



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

——— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 ———

Ροή αποθηκευμένου βίντεο: Στοίβα HTTP/TCP (Εισαγωγή)

Πολυμέσα και Ασύρματη Δικτύωση

Ομάδες ασκήσεων A1 & A2

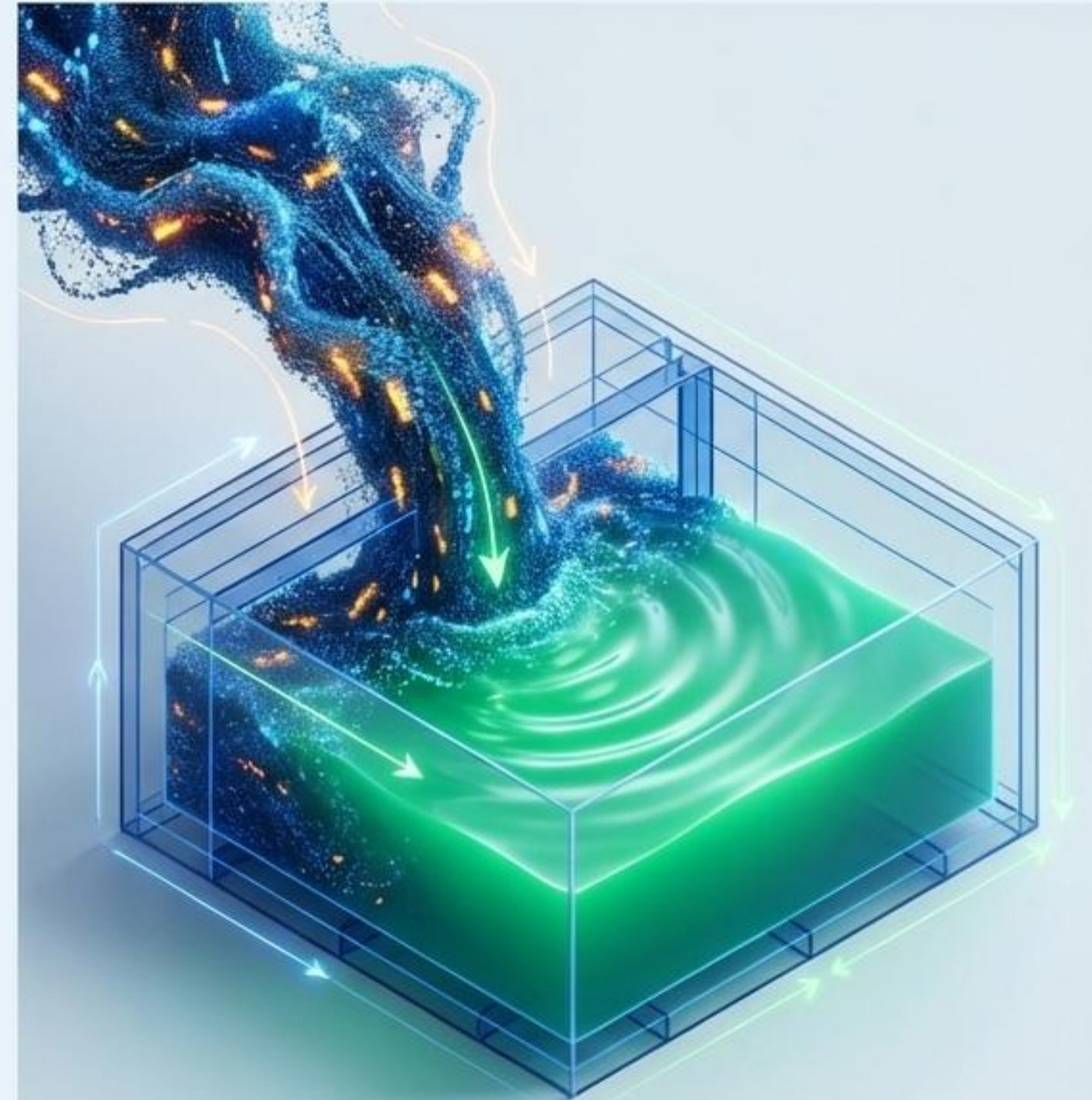
Δρ. Παντελής Μπαλαούρας, Ε.Δ.Ι.Π.

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

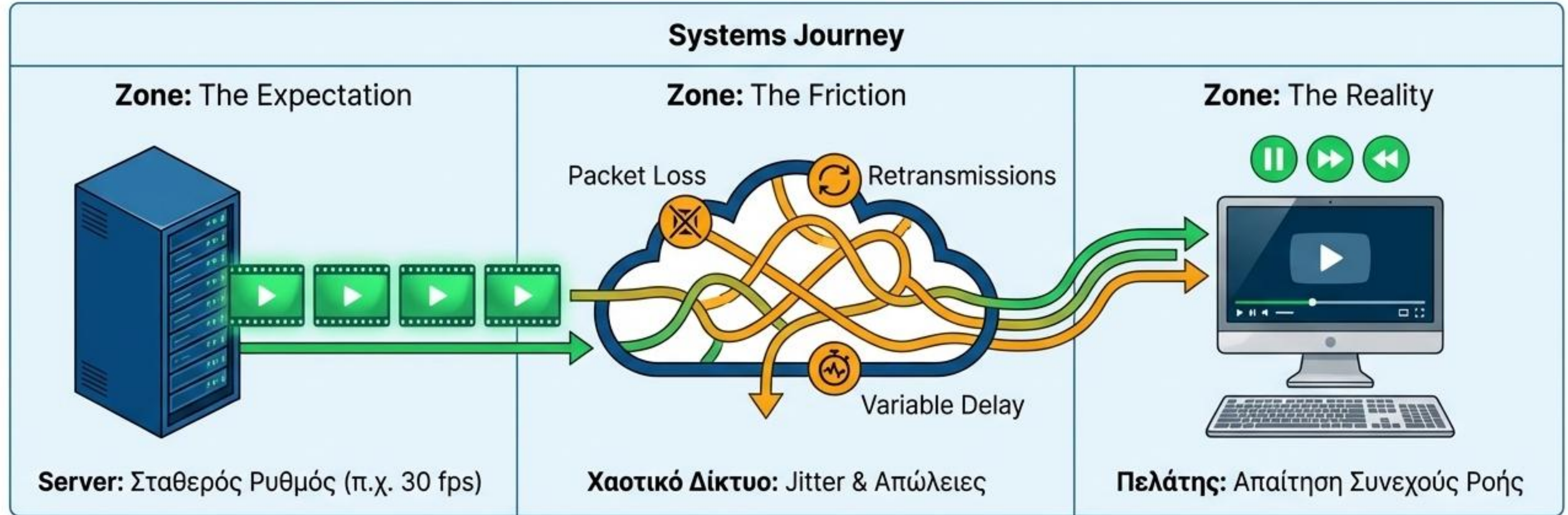


Ροή Αποθηκευμένου Βίντεο: Γεφυρώνοντας το Χάος του Δικτύου

Πώς η αρχιτεκτονική των ενταμιευτών
(buffers) εξασφαλίζει συνεχή
αναπαραγωγή.



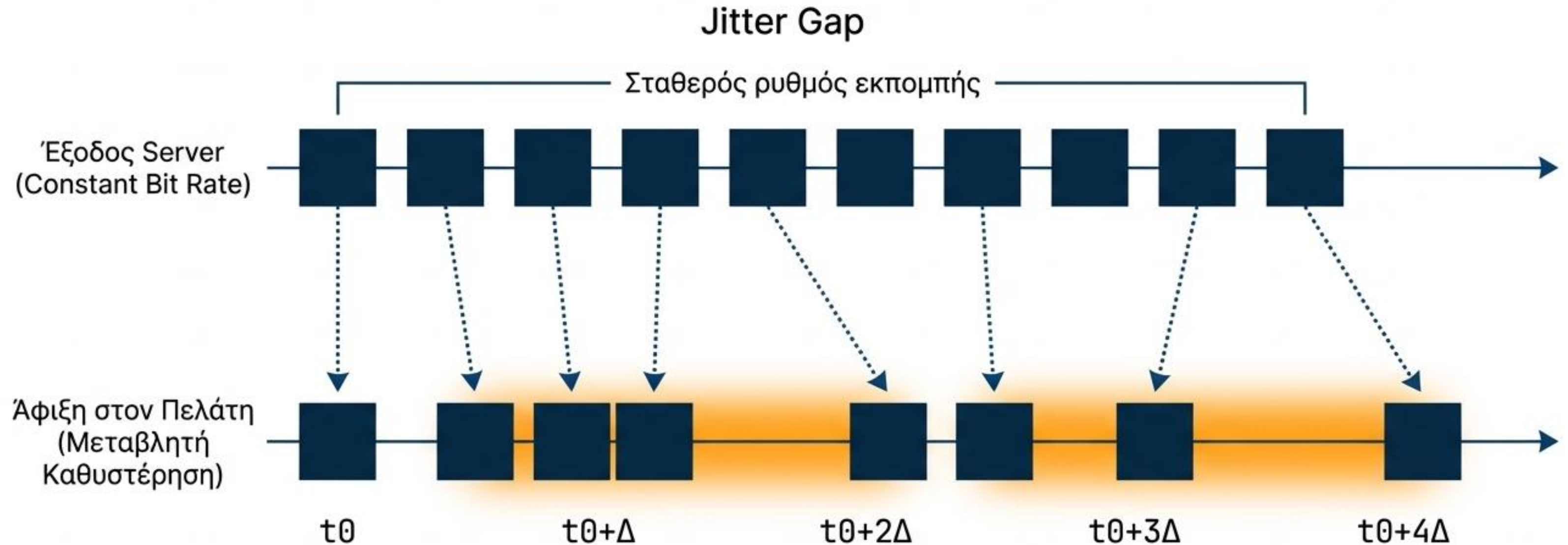
Το Πρόβλημα: Η Απαίτηση της Συνεχούς Αναπαραγωγής



Βασική Αρχή: Ο πελάτης αναπαράγει ένα προηγούμενο κομμάτι του βίντεο, ενώ ο server στέλνει το επόμενο. Η αναπαραγωγή πρέπει να ταιριάζει με τον αρχικό συγχρονισμό.

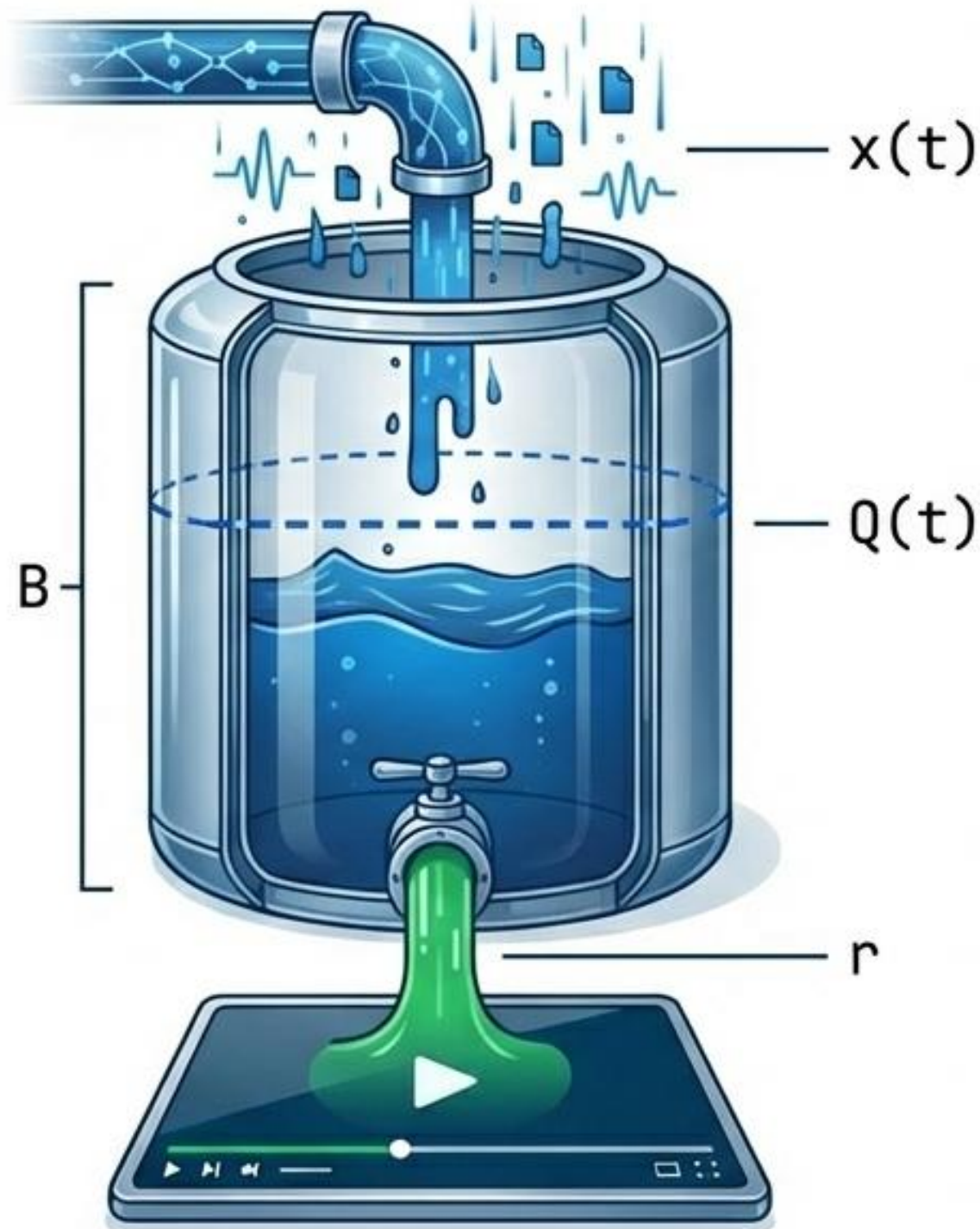
Η Πρόκληση: Το δίκτυο είναι εγγενώς χαοτικό. Οι καθυστερήσεις ποικίλλουν (*jitter*) και τα πακέτα συχνά χάνονται ή καθυστερούν.

Το Φαινόμενο του Jitter (Διακύμανση Καθυστέρησης)



Χωρίς παρέμβαση, η μεταβλητή καθυστέρηση του δικτύου καθιστά αδύνατη την ομαλή αναπαραγωγή.
Η λήψη δεν συγχρονίζεται με τον ρυθμό προβολής.

Η Λύση: Ο Ενταμιευτής (Buffer) στον Πελάτη

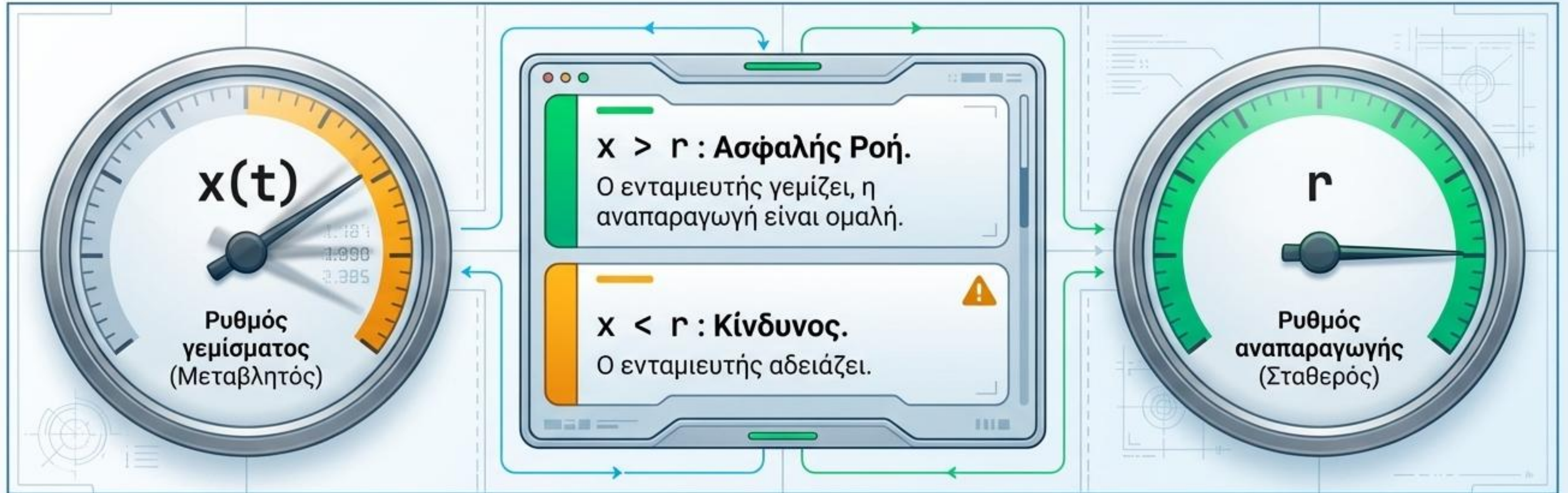


Βασική Αρχή: Η εισαγωγή μιας μικρής “καθυστέρησης αναπαραγωγής” επιτρέπει στον ενταμιευτή να συλλέξει δεδομένα πριν την προβολή.

Digital Reservoir (buffer) την καθυγέχωσης αναπαρώγής επεταυς της:

1. Εξαλείφει την οφειλόμενη στο δίκτυο διακύμανση (jitter).
2. Ανταποκρίνεται σε στιγμιαία μείωση του διαθέσιμου εύρους ζώνης.

Η Φυσική της Ενταμίευσης



Ο Χρυσός Κανόνας: Αν ο ρυθμός γεμίσματος υπολείπεται του ρυθμού αναπαραγωγής ($x < r$) για παρατεταμένο διάστημα, ο ενταμιευτής τελικά αδειάζει. Το αποτέλεσμα: Το βίντεο "παγώνει" (buffering) μέχρι να ξαναγεμίσει.

Ο Κύκλος Ζωής της Αναπαραγωγής



Φάση 1: Αρχικό γέμισμα. Ο ενταμιευτής γεμίζει. Η αναπαραγωγή είναι σε παύση.



Φάση 2: Η αναπαραγωγή ξεκινά. Ο χρόνος φτάνει στο σημείο t_p και ανοίγει η ροή προς τον player.



Φάση 3: Διακύμανση επιπέδου. Το $Q(t)$ ποικίλλει καθώς το $x(t)$ μεταβάλλεται, αλλά η έξοδος r παραμένει απόλυτα σταθερή.

Το επίπεδο του ενταμιευτή απορροφά τους κραδασμούς του δικτύου, λειτουργώντας ως ασπίδα για τον χρήστη.

Το Δίλημμα της Αρχικής Καθυστερήσης (t_p)

Μεγάλο κατώφλι Q

Πλεονέκτημα:

Μεγαλύτερη ανοχή σε διακυμάνσεις καθυστέρησης και πτώσεις εύρους ζώνης. Το άδειασμα του buffer είναι σχεδόν αδύνατο.



Αναμονή Χρήστη

Μειονέκτημα:

Ο χρήστης περιμένει περισσότερο χρόνο κοιτώντας μια οθόνη φόρτωσης μέχρι να ξεκινήσει το βίντεο.



Η επιλογή του αρχικού χρόνου αναμονής (t_p) είναι ένας διαρκής συμβιβασμός. Η υπερβολική ασφάλεια (μεγάλο Q) προκαλεί εκνευρισμό στον χρήστη, ενώ η άμεση έναρξη (μικρό Q) αυξάνει δραματικά τον κίνδυνο να παγώσει το βίντεο.

Η Εξέλιξη των Πρωτοκόλλων: Γιατί επικράτησε το HTTP

	UDP Streaming (RTSP/RTP)	HTTP/TCP Streaming
Μέθοδος Παράδοσης	Προσαρμοσμένη συνεχής ροή.	Ανάκτηση μέσω HTTP GET (μέγιστος δυνατός ρυθμός).
Απαίτηση Υποδομής	Απαιτεί εξειδικευμένο RTSP server.	Αρκεί ένας τυπικός HTTP Web Server.
Firewalls & NAT	Συχνά μπλοκάρεται. ❌	Διέρχεται εύκολα (Passes easily). ✅
Υιοθέτηση στη Βιομηχανία	Παλαιότερη τεχνολογία.	Καθολική υιοθέτηση (YouTube, Netflix).

Ενώ το UDP σχεδιάστηκε αρχικά αποκλειστικά για πολυμέσα, η απόλυτη απλότητα, η διείσδυση από firewalls και η συμβατότητα υποδομών του HTTP/TCP οδήγησαν στην πλήρη κυριαρχία του.

Δαμάζοντας το TCP: Η Τελική Σύνθεση



- Το TCP παρουσιάζει εγγενείς διακυμάνσεις λόγω του ελέγχου συμφόρησης (AIMD). Όμως, η χρήση ενός μεγάλου ενταμιευτή αναπαραγωγής εξομαλύνει πλήρως τον ρυθμό παροχής.
- **Συμπέρασμα:** Το TCP δεν αποκλείει τη συνεχή αναπαραγωγή. Γι' αυτό οι σύγχρονοι κολοσσοί (Netflix, YouTube) βασίζονται αποκλειστικά στο HTTP(S)/TCP.

- Η παρούσα παρουσίαση έχει οπτικοποιηθεί με χρήση του εργαλείου TN (AI) NotebookLM της Google.
- Για την δημιουργία του έχουν χρησιμοποιηθεί οι εξής πηγές:
 - Υλικό Αναφοράς: [eClass ΕΚΠΑ | Ειδικά Θέματα Επικοινωνιών και Ε... | Ενότητες μαθήματος](#)
- Συγγραφέας: Δρ. Παντελής Μπαλαούρας, Ε.Δ.Ι.Π., Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Ε.Κ.Π.Α.