο διαρκή παρακολούθηση στο κέντρο επιχειρήσεων της Level 3. Τέλος, ο Silverlight player της Microsoft ανίχνευε δυναμικά τις εκάστοτε συνθήκες του μηχανήματος του χρήστη και άλλαζε αδιάλλειπτα τα εισερχόμενα κομμάτια βίντεο. Οι καταναλωτές με υψηλής ταχύτητας συνδέσεις internet σε συνδυασμό με ισχυρό τερματικό, είχαν την δυνατότητα να ζήσουν την εμπειρία της True HD (720p) ανάλυσης, ενώ αυτοί με χαμηλότερες ταχύτητες ή χαμηλότερης ισχύος τερματικά έλαβαν την καταλληλότερη ροή βίντεο που τους επέτρεπαν οι συνθήκες ( Εικόνα 27).



**Εικόνα 27 :** Στιγμιότυπο της αλλαγής ροής του Silverlight player και των διατειθέμενων ροών [11]

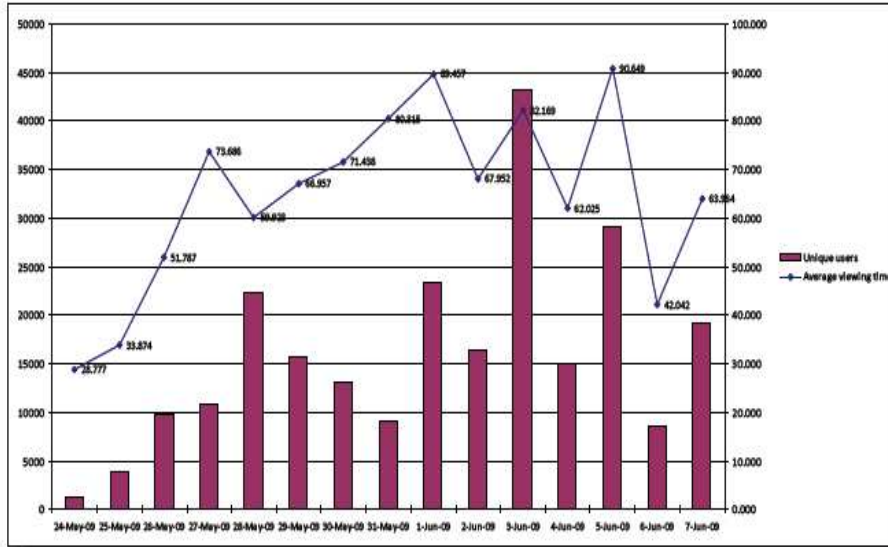
Αξίζει να αναφερθεί ότι ο χρήστης μπορούσε να εκμεταλλευθεί κατά την διάρκεια της απευθείας μετάδοσης τις δικτυακές DVR δυνατότητες που του προσφέρονταν, δηλαδή παύση, στιγμιαία επανάληψη ή ακόμα και rewind λίγες ώρες πίσω ανάλογα

με το σημείο που ήθελε να ξαναδεί (Εικόνα 28), χωρίς σπασίματα στην εικόνα ή αναμονή λόγω buffering.



Εικόνα 28 : DVR δυνατότητες κατά την live μετάδοση [28]

Απο τα δεδομένα [11] που εξήχθησαν απο την συγκεκριμένη μετάδοση, διαπιστώθηκε οτι το τουρνουά παρακολούθησαν μέσω του internet περίπου 140.000 θεατές στην Γαλλία , εκ των οποίων παραπάνω απο τους μισους σε HD ανάλυση. Οι χρήστες που είδαν ζωντανά την μετάδοση , την παρακολούθησαν κατα μέσω όρο 64 λεπτά ( αυτό είναι σημαντικό, καθώς ο μέσος χρόνος που περνούν οι άνθρωποι παρακολουθώντας ένα βίντεο στο internet είναι πολύ λιγότερο από 10 λεπτά). Ενδεικτική εικόνα για τα παραπάνω, απεικονίζεται στο Γράφημα 1 . Τέλος αξίζει να αναφερθεί οτι το 85% των θεατών το παρακολούθησαν απευθείας.



**Γράφημα 1:** Μέσος όρος θεατών μέσω διαδικτύου κατα την διάρκεια των αγώνων

[11]

## 4.2 Sunday Night Football

Το πρωτάθλημα αμερικάνικου ποδοσφαίρου, γνωστό και ως NFL (National Football League), είναι ένα απο τα αθλητικά γεγονότα με τις μεγαλύτερες τηλεθεάσεις στις ΗΠΑ. Γι'αυτό το λόγο το NBC [47], το κανάλι που έχει τα δικαιώματα μετάδοσης των αγώνων του στην Αμερική κατα την διάρκεια της σεζόν του 2009, θέλησε να δώσει στους τηλεθεατές του μια ξεχωριστή και διαδραστική εμπειρία θέασης των αγώνων μέσω των υπολογιστών τους, με την ύπαρξη βεβαίως σύνδεσης στο internet. Αυτό έγινε πράξη σε συνεργασία με τις Microsoft , Vertigo [48], Akamai [49], iStreamPlanet [50] και βασισμένο στην τεχνολογία του Smooth Streaming.

Κάθε Κυριακή λοιπόν κατα την διάρκεια της ζωντανής μετάδοσης του παιχνιδιού μέσω της αθλητικής σελίδας του NBC [51], ο χρήστης είχε την δυνατότητα να “παίξει” με διάφορες διαδραστικά χαρακτηριστικά [12], συμπεριλαμβανομένων των τεσσάρων διαφορετικών γωνιών λήψης της κάμερας και ενός video player που του προσέφερε πλήρη DVR λειτουργικότητα, όπως φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα 29. Επιπλέον η μετάδοση ήταν ενδιαφέρουσα και για τις διαφημιστικές εταιρείες αφού

τους δινόταν η δυνατότητα σε συνεργασία με την DoubleClick [52] για εισαγωγή διαφημίσεων σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 29 : Δυνατότητες “Sunday Night Football” video player [12]

Οι τηλεθεατές που πετύχαιναν τον αγώνα στην μέση της διάρκειας του, είχαν την δυνατότητα κάνοντας rewind, να δουν όσα έχασαν έως την στιγμή που συντονίστηκαν στο παιχνίδι. Μια σημαντική πρόσθηση στη μετάδοση είναι η μπάρα που επιτρέπει στον χρήστη να περιηγηθεί στα σημαντικότερα σημεία του παιχνιδιού έως εκείνη την στιγμή και μέσω ενός δείκτη να ξέρει σε πιο σημείο του βίντεο έχει γίνει για παράδειγμα ένα touchdown. Επίσης ο τηλεθεατής μπορούσε να στείλει τα σχόλια του ζωντανά στον παρουσιαστή της μετάδοσης.

Στα τεχνικά χαρακτηριστικά της μετάδοσης, ο video player ήταν υλοποίηση της εταιρείας Vertigo Software Inc έχοντας ενσωματωμένο το Silverlight 3.0 plug in, η iStreamPlanet Co είχε αναλάβει το έργο της κωδικοποίησης του βίντεο σε ροές των οποίων ο ρυθμός έφτανε μέχρι και τα 3.45 Mbps, το οποίο έδινε στον χρήστη

δυνατότητα HD (720p) ποιότητας, ενώ για την παράδοση του περιεχομένου στα τελεματικά χρησιμοποιήθηκε το δίκτυο διανομής και οι διακομιστές της Akamai.

### Χαρακτηριστικά του video player

Οι επιλογές που είχε ο κάθε χρήστης μέσω του προσφερόμενου video player (Εικόνα 30) της Verizon [53], αναλύονται παρακάτω.



**Εικόνα 30 :** Χαρακτηριστικά του video player [13]

Play/Pause : Αρχίζει ή σταματάει η αναπαραγωγή του βίντεο αντίστοιχα.

Time Bar : Οπτική απεικόνιση της συνολικής διάρκειας του αγώνα, δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα να περιηγηθεί σε οποίο χρονικό σημείο επιθυμεί, επιλέγοντας το αντίστοιχο σημείο στην μπάρα χρόνου (timeline bar).

Instant Replay : Μετακίνηση προς τα πίσω 5 δευτερολέπτων, προκειμένου να ξαναδεί ο χρήστης το τελευταίο στιγμιότυπο. Επιλέγοντας έπειτα το κουμπί Go Live γίνεται επιστροφή στην ζωντανή μετάδοση.

Slow Motion : Αργή αναπαραγωγή της εικόνας.

Skip Backward/Forward : Μετάβαση 5 δευτερόλεπτα πίσω/μπροστά αντίστοιχα.

Key Plays: Επιλέγοντας το συγκεκριμένο κουμπί ο χρήστης, μπορεί να δει μέσω του μενού που εμφανίζεται , συγκεκριμένες σημαντικές για την ροή του αγώνα φάσεις.

Play Markers: Αναπαράσταση με δεικτές των σημείων στα οποία έγιναν σημαντικές για την ροή του αγώνα φάσεις με περιληπτική λεζάντα.

Bit Rate : Γράφημα με την μορφή ισχύος σήματος, που απεικονίζει την ποιότητα της εικόνας που λαμβάνει ο χρήστης. Η ποιότητα επηρεάζεται απο τις επικρατούσες συνθήκες στο δίκτυο αλλά και απο αυτές του τερματικού και μπορούν να μεταβάλλονται κατα την διάρκεια της μετάδοσης.

### Συμπεράσματα

Σύμφωνα με στατιστικά [14] που προέκυψαν απο τις δύο πρώτες μεταδόσεις, ενεργοποιήθηκαν 264.908 ροές βίντεο στο εναρκτήριο παιχνίδι μεταξύ Tennessee Titans – Pittsburgh Steelers , ενώ στο αμέσως επόμενο παιχνίδι Green Bay Packers – Chicago Bears ενεργοποιήθηκαν 254.483 συνδέσεις. Τα νούμερα αυτά είναι σαφώς βελτιωμένα σε σχέση με της προηγούμενης χρονιάς όπου το NBC είχε επιλέξει την πλατφόρμα της Adobe μέσω του Flash Player για την μετάδοση των αγώνων μέσω διαδικτύου. Επιπλέον παρατηρήθηκε οτι ο μέσος χρόνος που έμεναν οι χρήστες στην ζωντανή μετάδοση ήταν 55.17 λεπτά σε αντίθεση με το 2008 που ο χρόνος αυτός ήταν 35 λεπτά.



## **4.3 Ερευνητική πλατφόρμα προσαρμοστικής και εξατομικευμένης κάλυψης αγώνων: my-eDirector 2012**

### **4.3.1 Εισαγωγή**

Το my-eDirector [3] είναι μια πλατφόρμα που δίνει στους τελικούς χρήστες την εξουσία να διευθύνουν οι ίδιοι την κάλυψη μεγάλων αθλητικών γεγονότων ακόμη και να δημιουργήσουν και να χρησιμοποιήσουν τον δικό τους προσωπικό «εικονικό σκηνοθέτη» που θα μπορεί να διαχειριστεί την χρήση της κάμερας κάλυψης ενός γεγονότος με βάση τις προτιμήσεις τους. Η πλατφόρμα αυτή περιλαμβάνει αυτόματη παρακολούθηση βίντεο, λήψη και ταύτιση των προτιμήσεων του χρήστη στο περιεχόμενο των σκηνών βίντεο και δυναμική προσαρμογή στο περιβάλλον του τελικού χρήστη (συμπεριλαμβανομένων των δυνατοτήτων του τερματικού και του δικτύου). Η πλατφόρμα είναι αποτέλεσμα του ερευνητικού προγράμματος my-eDirector 2012 που χρηματοδοτείται από την Ε.Ε και έχει ως στόχο να παρέχει μια μοναδική εμπειρία θέασης στους επερχόμενους Ολυμπιακούς Αγώνες του 2012.

Η βασική ιδέα στο my-eDirector είναι η προώθηση της εξατομικευμένης, διαδραστικής κάλυψης αθλητικών γεγονότων ένα βήμα παραπέρα: εγγραφή και χρήση των προτιμήσεων του χρήστη προκειμένου να παρέχονται συστάσεις στον χρήστη σχετικά με τις πιθανές λήψεις της κάμερας που μπορεί να τον ενδιαφέρουν και την ίδια χρονική στιγμή να του επιτρέπεται να διαχειρίζεται διαδραστικά την εμπειρία θέασης, προσφέροντας του πέρα από έλεγχο παρόμοιο με λειτουργίες DVR, επιπλέον χαρακτηριστικά όπως εστίαση (zoom) σε περιοχές που τον ενδιαφέρουν. Μία σημαντική πρόκληση εδώ, είναι η παροχή αυτών των χαρακτηριστικών σε απευθείας κάλυψη όχι μόνο ενός, αλλά παράλληλων γεγονότων όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των Ολυμπιακών Αγώνων.

### 4.3.2 Ενισχυμένες ικανότητες προσαρμογής

Η υλοποίηση της συγκεκριμένης πλατφόρμας [3] βασίζεται στην υιοθέτηση της προσαρμοστικής συνεχής ροής του περιεχομένου με χρήση του πρωτοκόλλου HTTP. Η τεχνική λοιπόν που χρησιμοποιείται, από όλους τους ενδιαφερόμενους στη παράδοση πολυμεσικού περιεχομένου μέσω διαδικτύου, είναι σε θέση να υποστηρίζει πλήρως τις ανάγκες φορητότητας του δικτύου και των τερματικών, ευελιξία και προσαρμοστικότητα, όπως επίσης και να αντιμετωπίζει προβλήματα μπλοκαρίσματος από τα firewall. Η επακόλουθη εμπειρία προσφέρει στον τελικό χρήστη αξιοπιστία και αντοχή (ακόμη και υπό συνθήκες ασύρματης μετάδοσης), σταθερή αναπαραγωγή του περιεχομένου χωρίς κολλήματα ή συμφόρηση ή buffering, ενώ η ποιότητα της συνεχούς ροής είναι προσαρμοσμένη στις υπάρχουσες συνθήκες του δικτύου και του τερματικού.

### 4.3.3 Ενισχυμένη διαδραστικότητα χρήστη

Οι παραδοσιακοί αναλογικοί δέκτες εικόνας/ήχου που υπάρχουν σε τερματικά ευρυεκπομπής, όπως οι τηλεοράσεις, υποστηρίζουν περιορισμένη αλληλεπίδραση του θεατή με το περιεχόμενο εικόνας-ήχου: μπορούν για παράδειγμα οι θεατές να αλλάζουν τα κανάλια, να ελέγχουν τον ήχο ακόμη και να παγώνουν την εικόνα σε κάποιες περιπτώσεις. Οι ηλεκτρονικοί οδηγοί προγράμματος (Electronic Program Guides (EPGs) ) εισήχθησαν σαν ενίσχυση, βελτιώνοντας το αναλογικό τηλεοπτικό σήμα με κείμενο δεδομένων, ενσωματώνοντας αυτά τα δεδομένα στο VBI (Vertical Blanking Interval) τμήμα του τηλεοπτικού σήματος. Με αυτό τον τρόπο παρέχεται υποστήριξη για ένα τηλεοπτικό portal τόσο για την περιήγηση στις πληροφορίες των προγραμμάτων όσο και για την θέαση περιεχομένου εικόνας/ήχου. Αυτός ο τύπος EPG παρέχει περιορισμένες πληροφορίες προγράμματος, όπως τίτλους προγραμμάτων και πρόγραμμα των μεταδόσεων. Η έλευση ψηφιακών δεκτών ή τερματικών εικόνας/ήχου αύξησε την ικανότητα των θεατών να ασκούν έλεγχο στις απευθείας μεταδόσεις, για παράδειγμα τα A-V τερματικά μπορούν να διακόπτουν και να συνεχίζουν τις ζωντανές μεταδόσεις βίντεο. Τα ψηφιακά τερματικά AV στην μορφή πιο προγραμματιζόμενων ενσωματωμένων συστημάτων, υλοποιήθηκαν ως τμήμα της ψηφιακής τηλεόρασης, με την μορφή ενός αποκωδικοποιητή ή σαν μια



εφαρμογή που έτρεχε σε ένα PC, προσφέροντας σε μεγαλύτερο βαθμό αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη και περιεχομένου πραγματικού χρόνου, ενισχύοντας έτσι την εμπειρία του χρήστη.

Ο προσαρμοζόμενος AV player που υποστηρίζεται στα τερματικά του My-eDirector 2012 [3] ενισχύει την διαδραστικότητα κατά την προβολή ζωντανών αθλητικών γεγονότων, προσφέροντας έλεγχο των μεταδεδομένων, αργή κίνηση στην ζωντανή μετάδοση και ένα περιβάλλον χρήστη όπου μπορεί να κάνει zoom. Στην πλατφόρμα my-eDirector μεταδίδονται πολύ πιο πλούσια μεταδεδομένα παράλληλα με το οπτικοακουστικό περιεχόμενο. Ορισμένα από αυτά τα μεταδεδομένα μπορεί να είναι στατικά κατά την απευθείας μετάδοση, όπως πληροφορίες του γεγονότος, το πρόγραμμα των αγωνισμάτων, ποιες λήψεις της κάμερας είναι διαθέσιμες και η λίστα των διαθέσιμων αθλητών συγκεκριμένων αγωνισμάτων καθώς και την τρέχουσα μορφή των αγωνισμάτων αυτών. Αυτά τα στατικά δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν μόνο μια φορά ή μη περιοδικά εάν υπάρχουν ενημερώσεις. Ο θεατής, ως σκηνοθέτης μπορεί να αποφασίσει πότε θα απεικονίζει αυτή την πληροφορία, είτε με την παύση του ζωντανού περιεχομένου βλέποντας τότε τα μεταδεδομένα, είτε με την ταυτόχρονη υπέρθεση αυτής της πληροφορίας στην εικόνα του απευθείας περιεχομένου. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα υπάρχοντα συστήματα στα οποία ο σκηνοθέτης αποφασίζει πότε θα προβάλλει τις πληροφορίες αυτές, η οποία στιγμή όμως μπορεί να μην είναι αυτή που θέλει ο θεατής για να τις δει.

Οι θεατές μπορούν να αλληλεπιδρούν με την ζωντανή συνεχή ροή δεδομένων, για να αποφασίσουν πότε θα ενεργοποιήσουν την θέαση ενός συγκεκριμένου τμήματος του αθλητικού γεγονότος σε αργή κίνηση, για παράδειγμα για να γίνει πιο σαφές στους θεατές ποιοί αθλητές τερμάτισαν τον αγώνα σε αύξουσα σειρά, π.χ το τέλος των 100m σπριντ ή για να δουν πως είναι τοποθετημένος ο αθλητικός εξοπλισμός σε σχέση με τα σημεία αναφοράς, π.χ σε πιο σημείο του εδάφους έπεσε το ακόντιο.

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό είναι η δυναμική, διαχειριζόμενη από τον χρήστη εστίαση, που μπορεί να εκτελεστεί ταυτόχρονα: Ένα περιβάλλον χρήστη εστίασης (Zoomable User Interface (ZUI) ), είναι μια τεχνική απεικόνισης που δίνει πρόσβαση στις χωρικά οργανωμένες πληροφορίες επιτρέποντας στους θεατές να βλέπουν λιγότερο περιεχόμενο σε περισσότερη λεπτομέρεια, π.χ να επικεντρώνονται σε έναν συγκεκριμένο αθλητή ή να βλέπουν όλες τις θέσεις των αθλητών σε σύγκριση του

ενός με τον άλλο. Εάν αυτό είναι ευέλικτο και διαδραστικό, τότε θα μπορούν οι θεατές να επιλέγουν και να εξατομικεύουν τα δικά τους αντικείμενα του ενδιαφέροντος τους. Τα ZUIs είναι βασισμένα στην υπόθεση ότι η πλοήγηση σε διαστήματα πληροφορίας υποστηρίζεται καλύτερα με την αξιοποίηση των φυσικών χωρικών και γεωγραφικών τρόπων σκέψης. Η κίνηση ενός χρήστη να μετακινήσει έναν δισδιάστατο ή τρισδιάστατο δείκτη μιας συσκευής εισόδου στον A-V player κατά μήκος μιας επιλεγμένης περιοχής θέασης, αποδεικνύει το ενδιαφέρον του χρήστη για ένα στιγμιότυπο ενός αθλητικού γεγονότος ή για ένα συγκεκριμένο τμήμα του γεγονότος αυτού. Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενημέρωση ενός υπάρχοντος προφίλ χρήστη και μπορεί να διοχετευθεί πίσω στο δίκτυο μεταφοράς. Ο δικτυακός διακομιστής βίντεο θα μπορούσε τότε να στείλει τα επόμενα καρέ εικόνας σε υψηλότερη ανάλυση προκειμένου να υποστηριχτεί ένα πιο καθαρό zoom in απο τον χρήστη.

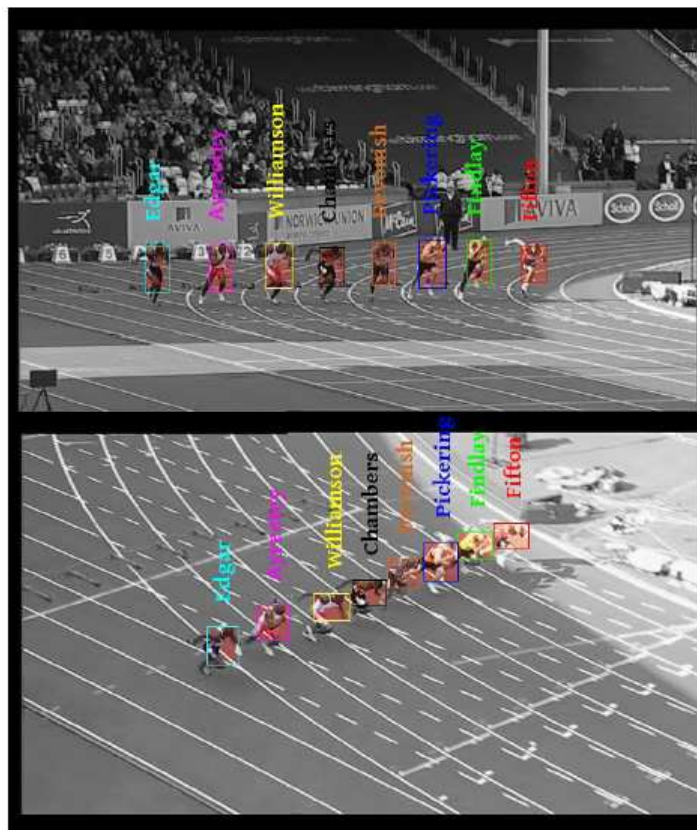
#### **4.3.4 Παράδειγμα χρήσης**

Προκειμένου να παρουσιάσουμε την λειτουργία της πλατφόρμας [3], καθώς και την δυναμική της χρήση σε υπάρχοντα συστήματα, παρέχεται το παρακάτω παράδειγμα. Εδώ παρουσιάζουμε πως η προχωρημένη παρακολούθηση και η ανθρωποκεντρική αλληλεπίδραση με την εστίαση, υιοθετούν το περιεχόμενο του συστήματος.

Η εφαρμογή λοιπόν του τερματικού μας, τρέχει σε μια διαδικτυακή πλατφόρμα τόσο σε PC όσο και σε φορητές συσκευές χρησιμοποιώντας το Microsoft Silverlight plug-in. Η Εικόνα 31 και η Εικόνα 32 παρουσιάζουν το περιβάλλον χρήστη για την παρακολούθηση του αθλητή και την οπτικοποίηση της παρακολούθησης. Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τους αθλητές του ενδιαφέροντος τους απο την λίστα αθλητών που προέρχεται απο μια διαδικτυακή υπηρεσία. Κατα την διάρκεια του αθλητικού γεγονότος οι επιλεγμένοι αθλητές θα επισημαίνονται με ετικέτες που θα παρουσιάζουν την θέση τους στην οθόνη (Εικόνα 32).



Εικόνα 31 : Περιβάλλον χρήστη για την επιλογή αθλητή προς παρακολούθηση [3]



Εικόνα 32 : Οπτικοποίηση της παρακολούθησης και ταυτοποίησης των αθλητών [3]

Ένα ολοκληρωμένο σύνολο λειτουργιών ελέγχου, προσφέρουν στον τελικό χρήστη την δυνατότητα να χειραγωγήσει ο ίδιος την λαμβανόμενη συνεχή ροή δεδομένων πέρα από τις παραδοσιακές δυνατότητες DVR, όπως φαίνεται στην Εικόνα 33. Κατά την διάρκεια της ζωντανής μετάδοσης υποστηρίζονται λειτουργίες όπως παύση, συνέχεια της αναπαραγωγής, επιστροφή σε προγενέστερο σημείο, συνέχεια της ζωντανής μετάδοσης όπως και η δυνατότητα για αργή κίνηση. Αποθηκεύοντας προσωρινά το περιεχόμενο εικόνας/ήχου στον διακομιστή συνεχούς ροής, μπορούν οι χρήστες κατά την διάρκεια της απευθείας μετάδοσης να ξαναδούν ορισμένες στιγμές σε αργή κίνηση, όπως το σημείο τερματισμού των αθλητών ή το σημείο της εκκίνησης του άλματος εις μήκος κτλ.



**Εικόνα 33:** Εργαλεία εξατομίκευσης και διαχείρισης της συνεχούς ροής δεδομένων: DVR λειτουργίες, επιλογή αθλ.γεγονότος, επιλογή κάμερας, εστίαση και προτάσεις [3]

Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να επιλέξουν το συγκεκριμένο αθλητικό γεγονός ή την κάμερα που τους ενδιαφέρει, αλλά επίσης και να ενεργοποιήσουν το χαρακτηριστικό της συμβουλής βασισμένο στις δικές τους προτιμήσεις και μπορεί η αυτόματη παρακολούθηση της συνεχούς ροής πραγματικού χρόνου να παρέχει στην οθόνη συστάσεις για αλλαγή σε άλλη κάμερα σε περίπτωση που συμβαίνει κάποιο ενδιαφέρον γεγονός. Αν και θα μπορούσε η εναλλαγή να εκτελείται αυτόματα,

θεωρήθηκε καταλληλότερο την απόφαση για την επιλογή της κάμερας να την παίρνει ο χρήστης. Για την ενίσχυση της απόφασης του, εμφανίζεται μια μικρή εικόνα παρόμοια με την λειτουργία Εικόνα σε Εικόνα (Picture in Picture [PIP] ) της προτεινόμενης κάμερας της συνεχούς ροής.

Ένα άλλο ενδιαφέρον διαδραστικό χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα της ψηφιακής εστίασης στην εικόνα με τρόπο τέτοιο που είναι παρόμοιος με την οπτική εστίαση των καμερών και όχι την ψηφιακή τους (διατηρώντας έτσι το επίπεδο της λεπτομέρειας αντί της απλής αλλαγής μεγέθους του παραθύρου θέασης και της περικοπής των άκρων). Η Εικόνα 34 μας δείχνει το περιβάλλον χρήστη εστίασης, που επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν ψηφιακή εστίαση διατηρώντας παράλληλα την ποιότητα στην εστιασμένη εικόνα. Οι τεχνολογίες προσαρμοστικής συνεχούς ροής, όπως το H.264 Smooth Streaming, χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη των προαναφερθέντων. Για την επίδειξη της επίδρασης της προσαρμοστικής εστίασης, εκτελείται στην Εικόνα 34 μια σύγκριση.





**Εικόνα 34 :** Το περιβάλλον χρήστη εστίασης, επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν τα αντικείμενα του ενδιαφέροντος τους με πολύ περισσότερη λεπτομέρεια. Το επάνω μέρος της εικόνας δείχνει την οθόνη χωρίς εστίαση, ενώ το κάτω τμήμα δείχνει δύο περιπτώσεις εστίασης: μία με προσαρμογή στις συνθήκες του δικτύου και μια χωρίς.

Η πρώτη εικόνα δείχνει την αρχική οθόνη με ένα ρυθμό αναπαραγωγής 600kb/s. Η δεύτερη εικόνα κάνει zoom συνδυασμένο με προσαρμογή στις συνθήκες του δικτύου. Η εστίαση ενεργοποιεί ένα στοιχείο για συνεχή ροή εικόνας υψηλής ανάλυσης

825kb/s. Αντίθετα η τρίτη εικόνα κάνει zoom χωρίς προσαρμογή δικτύου. Η τρίτη εικόνα απεικονίζει μια εικόνα χαμηλής ανάλυσης μετά την εστίαση, με αμετάβλητη συνεχή ροή εικόνας 600kb/s και με μία εμφανώς πιο φτωχή ανάλυση στην περιοχή της εστίασης.

#### **4.3.5 Συμπεράσματα και πιθανή αξιοποίηση**

Η πλατφόρμα που παρουσιάστηκε είναι ένα νέο σύστημα, που συνδυάζει διάφορους τομείς έρευνας με σκοπό να παρέχει στον χρήστη μια πλατφόρμα για θέαση αθλητικών γεγονότων με τρόπο πιο ευέλικτο και διαδραστικό. Η πλατφόρμα είναι ικανή να παρέχει αυξημένη διαδραστικότητα και ενισχυμένες δυνατότητες εξατομίκευσης σε καλύψεις γεγονότων πραγματικού χρόνου για ετερογενείς χρήστες.

Ωστόσο, ένα κρίσιμο ζήτημα σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιείται η πλατφόρμα σε περιπτώσεις πραγματικού χρόνου. Γι'αυτό, μια έρευνα για την κάλυψη αθλητικών γεγονότων μέσω διαδικτύου [3], οδήγησε στο συμπέρασμα ότι τα τουρνουά όπου διεξάγονται παράλληλα πολλοί αγώνες αποτελούν μια εξαιρετική περίπτωση χρήσης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι του UEFA Champions League, όπου πολλά ποδοσφαιρικά παιχνίδια διεξάγονται την ίδια χρονική στιγμή. Η πλατφόρμα My-eDirector 2012 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει στον τελικό χρήστη την δυνατότητα να επιλέξει περισσότερους αγώνες που διεξάγονται παράλληλα. Έτσι μπορεί ο χρήστης παρακολουθώντας ένα συγκεκριμένο αγώνα, να ενημερώνεται για την εξέλιξη των άλλων αγώνων.

Επι του παρόντος, υπάρχει ως πρωτότυπο, μια υπηρεσία που βασίζεται στην χρήση κινητών συσκευών με υπέρυθρο έλεγχο για την επικοινωνία με τηλεοπτικούς δέκτες, προκειμένου να αλλάζουν τα κανάλια με βάση την αποδοχή του χρήστη στις συστάσεις του συστήματος. Η υπηρεσία είναι σε θέση να συνεργαστεί με την υπάρχουσες υποδομές πάνω από DVB μεταδόσεις ευρυεκπομπής, με την παράλληλη χρήση μιας κινητής συσκευής μέσω της οποίας σύνδεεται ο χρήστης με την πλατφόρμα διανομής του πολυμεσικού περιεχομένου. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από διάφορους αγώνες και να συντονιστεί με έναν από αυτούς, ενώ μέσω της κινητής του συσκευής συνδέεται στην υπηρεσία. Καθώς λοιπόν παρακολουθεί την



συνεχή ροή του περιεχομένου, απεικονίζονται στην συσκευή του χρήστη συστάσεις και μεταδεδωμένα σχετικά με όλους τους επιλεγμένους αγώνες ,ενώ αν προκύψει κάποιο σημαντικό γεγονός (σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη) σε διαφορετικό κανάλι απο το επιλεγμένο, ενημερώνεται σχετικά με αυτό, όπως και για πιθανή εναλλαγή στο κανάλι αυτό. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ οτι ο τρόπος επικοινωνίας I/F μέσω υπερύθρων, μπορεί εύκολα να αντικατασταθεί απο Bluetooth, στην περίπτωση βεβαίως που υποστηρίζεται απο την τηλεοπτική συσκευή. Μελλοντικές επεκτάσεις περιλαμβάνουν αναβάθμιση με τηλεοπτικά widgets [TV Widgets].

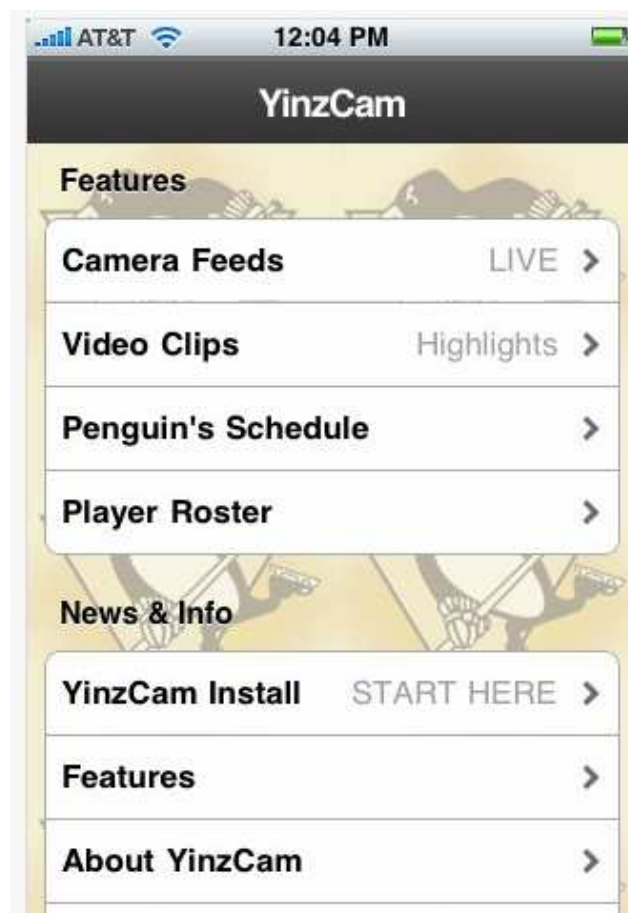
#### **4.4 Υλοποίηση εφαρμογής εξατομικευμένης κάλυψης αγώνων: YinzCam**

Το YinzCam [15], είναι μια κινητή τεχνολογία βίντεο για μετάδοση αθλητικών γεγονότων που προσφέρεται δωρεάν στους χρήστες. Ο όρος «Yinz» προέρχεται απο την απόδοση του πρωτότυπου σκωτσέζικου-ιρλανδέζικου όρου «you ones» και χρησιμοποιείται συνήθως απο του κατοίκους του Pittsburgh ως ο πληθυντικός αριθμός του «you». Αρχικά ξεκίνησε ως ερευνητικό πρόγραμμα απο μια ομάδα μηχανικών του πανεπιστημίου Carnegie Mellon υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Priya Narasimhan. Η πρώτη επιτυχία της ομάδας ήρθε με την πιλοτική χρήση του YinzCam για την ομάδα των Pittsburgh Penguins στην κανονική περίοδο 2008-09 του εθνικού πρωταθλήματος χόκευ (National Hockey League (NHL) ), καθώς και στα πλεί οφ της ανατολικής περιφέρειας. Μέσω της χρήσης του YinzCam, μπορούν να βλέπουν οι θεατές στην κινητή συσκευή τους (Εικόνα 35) και ενώ βρίσκονται στο στάδιο, βίντεο πραγματικού χρόνου μέσω μοναδικών γωνιών λήψης που επιλέγουν οι ίδιοι. Πιο συγκεκριμένα έχουν την δυνατότητα ακόμα και να επιλέξουν κάμερα που ακολουθεί τον αθλητή μέσα στον αγώνα. Φυσικά θα πρέπει οι κινητές συσκευές τους να έχουν δυνατότητα σύνδεσης WiFi και εντός του σταδίου να είναι ενεργοποιημένο το ασύρματο δίκτυο. Επιπλέον, μπορούν να διαχειρίζονται το περιεχόμενο βίντεο και να δημιουργούν τα δικά τους στιγμιαία replay απο πολλαπλές γωνίες, διάρκειας είτε 20 δευτερολέπτων είτε 2 λεπτών, όπως και να έχουν πρόσβαση σε στατιστικά στοιχεία του αθλητικού γεγονότος που εξελίσσεται εκείνη την στιγμή ή στα

βιογραφικά στοιχεία των παικτών. Όλες αυτές οι επιλογές φαίνονται στην Εικόνα 36 μέσω του αρχικού μενού του YinZCam.



Εικόνα 35 : Λήψεις από διάφορες γωνίες [15]



Εικόνα 36 : Επιλογές στο YinZCam [15]

Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι το YinZCam προσφέρει και λύση για επιτραπέζια συστήματα (Εικόνα 37), μέσω μιας οθόνης αφής, δίνοντας ίδιες δυνατότητες στους χρήστες του. Παρολ'αυτά, όλες αυτές οι δυνατότητες προσφέρονται μέχρι στιγμής για θεατές που είναι μέσα στο στάδιο και όχι για απομακρυσμένους χρήστες.



**Εικόνα 37 :** Οθόνη Αφής για χρήση σε επιτραπέζια συστήματα [15]

Σε σχέση με το κομμάτι της διαφήμισης , το YinZCam προσφέρει ποικίλες δυνατότητες χορηγιών, όπως δικαιώματα ονοματοδοσίας στις διάφορες λήψεις της κάμερας, διαφημίσεις πριν απο την έναρξη αλλά και κατα την διάρκεια του γεγονότος, όπως και δημιουργία λογοτύπων σε προσωπικά ψηφιακά αναμνηστικά.

Στα μελλοντικά σχέδια [16], είναι η προσθήκη χαρακτηριστικών κοινωνικής δικτύωσης, όπως π.χ σχόλια χρηστών που θα μπορούν να τα βλέπουν και οι άλλοι χρήστες, καθώς και η ενσωμάτωση ήχου στο οπτικό περιεχόμενο.

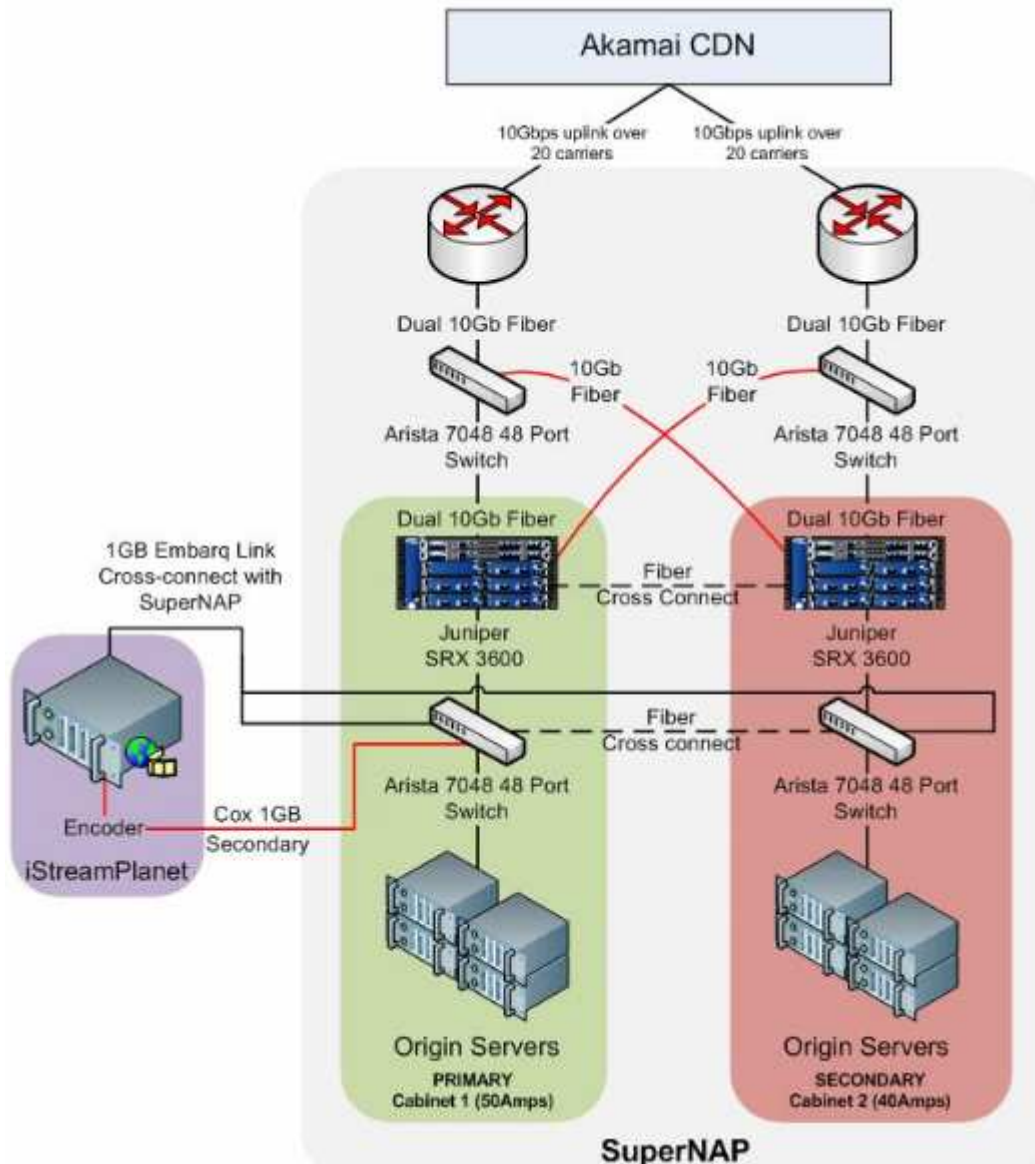
#### **4.5 Χρήση των τεχνολογιών: Χειμερινοί Ολυμπιακοί Αγώνες Βανκούβερ 2010**

Η μετάδοση των χειμερινών Ολυμπιακών Αγώνων του Βανκούβερ 2010 [29], ήταν ένα γεγονός που ενορχηστρώθηκε απο την iStreamPlanet και οι δυνατότητες που είχε

να το πράξει ολοκληρώθηκαν μέσα σε μόλις 12 μέρες. Βασίστηκε πάνω στην τεχνολογία του Smooth Streaming και με την συνεργασία εταιριών όπως η Akamai [49], η Arista Networks [60], η Intel [61], η Microsoft και η Switch Communications [62], κατόρθωσε να συγκεντρώσει ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα ροής εργασιών προκειμένου να υπάρξει επιτυχής συνεχής ροή της μετάδοσης. Εάν κάποιος έβλεπε τους Ολυμπιακούς απο τον web browser του, θα παρατηρούσε ότι η συνεχής ροή του οπτικοακουστικού περιεχομένου, ποιότητας HD, έφτανε απευθείας σε αυτόν με μία πολύ μικρή καθυστέρηση 90 δευτερολέπτων. Δύο παράγοντες έπαιξαν κεντρικό ρόλο στην επιτυχή συνεχή ροή του πολυμεσικού περιεχομένου των Ολυμπιακών: οι αυτοματισμοί και το συμπαγές δίκτυο.

Η iStreamPlanet [50] ενοποίησε τις υπηρεσίες ροής των εργασιών της με το χρονοδιάγραμμα των αγώνων του NBC. Έτσι, όταν οι κάμερες θα ξεκινούσαν να καταγράφουν τα Ολυμπιακά αγωνίσματα και το πολυμεσικό περιεχόμενο θα άρχιζε το ταξίδι του στο διαδίκτυο, το σύστημα ροής εργασιών της iStreamPlanet θα συσχέτιζε αυτόματα την συνεχή ροή του αγωνίσματος με το προγραμματισμένο αγώνισμα. Καθώς το βίντεο έφτανε απο τα στούντιο του NBC στην Νέα Υόρκη στις εγκαταστάσεις της iStreamPlanet στο Las Vegas, το αυτοματοποιημένο σύστημα εισήγαγε διαφημίσεις ή άλλα προγραμματιστικά χαρακτηριστικά στο διαδικτυακό μέσο αναπαραγωγής του βίντεο, κωδικοποιώντας το ταυτόχρονα σε 6 συνεχείς ροές απο περίπου 400Kbps για εξαιρετικά συμπιεσμένο περιεχόμενο που απευθυνόταν σε κινητές συσκευές ή συσκευές με χαμηλό εύρος ζώνης, έως 3.5Mbps που απέδιδε το περιεχόμενο σε μορφοποίηση HD (720p). Στο Βανκούβερ λοιπόν, αφού κωδικοποιούσαν 23 ροές βίντεο με χρήση κωδικοποιητή H.264 HD όπου κάθε ροή προέκυπε σχεδόν 17Mbps, τις μετέδιδαν στην συνέχεια στις εγκαταστάσεις του NBC με πολυεκπομπή μέσω δικτύου οπτικών ινών OC-12 (622Mbps). Επιπλέον, μεταδίδονταν απο το Βανκούβερ στην iStreamPlanet άλλες 5 συνεχείς ροές της καναδικής τηλεόρασης μέσω δορυφόρου και άλλες 2 ροές απο το Τορόντο, δίνοντας τελικά ένα σύνολο 30 συνεχών ροών περιεχομένου HD. Η iStreamPlanet αφού επεξεργαζόταν και κωδικοποιούσε το πολυμεσικό περιεχόμενο, το έστελνε στους αρχικούς διακομιστές (origin servers) στο κέντρο δεδομένων SuperNap της Switch Communications στο Las Vegas, μέσω σύνδεσης 1Gbps σκοτεινής ίνας (dark fiber), έχοντας όμως και μία εφεδρική σύνδεση 1Gbps μέσω της εταιρίας Cox Communications [63]. Το κέντρο δεδομένων SuperNap (Εικόνα 38) περιελάμβανε 2

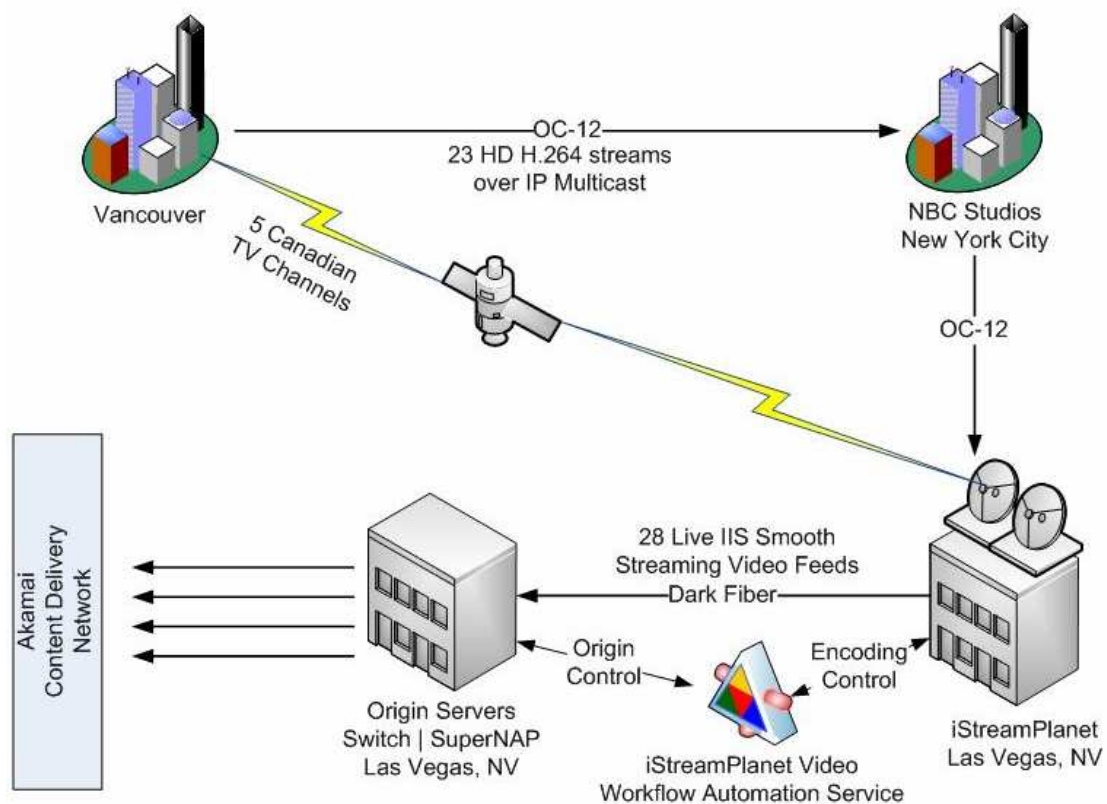
συστοιχίες από 23 διακομιστές Dell 710 [64], που είχαν επεξεργαστές Intel Nehalem 5500 και πολλαπλές κάρτες δικτύου Gigabit Ethernet. Οι συστοιχίες ήταν ενοποιημένες προκειμένου να δώσουν ρυθμό απόδοσης 2Gbps ανά διακομιστή, ενώ οι διακομιστές όπως φαίνεται και στην Εικόνα 38, ήταν διασυνδεδεμένοι σε μεταγωγείς (switches) Arista 7048 μέσω των πολλαπλών συνδέσεων Gigabit Ethernet.



Εικόνα 38: Από τους αρχικούς διακομιστές του SuperNap στο Internet [29]



Οι εισερχόμενες τροφοδοτήσεις βίντεο χωρητικότητας από 350Mbps έως 750Mbps η κάθε μία, επεξεργάζονται από τους αρχικούς διακομιστές πριν την τελική παράδοσης τους στο δίκτυο διανομής. Μόλις οι αρχικοί διακομιστές ξεκινήσουν να τεμαχίζουν τις ροές αυτές σε κομμάτια των 2 δευτερολέπτων με την διαδικασία που περιγράφηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, προωθούνται σε έξι περιφερειακά γκρουπ διακομιστών του δικτύου διανομής της Akamai μέσα σε 10ms, για διανομή στους θεατές. Οι αρχικοί διακομιστές παρακολουθούνται συνεχώς από προσωπικό της iStreamPlanet και με την πρώτη ένδειξη προβλήματος γίνεται χρήση των εφεδρικών αρχικών διακομιστών. Όλη η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται σχηματικά στην Εικόνα 39.



**Εικόνα 39 :** Συνεχή ροή HD περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο από τους Ολυμπιακούς στο Internet [29]

Το μείζον θέμα για την μετάδοση των Ολυμπιακών δεν ήταν η καθυστέρηση [29], διότι η iStreamPlanet καθυστερούσε τις ροές βίντεο ούτως ή άλλως 90 δευτερόλεπτα. Περισσότερο ανησυχούσε το πρόβλημα του buffering και των πακέτων που απορρίπτονταν. Η διανομή στο δίκτυο της Akamai γινόταν μέσω πρωτοκόλλου

μεταφοράς TCP, οπότε η απώλεια ενός πακέτου θα προκαλούσε επανεκπομπή και καθυστέρηση στην παράδοση. Όταν συμβαίνει αυτό μεταξύ ενός πελάτη και του δικτύου της Akamai αυτό επηρεάζει μόνο τον συγκεκριμένο χρήστη. Εάν όμως, αυτό συμβεί στο τμήμα μεταξύ των αρχικών διακομιστών και του δικτύου της Akamai, επηρεάζει τους πάντες. Η περίπτωση να συμβεί το σενάριο αυτό είναι όταν οι αρχικοί διακομιστές που λαμβάνουν τις κωδικοποιημένες συνεχείς ροές από την iStreamPlanet δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στα εισερχόμενα δεδομένα οπότε πρέπει να μειώσουν τον ρυθμό αποδοχής δεδομένων ή αλλιώς η συγκεκριμένη μείωση να γίνει από τους διακομιστές διανομής του δικτύου της Akamai. Όμως η παρουσία ουρών αναμονής, δηλαδή buffers στους μεταγωγείς 7048 της Arista με χωρητικότητα 768MB, εκμηδένισε την πιθανότητα απόρριψης πακέτων.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η iStreamPlanet κατά την διάρκεια του σχεδιασμού, πραγματοποίησε ένα ολοκληρωμένο τεστ διάρκειας 48 ωρών που είχε ως αποτέλεσμα μηδενική απώλεια πακέτων.

Στην ενότητα που ακολουθεί γίνεται μία συνολική αποτίμηση της εικόνας που επικρατεί στον χώρο της συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου, παρουσιάζονται οι προοπτικές και οι τάσεις και εμφανίζονται τα αποτελέσματα ερευνών που πιστοποιούν την στρόφη της αγοράς σε υπηρεσίες video streaming.



## **5. Μελλοντικές προοπτικές και τάσεις στον χώρο της συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου**

Στην συγκεκριμένη ενότητα γίνεται αναφορά στις εξελίξεις που αναμένονται στον χώρο της συνεχούς ροής οπτικοακουστικού περιεχομένου, παρουσιάζεται η τεχνολογία των τρισδιάστατων τηλεοπτικών συσκευών, γίνεται αναφορά σε έρευνες που δείχνουν τις τάσεις της αγοράς όπως και των χρηστών και παρουσιάζονται συμπερασματικές αναλύσεις των παραπάνω.

### **5.1 Το «αύριο» στον χώρο της συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου**

Εδώ και πολλά χρόνια η συνεχής ροή πολυμεσικού περιεχομένου αποτελεί θέμα έρευνας και η τεχνολογία είναι πλέον ώριμη αρκετά να προσφέρει τέτοιες υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες μέσω διαδικτύου. Οι πρώτες προσεγγίσεις χρησιμοποιούσαν ενιαία συστήματα διακομιστών όπου το επίκεντρο της έρευνας συχνά ήταν η αποτελεσματική χρήση των πόρων του διακομιστή και η έγκαιρη ανάκτηση των δεδομένων [69]. Τα ενιαία συστήματα διακομιστών είναι ακόμα σε χρήση σήμερα, όμως οι προκλήσεις της κλιμάκωσης και της απόδοσης ώθησε τους ερευνητές σε clusters διακομιστών, ιεραρχικές αρχιτεκτονικές, μηχανισμούς πολυεκπομπής, αλλά και συνδυασμό όλων αυτών.

Όσον αφορά την επόμενη γενιά συστημάτων συνεχούς ροής πολυμεσικού περιεχομένου, προβλέπεται ότι θα υπάρξει στενή ενοποίηση αναδύομενης αναζήτησης και συστημάτων κοινωνικής δικτύωσης [69]. Αυτό θα δημιουργήσει νέες λειτουργικές απαιτήσεις στις υπηρεσίες συνεχούς ροής, π.χ επιτρέποντας στους χρήστες να επιλέγουν αυθαίρετα στιγμιότυπα από διαφορετικές ακολουθίες βίντεο, συνδυάζοντας αυτά με εξατομικευμένο πολυμεσικό περιεχόμενο και αναπαράγοντας όλο το στιγμιότυπο σαν ένα ενιαίο εξατομικευμένο βίντεο. Επιπρόσθετα, αυτά τα συστήματα θα έχουν να κάνουν σε μεγάλο βαθμό με την ετερογένεια, διότι οι χρήστες θα έχουν πρόσβαση στο πολυμεσικό περιεχόμενο από διάφορα δίκτυα (ενσύρματα, ασύρματα) και το περιεχόμενο αυτό συνεχούς ροής θα μπορεί να

προβληθεί σε διάφορα τερματικά απο μικρές κινητές συσκευές μέχρι home theaters υψηλής ανάλυσης HD.

## 5.2 Τεχνολογία τρισδιάστατων τηλεοπτικών συσκευών (3D-TV)

Η τεχνολογία τρισδιάστατων τηλεοπτικών συσκευών γίνεται μέρα με τη μέρα όλο και πιο δημοφιλής. Λόγω της άνθησης των τρισδιάστατων κινηματογραφικών ταινιών, μεγάλοι κατασκευαστές τηλεοράσεων ξεκίνησαν μέσα στο 2009 να αναπτύσσουν την τρισδιάστατη τεχνολογία τηλεοπτικών συσκευών.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές για την δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων στις τηλεοπτικές συσκευές, αλλάς είναι πιο ακριβές και άλλες πιο εφικτές. Στην συγκεκριμένη παράγραφο θα αναφερθούν οι τρεις κύριες μέθοδοι της τρισδιάστατης τεχνολογίας που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν τα προσεχή έτη [83].

- Φακοειδής απεικόνιση (Lenticular viewing) : Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει υιοθετηθεί από την Philips [79] και είναι ήδη διαθέσιμη. Οι τηλεοπτικές συσκευές χρησιμοποιούν ένα πλαστικό φακό, ο οποίος αποτελείται από μία διάταξη οπτικών στοιχείων που ονομάζονται μεμονωμένοι φακοί (lenticules) και οι οποίοι δημιουργούν μία κυρτή προοπτική πολλαπλών εικόνων. Τα οπτικά στοιχεία ρυθμίζονται κάτω από τον φακό έτσι ώστε στο κάθε μάτι να προβάλλεται και μία διαφορετική οπτική. Ο εγκέφαλος έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί αυτές της οπτικές πληροφορίες σε μία ενιαία συνεκτική τρισδιάστατη εικόνα, με αντιστροφή ή με κίνηση. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την περίπτωση η τρισδιάστατη εικόνα φαίνεται χωρίς την χρήση ειδικών γυαλιών, με έναν εξαιρετικά εντυπωσιακό τρόπο. Το μοναδικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ότι ο θεατής πρέπει να κάθεται σε συγκεκριμένη θέση μπροστά από την συσκευή, λόγω της μικρής γωνίας θέασης.

- Παθητικά συστήματα γυαλιού (Passive glass systems): Η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν είναι κάτι νέο, χρησιμοποιείται από την Hyundai [82], και επιτρέπει την θέαση τόσο δισδιάστατων όσο και τρισδιάστατων εικόνων, με την χρήση όμως των παραδοσιακών τρισδιάστατων γυαλιών. Η τηλεοπτική συσκευή στην συγκεκριμένη μέθοδο, έχει δύο επικαλυπτόμενες εικόνες και τα γυαλιά έχουν πολωμένους φακούς. Κάθε φακός είναι πολωμένος έτσι ώστε να μπορεί να δει μόνο την μία από τις δύο επικαλυπτόμενες εικόνες. Η τεχνολογία αυτή είναι αρκετά εφικτή και κυκλοφορούν ήδη τηλεοπτικές συσκευές μεταξύ 40 και 50 ιντσών.
- Ενεργητικά συστήματα γυαλιού (Active glass systems) : Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι παρόμοια με των παθητικών συστημάτων γυαλιού, με την μόνη διαφορά ότι τα τρισδιάστατα γυαλιά κάνουν εδώ την δουλειά και όχι η τηλεοπτική συσκευή. Τα γυαλιά συγχρονίζονται με τον ρυθμό ανανέωσης της τηλεοπτικής συσκευής και έπειτα εναλλάσσουν την πόλωση του κάθε φακού, κάνοντας τους θεατές να βλέπουν τρισδιάστατες εικόνες. Με την τεχνολογία αυτή μπορούν οι θεατές να βλέπουν δισδιάστατο περιεχόμενο αρχικά και έπειτα να μεταβαίνουν σε τρισδιάστατο. Αυτός ο τύπος οθόνης αναπτύσσεται από τις εταιρίες Samsung [80] και Mitsubishi [81], με μειονέκτημα το υψηλό κόστος των γυαλιών.

### **5.3 Τάσεις στην διαφημιστική αγορά πολυμεσικού περιεχομένου συνεχούς ροής**

Η αυξανόμενη χρήση πολυμεσικού περιεχομένου συνεχούς ροής στο διαδίκτυο αναμένεται να δημιουργήσει αύξηση εσόδων και στο χώρο της διαφήμισης. Τον τελευταίο χρόνο, υπήρξε εκθετική αύξηση στην θέαση περιεχομένου συνεχούς ροής μέσω διαδικτύου και συγκεκριμένα σε πολυμεσικό περιεχόμενο που παράγεται από τους χρήστες (user generated content (UGC)) [70], γεγονός το οποίο θέλουν οι διαφημιστές να αξιοποιήσουν. Το μεγάλο ερώτημα στην νέα διαδικτυακή δεκαετία

είναι το κατά πόσο είναι διατεθειμένοι οι καταναλωτές να πληρώσουν για την θέαση πολυμεσικού περιεχομένου είτε VoD είτε πραγματικού χρόνου.

Η εταιρία διεξαγωγής δημοσκοπήσεων Nielsen [71], διεξήγαγε πρόσφατα μια παγκόσμια έρευνα σε περισσότερους από 27.000 καταναλωτές σε 54 χώρες προκειμένου να εξετάσει αντιλήψεις σχετικά με την πληρωμή για θέαση πολυμεσικού περιεχομένου συνεχούς ροής, αλλά και για να καθοριστεί ποιος τύπος καταναλωτών είναι πρόθυμος να πληρώσει [72]. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πολλοί καταναλωτές είναι πρόθυμοι να πληρώσουν για online περιεχόμενο συνεχούς ροής ή είναι θετικοί στην αύξηση των διαφημιστικών, όμως οι συμπεριφορές αυτές ποικίλλουν γεωγραφικά, δημογραφικά αλλά και ανάλογα τον τύπο του περιεχομένου. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 40, οι καταναλωτές δείχνουν μεγαλύτερη τάση να πληρώσουν για περιεχόμενο όπως μουσική, ταινίες, παιχνίδια απ' ότι για podcasts, blogs ή για πολυμεσικό περιεχόμενο που δημιουργείται από τους ίδιους τους καταναλωτές. Αυτό επικυρώνει την αντίληψη ότι οι καταναλωτές παγκοσμίως εκτιμούν περισσότερο το περιεχόμενο που παράγεται από επαγγελματίες του χώρου σε σχέση με το περιεχόμενο που παράγεται από τους ίδιους. Ομοίως, είναι διατεθειμένοι να δαπανήσουν περισσότερα χρήματα σε αυτά που ήδη πληρώνουν και όχι σε αυτό που σήμερα παίρνουν δωρεάν.

Προχωρώντας στην οικονομική διάσταση του θέματος, μπορούμε να πούμε ότι σύμφωνα με τις τελευταίες προβλέψεις [73] της ηλεκτρονικής αγοράς οι δαπάνες για διαφημίσεις στο διαδίκτυο είναι πιθανό να φτάσουν φέτος τα 410.000.000\$. Επιπλέον οι δαπάνες για την εισαγωγή διαφημίσεων σε πολυμεσικό περιεχόμενο συνεχούς ροής στις ΗΠΑ αναμένεται φέτος να είναι περίπου 225.000.000\$. Παρόλ' αυτά όμως οι διαφημιστές δεν έχουν πειστεί ακόμα πλήρως ότι η θέαση πολυμεσικού περιεχομένου μέσω διαδικτύου είναι το μέλλον και γ' αυτό τον λόγο το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς ξοδεύεται ακόμη σε διαφημίσεις στον τηλεοπτικό χώρο.

Percent of global online consumers who <i>have paid OR would consider paying</i> for various types of content online – Fall 2009	
<b>Content</b>	
Music	57%
Theatrical movies	57%
Games	51%
Professional produced video (including current television shows)	50%
Magazines	49%
Newspapers	42%
Internet-only news sources	36%
Radio (Music)	32%
Podcasts	28%
Social communities	28%
Radio (News/Talk)	26%
Consumer-generated video	24%
Blogs	20%
Source: The Nielsen Company. n=27,548	

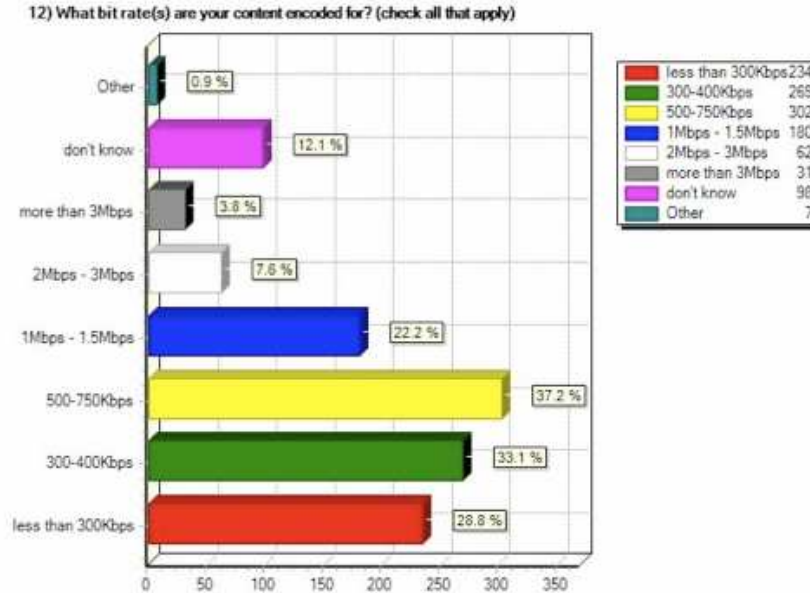
**Εικόνα 40** : Ποσοστό καταναλωτών που έχουν πληρώσει ή θα σκεφτόντουσαν να πληρώσουν για διάφορα είδη πολυμεσικού περιεχομένου στο διαδίκτυο [72]

#### 5.4 Εκτιμήσεις παροχής πολυμεσικού περιεχομένου σε υψηλή ανάλυση

Η παροχή οπτικοακουστικού περιεχομένου υψηλής ανάλυσης αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη των υπηρεσιών συνεχούς ροής. Σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε τον Οκτώβριο 2009 [74] και απεικονίζεται στην Εικόνα 41, ρωτήθηκαν δημιουργοί πολυμεσικού περιεχομένου σε τι ρυθμό δεδομένων γίνεται η κωδικοποίηση των δεδομένων. Απο τους 812 που συμμετείχαν, μόνο το 11,2% απάντησε ότι κωδικοποιούν το περιεχόμενο σε ρυθμό μεγαλύτερο ή ίσο με 2Mbps. Συγκρίνοντας το αποτέλεσμα αυτό με το αντίστοιχο της έρευνας του 2008 που ήταν 8,9%, μας δείχνει ότι δεν έχουν γίνει μεγάλα βήματα ανάπτυξης στο τομέα της κωδικοποίησης περιεχομένου σε υψηλή ανάλυση.

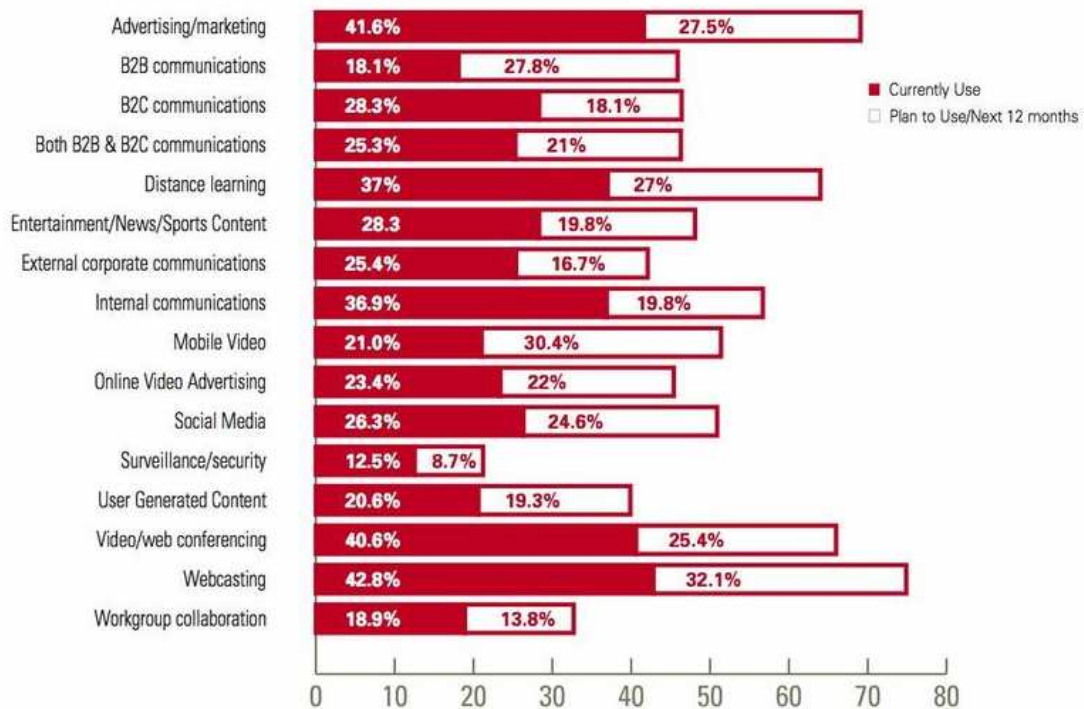
**2008 Results: 8.9% said more than 2 Mbps**  
**2009 Results: 11.4% said more than 2 Mbps (below)**

12) What bit rate(s) are your content encoded for? (check all that apply)



**Εικόνα 41 :** Αποτέλεσμα έρευνας σε τι ρυθμό κωδικοποιούν το πολυμεσικό περιεχόμενο οι δημιουργοί του [74]

Επιπλέον, σύμφωνα με μία δεύτερη έρευνα [75] αποδεικνύεται ότι οι δημιουργοί πολυμεσικού περιεχομένου σκοπεύουν να επενδύσουν μέσα στο 2010 σε εφαρμογές συνεχούς ροής σε κινητές συσκευές και εκπομπές πάνω από το διαδίκτυο (webcasting). Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 42, βλέπουμε ότι μέχρι τώρα υπήρχε μεγαλύτερο ενδιαφέρον για περιεχόμενο υπηρεσιών τηλεδιάσκεψης, για διαφημιστικό περιεχόμενο και για εκπομπές πάνω από το διαδίκτυο, ενώ διαφαίνεται η τάση στους επόμενους μήνες για αύξηση της παροχής περιεχομένου βίντεο σε κινητές συσκευές.



**Εικόνα 42 :** Εφαρμογές βίντεο που χρησιμοποιούνται σήμερα και πρόβλεψη χρήσης για τους επόμενους μήνες

### 5.5 Χρήση εφαρμογών ψυχαγωγίας πραγματικού χρόνου σε σχέση με περιεχόμενο δημιουργημένο από χρήστες (user generated content)

Σύμφωνα με έρευνα [76] για το διαδίκτυο αποτυπώνεται νέα εικόνα της συμπεριφοράς των χρηστών σε παγκόσμια κλίμακα: το video streaming παίρνει τα σκήπτρα της κίνησης κατά τις απογευματινές ώρες μεταξύ 7 και 10 (οι ώρες αιχμής για τα δίκτυα) από την παραδοσιακά βαριά χρήση των δικτύων p2p δηλαδή των δικτύων διαμοιρασμού αρχείων. Η έρευνα αυτή αφορά περισσότερα από 20 διαφορετικά δίκτυα παρόχων και 24 εκατομμύρια συνδρομητές σε 5 διαφορετικές περιοχές του πλανήτη: Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Καραϊβική και Λατινική Αμερική, Νοτιοανατολική Ασία, Μέση Ανατολή και Αφρική. Οι μετρήσεις αφορούν DSL και καλωδιακές συνδέσεις και συλλέχθηκαν μέσα στον Σεπτέμβριο από την εταιρεία Sandvine [76].



Η αλλαγή αυτή στα πρωτεία της κίνησης -από τα p2p στο video streaming- αποτελεί μια μεγάλη αλλαγή στην κατανάλωση εύρους ζώνης και έχει μεγάλες επιπτώσεις στην διαχείριση των δικτύων των παρόχων. Το γεγονός αυτό δίνει ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην συζήτηση γύρω από την δικτυακή ουδετερότητα (net neutrality) η οποία βρίσκεται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος της κυβέρνησης των Η.Π.Α. Παρόμοιες πρόσφατες έρευνες από την Cisco [77] και την Arbor Networks [78] επιβεβαιώνουν την έρευνα της Sandvine: η κίνηση από την συνεχή ροή πολυμεσικού περιεχομένου ολοένα και αυξάνεται. Συγκεκριμένα η κίνηση εφαρμογών ψυχαγωγίας σε πραγματικό χρόνο όπως η μετάδοση βίντεο, η μετάδοση ήχου ή εφαρμογές Flash, αποτελεί το 26.6% της συνολικής κίνησης στο διαδίκτυο. Πέρσι η ίδια κίνηση αποτελούσε μόνο το 12.6%. Το μερίδιο αυτό ανεβαίνει στο 32.8% τις ώρες απογευματινές ώρες αιχμής. Στην ίδια κατηγορία εφαρμογών κατατάσσονται και άλλες live εφαρμογές όπως το VoIP και το online gaming που δεν καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες εύρους ζώνης σε σύγκριση με την εικόνα και τον ήχο. Την ίδια στιγμή η κίνηση των p2p εφαρμογών έπεσε από το 32% του 2008 στο 20% του 2009.

Η στροφή αυτή των χρηστών σε εφαρμογές ψυχαγωγίας πραγματικού χρόνου είναι μία μετακίνηση από το "το κατεβάζω τώρα και το βλέπω αργότερα" στο "το βλέπω τώρα". Η έρευνα έδειξε μετατόπιση προς το πολυμεσικό περιεχόμενο συνεχούς ροής όχι μόνο των χρηστών p2p αλλά και ευρύτερα. Για την ακρίβεια οι p2p χρήστες, μετέθεσαν το κατέβασμα αρχείων από p2p σε ώρες μη αιχμής. Βέβαια, τα νέα ίσως να μην είναι τόσο ευχάριστα για τους παρόχους όσο πιθανόν να νομίζει κάποιος, αφού η κίνηση από εφαρμογές όπως το βίντεο και το VoIP είναι πολύ πιο ευαίσθητη σε αντίθεση με την κίνηση από p2p εφαρμογές όπου στην χειρότερη περίπτωση ο χρήστης περίμενε λίγο περισσότερο για να κατέβει το αρχείο. Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι όλο και περισσότεροι χρήστες θα προτιμήσουν να δώσουν προτεραιότητα στις μετρήσεις της καθυστέρησης (latency) και της διακύμανσης της καθυστέρησης (jitter), γεγονός που θα μπορούσε να οδηγήσει στο τέλος της εποχής της ευρυζωνικότητας του τύπου "κατανάλωσε όσο εύρος ζώνης μπορείς."

## Βιβλιογραφία

- [1] Ch. Patrikakis, N. Papaoulakis, Chr. Stefanoudaki, M. Nunes, “ Streaming content wars: Download and play strikes back,” 2009.
- [2] A. Zambelli, ” IIS Smooth Streaming Technical Overview,” 2009.
- [3] Ch. Patrikakis, A. Pnevmatikakis, P. Chippendale, M. Nunes, R. Cruz, S.Poslad, Z. Wang, N. Papaoulakis, P. Papageorgiou, “ Direct your personal coverage of large athletic events ,“ 2010.
- [4] Scribd, “Streaming Video Quality: Is more always better?,” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.scribd.com/doc/20535563/Streaming-Video-Quality-Is-More-Always-Better>, [προσπελάστηκε την 25<sup>η</sup> Ιανουαρίου , 2010].
- [5] J. Connell, “ Internet Video Quality of Experience-How to provide it , ” 20 December 2009 [Online]. Ιστοσελίδα: [http://www.commsdesign.com/design\\_corner/showArticle.jhtml?articleID=222002765](http://www.commsdesign.com/design_corner/showArticle.jhtml?articleID=222002765), [προσπελάστηκε την 26<sup>η</sup> Ιανουαρίου, 2010].
- [6] Akamai, “ Akamai HD for iPhone Encoding Best Practices white paper ,” 2009
- [7] Microsoft, “ IIS Smooth Streaming Transport Protocol,” September 2009.
- [8] iStreamPlanet, “ Delivering Live and On Demand Smooth Streaming white paper ,” 2009.
- [9] Apple, “ HTTP Live Streaming Overview,” November 2009.
- [10] J.A. Bocharov, Q. Burns, F. Folta, K. Hughes, A. Murching, L. Olson, P. Schnell, John Simmons, “ Portable Encoding of audio-video objects, the protected interoperable file format (PIFF), ” August 2009.
- [11] Inlet Technologies, “ The World’s First Live Smooth Streaming Event: The French Open, ” 2009.
- [12] V.Shood, “ Building Live Media Viewing Experiences Using Internet Information Services(IIS) Smooth Streaming and the Smooth Streaming Player SDK, ” 2009.
- [13] NBC Sports, “ SNF Extra Player Help,” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://nbcsports.msnbc.com/id/26393211>, προσπελάστηκε την 15<sup>η</sup> Ιανουαρίου, 2010].
- [14] S. Donohue, “ NBCSports.com Posts Sunday Night Football Traffic Gain, ” [Online]. Ιστοσελίδα:

- [http://www.contentinople.com/author.asp?section\\_id=603&doc\\_id=181846](http://www.contentinople.com/author.asp?section_id=603&doc_id=181846),  
[προσπελάστηκε την 8<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [15] YinzCam, “ YinzCam Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.yinzcam.com>, [προσπελάστηκε την 10<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [16] The Tartan, “ CMU students bring the Penguins straight to your phone, ”  
[Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.thetartan.org/2009/3/2/scitech/yinzcam>,  
[προσπελάστηκε την 10<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [17] E. Kohler , M. Handley, S. Floyd, “ Datagram Congestion Control Protocol, ” in  
*RFC 4340. IETF*, 2006.
- [18] H. Balakrishnan, V.N. Padmanabhan, S. Seshan, R.H. Katz, “ A Comparison of  
Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links, ” in *Proc.  
of ACM SIGCOMM*, 1996.
- [19] C. Marcondes, A. Persson, M.Y. Sanadidi, M. Gerla, H. Shimonishi, T. Hama,  
T. Murase, “ Inline Path Characteristic Estimation to Improve TCP Performance  
in High Bandwidth Delay Networks, ” in *International Workshop on Protocols  
for Fast Long Distance Networks - PFLDNET* , 2006.
- [20] S. Floyd, E. Kohler, “ Profile for Datagram Congestion Control Protocol  
(DCCP) Congestion Control ID 2: TCP-like Congestion Control, ” in *RFC  
4341. IETF*, 2006.
- [21] S. Floyd, M. Handley, J. Padhye, J. Widmer, “ TCP Friendly Rate Control  
(TFRC): Protocol Specification, ” in *RFC 5348. IETF*, 2008.
- [22] M. Handley, S. Floyd, J. Pahdye, J. Widmer, “ TCP-Friendly Rate Control  
(TFRC): Protocol Specification, ” in *RFC 3448. IETF*, 2003.
- [23] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand, “ Overview of the Scalable Video Coding  
Extension of the H.264/AVC Standard ,” in *IEEE Transactions on Circuits and  
Systems for Video Technology*, vol.17, No.9, September 2007.
- [24] K.C.Yang, “ Overview of the Scalable Video Coding Extension of the  
H.264/AVC Standard, ” 2007.
- [25] C-Y. Tsai, “ MCTF in Current Scalable Video Coding Schemes, ” *Institut of  
Electronics NSTU*, August 2005.
- [26] J.F. Kurose, K.W. Ross, “ Συνεχής Ροή Ήχου/Βίντεο, ” στο *Δίκτυωση  
Υπολογιστών*, σελ.531, 2008.
- [27] Inlet Technologies, “ Adaptive delivery to iPhone 3.0, ” 2009.

- [28] C. Knowlton, “ Live Broadcasting with Silverlight and Windows Media, ” Microsoft, 2009.
- [29] M. Fratto, “ Streaming The Vancouver 2010 Olympics From Mobile to HD, ” [Online]. Ιστοσελίδα:<http://www.networkcomputing.com/data-center/exclusive-the-streaming-the-vancouver-2010-olympics-from-mobile-to-hd.php> , [προσπελάστηκε την 12<sup>η</sup> Φεβρουαρίου , 2010].
- [30] BBC, “ BBC Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.bbc.co.uk> , [προσπελάστηκε την 12<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [31] CNN, “ CNN Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.cnn.com> , [προσπελάστηκε την 12<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [32] SKAI, “ SKAI TV Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.skai.gr> , [προσπελάστηκε την 12<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [33] Microsoft, “ Microsoft Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.microsoft.com> , [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [34] Adobe, “ Adobe Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.adobe.com> , προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [35] Apple, “ Apple Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.apple.com> , [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [36] Move Networks, “ Move Networks Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.movenetworks.com> , [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [37] Microsoft, “ Microsoft Smooth Streaming Provides True High-Definition Video Delivery, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.microsoft.com/presspass/press/2009/apr09/04-20SmoothStreamingPR.mspx> , [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [38] Adobe, “ Adobe Flash Platform Speeds Web Innovation Across Desktops and Devices, ” October 2009.
- [39] Adobe, “ Adobe Flash Player, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.adobe.com/products/flashplayer/>, [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [40] Microsoft, “ Microsoft Silverlight, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://silverlight.net>, [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].

- [41] Microsoft, “ Microsoft Windows Media Player, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/player/default.aspx>, [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [42] YouTube, “ YouTube Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.youtube.com/>, [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [43] Vimeo, “ Vimeo Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://vimeo.com> , [προσπελάστηκε την 21<sup>η</sup> Φεβρουαρίου , 2010].
- [44] MySpace, “ MySpace Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.myspace.com>, [προσπελάστηκε την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [45] Soapbox, “ Soapbox Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://soapbox.msn.com> , [προσπελάστηκε την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [46] my-eDirector 2012 Project, “ my eDirector 2012 Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.myedirector2012.eu/>, [προσπελάστηκε την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [47] NBC, “ NBC Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.nbc.com> , [προσπελάστηκε την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [48] Vertigo, “ Vertigo Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.vertigo.com> , [προσπελάστηκε την 22<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [49] Akamai, “ Akamai Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.akamai.com> , [accessed on February 22<sup>th</sup>, 2010].
- [50] iStreamPlanet, “ iStreamPlanet Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.istreamplanet.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [51] NBCSports, “ NBC Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://nbcsports.msnbc.com/> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [52] DoubleClick, “ DoubleClick Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.doubleclick.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [53] Verizon, “ Verizon Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.verizon.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [54] Inlet Technologies, “ Inlet Technologies Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.inlethd.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [55] Level3 Communications, “ Level3 Communications Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.level3.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].

- [56] France Televisions, “ France Televisions Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.francetelevisions.fr> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [57] France2 TV Channel , “ France2 TV Channel Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.france2.fr> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [58] France3 TV Channel , “ France3 TV Channel Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.france3.fr> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [59] France4 TV Channel , “ France4 TV Channel Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.france4.fr> , [accessed on February 22<sup>th</sup>, 2010].
- [60] Arista Networks, “ Arista Networks Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.aristanetworks.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [61] Intel, “ Intel Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.intel.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [62] Switch Communications, “ SwitchNap Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.switchnap.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [63] Cox Communications, “ Cox Communications Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.cox.net> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [64] Dell, “ Dell Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.dell.com> , [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [65] C. Knowlton, “ Adaptive Streaming Comparison, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://learn.iis.net/page.aspx/792/adaptive-streaming-comparison>, [προσπελάστηκε την 23<sup>η</sup> Φεβρουαρίου , 2010].
- [66] Α. Τσουκαλής, “ Σύστημα VoIP με χρήση δορυφορικών επικοινωνιών,” Ιανουάριος 2008.
- [67] V. Seran, L.P. Kondi, “ Drift Controlled Scalable Video Coding in Over Complete Wavelet Domain, ” January 2007.
- [68] Streaming Media, “ Scalable Video Coding: The Future of Video Delivery? ”, [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.streamingmedia.com/article.asp?id=11135> , [προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [69] P. Halvorsen, “Video Streaming: History, Current Trends and Future Visions, ” 2009.
- [70] Interoute, “ Video streaming growth ‘will boost online advertising’, ” [Online]. Ιστοσελίδα: [http://www.interoute.com/news\\_and\\_events/industry\\_news/](http://www.interoute.com/news_and_events/industry_news/)

- [/article/Video\\_streaming\\_growth\\_%27will\\_boost\\_online\\_advertising%27,](#)  
[προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [71] Nielsen Media Research Company, “ Nielsen Website , ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.nielsen.com>, [προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [72] NielsenWire, “ What’s Your Online Content Worth? , ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://blog.nielsen.com/nielsenwire/consumer/whats-your-online-content-worth-global-consumers-say-it-depends/>, [προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [73] Internet Marketing Articles, “ Adding Streaming Video- A New Trend in Internet Marketing, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.articleplus.com/index.php/internet-marketing-tools/adding-streaming-video-a-new-trend-in-internet-marketing/>, [προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [74] BusinessofVideo.com, “ Latest Data Shows HD Video Adoption Growing , But At A Very Slow Rate, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
[http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2009/12/latest-data-shows-hd-video-adoption-growing-but-very-slowly.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2009/12/latest-data-shows-hd-video-adoption-growing-but-very-slowly.html), [προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου , 2010].
- [75] BusinessofVideo.com, “ Survey Shows Content Owners Interested in Mobile Video And Webcasting in 2010 , ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
[http://blog.streamingmedia.com/the\\_business\\_of\\_online\\_vi/2010/01/-survey-shows-content-owners-interested-in-mobile-video-and-webcasting-in-the-new-year.html](http://blog.streamingmedia.com/the_business_of_online_vi/2010/01/-survey-shows-content-owners-interested-in-mobile-video-and-webcasting-in-the-new-year.html) , [προσπελάστηκε την 24<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [76] Sandvine, “ Sandvine Report: On Demand Is In Demand, ” [Online]. Ιστοσελίδα: [http://sandvine.com/news/pr\\_detail.asp?ID=231](http://sandvine.com/news/pr_detail.asp?ID=231), [προσπελάστηκε την 26<sup>η</sup> Φεβρουαρίου , 2010].
- [77] Cisco Systems, “ Cisco Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.cisco.com/> , [προσπελάστηκε την 26<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [78] Arbor Networks , “ Arbor Networks Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.arbornetworks.com/> , [προσπελάστηκε την 26<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [79] Philips, “ Philips Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα: <http://www.philips.com/>, [προσπελάστηκε την 27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].



- [80] Samsung, “ Samsung Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.samsung.com/> , [προσπελάστηκε την 27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [81] Mitsubishi, “ Mitsubishi Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.mitsubishielectric.com/> , [προσπελάστηκε την 27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [82] Hyundai, “ Hyundai Website, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
<http://www.hyundaicorp.com/> , [προσπελάστηκε την 27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].
- [83] S. House, “ How 3D TV Technology Works, ” [Online]. Ιστοσελίδα:  
[http://ezinearticles.com/?How-3D-TV-Technology-Works&id=3488775,](http://ezinearticles.com/?How-3D-TV-Technology-Works&id=3488775)  
[προσπελάστηκε την 27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου, 2010].