

Εργαστήριο «Δίκτυα Η/Υ ΙΙΙ»

Άσκηση 7η : TCP

Στόχοι της άσκησης

Το εργαστήριο αυτό είναι σχεδιασμένο με τρόπο ώστε να επιδεικνύει τους αλγορίθμους ελέγχου συμφόρησης που χρησιμοποιούνται από το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol). Το εργαστήριο παρέχει μερικά σενάρια για την προσομοίωση αυτών των αλγορίθμων. Θα συγκρίνετε τις επιδόσεις των αλγορίθμων αυτών μέσω της ανάλυσης των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων.

Γενικά

Το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol) του Internet εγγυάται την αξιόπιστη, και με τη σωστή σειρά παράδοση μιας ακολουθίας από bytes στον παραλήπτη τους. Περιλαμβάνει έναν μηχανισμό ελέγχου ροής για τα ρεύματα (streams) των bytes που επιτρέπει στον δέκτη να ελέγχει το πλήθος των δεδομένων που μπορεί να αποστείλει ο αποστολέας σε κάθε χρονική στιγμή. Η ιδέα πίσω από αυτόν το μηχανισμό είναι να ελέγχεται η ταχύτητα αποστολής δεδομένων από το TCP ώστε να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του δικτύου από τον αποστολέα.

Ο έλεγχος συμφόρησης στο TCP βασίζεται στο να έχει κάθε πηγή δεδομένων τη δυνατότητα να γνωρίζει τη διαθέσιμη χωρητικότητα του δικτύου ώστε να υπολογίζει πόσα πακέτα μπορεί να αποστείλει με ασφάλεια. Για κάθε σύνδεση, η πηγή διατηρεί μια μεταβλητή κατάστασης, η οποία ονομάζεται *παράθυρο συμφόρησης* (congestion window), και που χρησιμοποιείται από την πηγή για να περιορίζει τον αριθμό των πακέτων που μπορεί να αποστέλλει σε κάθε χρονική στιγμή. Το TCP χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό που ονομάζεται *αθροιστική αύξηση/ πολλαπλασιαστική ελάττωση* (additive increase/ multiplicative decrease) ο οποίος μικραίνει το μέγεθος του παράθυρου συμφόρησης όταν αυξάνονται τα επίπεδα συμφόρησης και αυξάνει το παράθυρο όταν η συμφόρηση μικραίνει. Το TCP ερμηνεύει τις χρονικές καθυστερήσεις (στην πραγματικότητα τη λήξη του χρονομέτρου επανεκπομπής) ως δείγματα συμφόρησης. Κάθε φορά που συμβαίνει μια χρονική καθυστέρηση, η πηγή θέτει το παράθυρο συμφόρησης ίσο με το μισό της προηγούμενης τιμής του. Αυτή η διαίρεση στο μισό αντιστοιχεί

στο κομμάτι της *πολλαπλασιαστικής μείωσης* του μηχανισμού. Το μέγεθος του παραθύρου δεν επιτρέπεται να γίνει μικρότερο από το μέγεθος ενός πακέτου (το μέγιστο μέγεθος πακέτου στο TCP (TCP maximum segment size – MSS)). Κάθε φορά που η πηγή αποστέλλει με επιτυχία τα δεδομένα που χωράνε σε ένα παράθυρο, αυξάνει το μέγεθος του παραθύρου κατά ένα πακέτο. Αυτή η πρόσθεση ενός πακέτου αντιστοιχεί στο κομμάτι της *αθροιστικής αύξησης* του μηχανισμού και είναι γνωστή ως *congestion avoidance*.

Το TCP χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό που ονομάζεται *slow start* για να αυξάνει το μέγεθος του *παραθύρου συμφόρησης* ραγδαία στο ξεκίνημα των TCP συνδέσεων. Αντί για αθροιστικά το μέγεθος του παραθύρου αυξάνεται εκθετικά. Τελικά, το TCP χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό που λέγεται *fast retransmit* και *fast recovery*. Ο μηχανισμός *fast retransmit* είναι ένας ευρετικός μηχανισμός που σκανδαλίζει την εκπομπή ενός χαμένου πακέτου νωρίτερα από τον τυπικό χρόνο επανεκπομπής.

Στο εργαστήριο αυτό θα υλοποιήσετε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί το TCP σαν το πρωτόκολλο μεταφοράς από άκρο-σε-άκρο και θα αναλύσετε το μέγεθος του παραθύρου συμφόρησης με διάφορους μηχανισμούς.

Προετοιμασία για την άσκηση

Είναι καλό πριν έρθετε στο εργαστήριο για να υλοποιήσετε την άσκηση να έχετε ήδη μελετήσει:

Το RFC 793 το οποίο περιγράφει το πρωτόκολλο TCP. Θα το βρείτε στον δικτυακό τόπο του IETF (www.ietf.com/rfc.html). Μια ενδελεχής ανάλυση των μηχανισμών αποφυγής συμφόρησης θα βρείτε στο βιβλίο TCP/IP Illustrated, Volume 1, The Protocols του R. Stevens, Addison-Wesley, 1994.

Μην ξεχνάτε να σώζετε τακτικά τη δουλειά σας !!! Καθώς το εξάμηνο θα προχωρά οι ασκήσεις θα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκες κι έτσι θα υπάρχει μεγάλη δυσκολία στο να ξαναστηθούν από την αρχή. Επίσης, αν είστε τυπικοί τόσο στην αποθήκευση των αρχείων σας όσο και στην ονοματοδοσία τους, θα μπορείτε να τα παίρνετε μαζί σας ώστε να εργάζεστε και στο σπίτι. Το πρόγραμμα παράγει πολλά αρχεία για κάθε project που θα ετοιμάζετε. Επίσης, στον ίδιο κατάλογο εργάζονται και συνάδελφοί σας από άλλα τμήματα. Ξεκινήστε τα ονόματα των project σας με τα αρχικά του ονόματός σας και


συνεχίστε με το όνομα του project, π.χ. ch_NetDesign. Αν πιστεύετε ότι τα αρχικά σας είναι πολύ κοινά χρησιμοποιείστε και το δεύτερο γράμμα ή το ΑΕΜ σας.

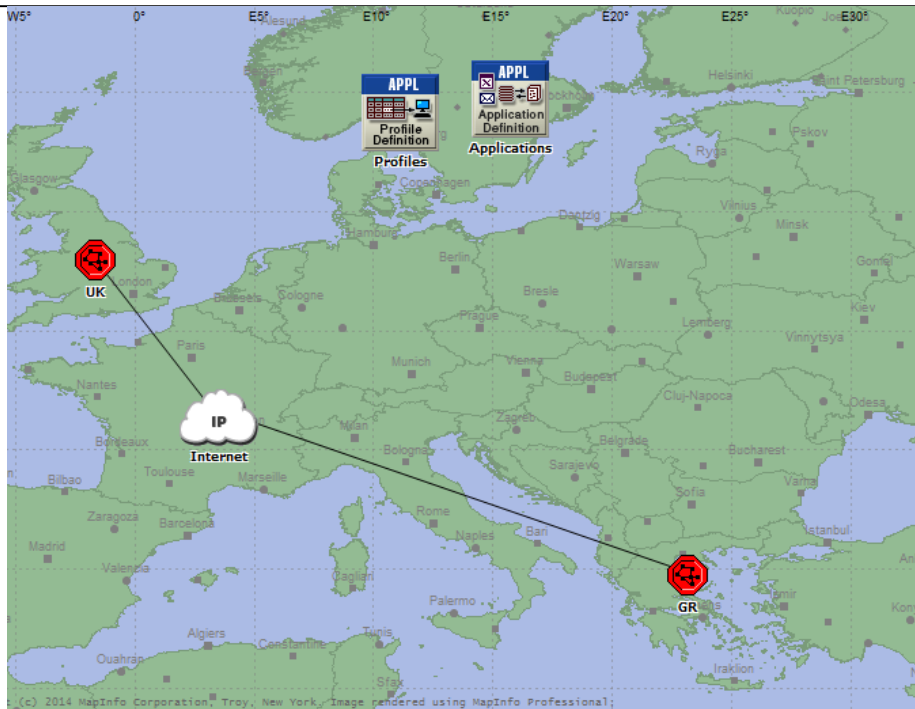
Διαδικασία Εργαστηρίου

Δημιουργία νέου έργου (project)

1. Τρέξτε το Riverbed Modeler Academic Edition → File → **New**
2. Επιλέξτε **Project** ⇒ **OK** ⇒ Ονομάστε το project <τα αρχικά σας>_TCP, και το σενάριο **No_Drop** ⇒ **OK**.
3. Σιγουρευτείτε ότι στο πλαίσιο διαλόγου *Startup Wizard: Initial Topology* έχει επιλεγθεί **Create Empty Scenario** ⇒ **Next** ⇒ επιλέξτε **Choose from Maps** για την κλίμακα του δικτύου (*Network Scale*) ⇒ **Next** ⇒ Επιλέξτε **Border Map** → **Europe** καθώς και από το παράθυρο **Map Info Maps** επιλέξτε **Europe** και στείλτε το δεξιά ⇒ στο **Selected (background first)** πατήστε δύο φορές το **Next** ⇒ **OK**.

Δημιουργία ενός δικτύου

1. Το πλαίσιο διαλόγου *Object Palette* πρέπει να είναι ανοικτό πάνω από τον χώρο του project. Αν δεν είναι πατήστε το κουμπί  για να το ανοίξετε. Βεβαιωθείτε ότι είναι επιλεγμένο το **internet_toolbox**.
2. Στον χώρο εργασίας του προσομοιωτή προσθέστε από ένα από τα εξής αντικείμενα: **Application Config**, **Profile Config**, **ip32_cloud** και δυο (2) αντικείμενα **subnet**.
 - a. Για να προσθέσετε ένα αντικείμενο από την παλέτα, κάντε drag-and-drop την εικόνα του που βρίσκεται στην παλέτα → κάντε αριστερό κλικ για να αφήσετε επιπλέον αντικείμενα. Δεξί κλικ όταν τελειώσετε.
3. Κλείστε την παλέτα αντικειμένων και σώστε τη δουλειά σας.
4. Μετονομάστε τα αντικείμενα όπως φαίνεται στην εικόνα και σώστε τη δουλειά σας.

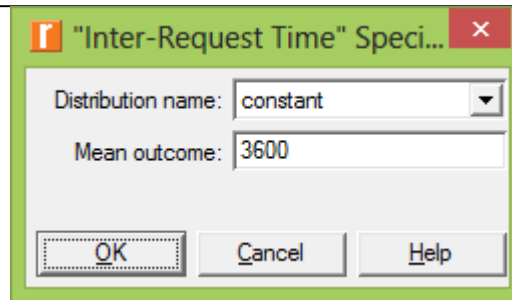


Ρύθμιση των υπηρεσιών:

1. Κάντε δεξί κλικ στον κόμβο **Applications** ⇒ **Edit Attributes** ⇒ Αλλάξτε την τιμή της ιδιότητας **name** σε **Applications** ⇒ Επεκτείνετε την ιεραρχία της ιδιότητας **Applications** → **Application Definitions** και ορίστε την τιμή της ιδιότητας rows ίση με 1 ⇒ Επεκτείνετε την γραμμή αυτή και ονομάστε την **FTP_Application**.
 - a. Επεκτείνετε την ιεραρχία Description → Ρυθμίστε τις τιμές της γραμμής FTP όπως φαίνεται παρακάτω

Attribute	Value
Command Mix (Get/Total)	100%
Inter-Request Time (seconds)	constant (3600)
File Size (bytes)	constant (10000000)
Symbolic Server Name	FTP Server
Type of Service	Best Effort (0)
RSVP Parameters	None
Back-End Custom Application	Not Used

και το Inter-Request Time (seconds) ως εξής:

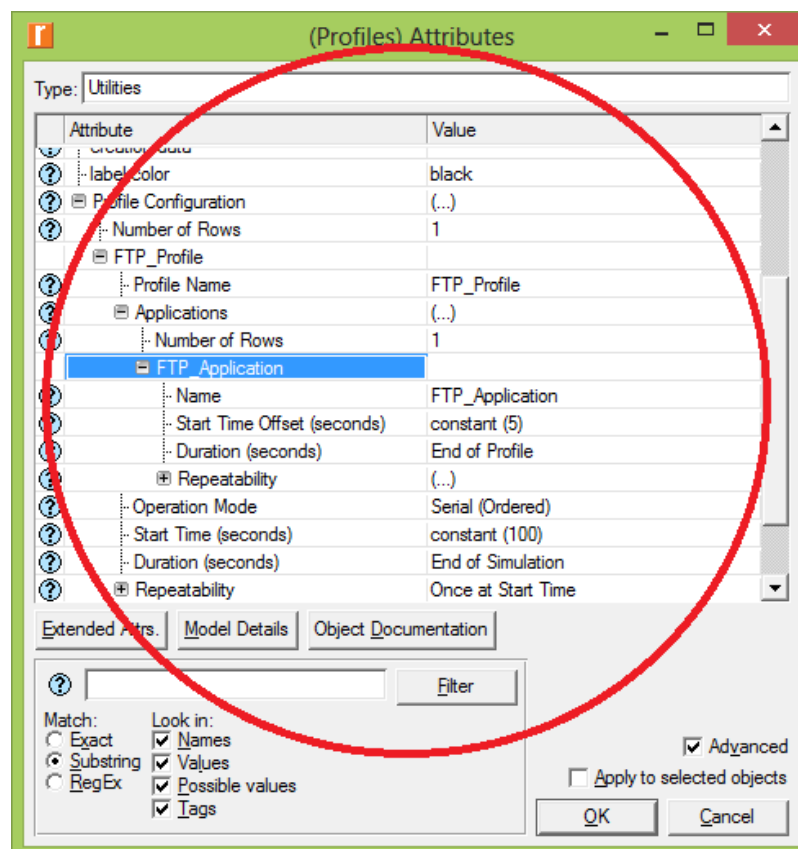


2. Πατήστε **OK** δύο φορές και σώστε τη δουλειά σας.

Ρυθμίστε τα πορτραίτα:


1. Κάντε δεξί κλικ στον κόμβο **Profile Config** ⇒ **Edit Attributes** ⇒ Αλλάξτε την ιδιότητα **name** σε **Profiles** ⇒ Αλλάξτε την ιδιότητα **Profile Configuration** και θέστε στο rows την τιμή 1.

α. Ονομάστε της ιδιότητες και θέστε τις τιμές τους όπως φαίνεται παρακάτω ⇒ Πατήστε **OK**.



Ρύθμιση του υποδικτύου UK:

1. Κάντε διπλό κλικ στον κόμβο **UK**. Θα πρέπει να δείτε έναν κενό χώρο εργασίας που υποδηλώνει ότι το subnet δεν περιέχει αντικείμενα.

2. Ανοίξτε την παλέτα αντικειμένων  και βεβαιωθείτε ότι είναι ενεργοποιημένο το **internet_toolbox**.

3. Προσθέστε τα επόμενα αντικείμενα στον κενό χώρο εργασίας του subnet: **ethernet_server**, έναν δρομολογητή **ethernet4_slip8_gtwy**, και συνδέστε τα με μια αμφίδρομη ζεύξη **100BaseT link** ⇒ Κλείστε την παλέτα. Μετονομάστε τα αντικείμενα σε **Server_UK** και **Router_UK**.

4. Κάντε δεξί κλικ στον κόμβο **Server_UK** ⇒ **Edit Attributes**

α. Πατήστε στο κελί της στήλης **Value** δίπλα στην ιδιότητα **Applications** → **Application: Supported Services** → **Edit ...** Ορίσετε την τιμή του **rows** σε **1** → Θέστε το **Name** σε **FTP_Application** → Πατήστε **OK**.

β. Ορίσετε την τιμή του **Server Address** σε **Server_UK**.


γ. Επεκτείνετε την ιεραρχία **TCP Parameters** → Ορίστε την ιδιότητα **Flavor** σε **Tahoe**.

δ. **Slow-Start Initial Count (MSS) = 1**.

ε. **Duplicate ACK Threshold = 100**


στ. **Window Scaling = Disabled**

5. Πατήστε **OK** και σώστε τη δουλειά σας.

Τώρα ολοκληρώσατε τις ρυθμίσεις υποδικτύου **UK**. Πατήστε το κουμπί  για να πάτε ένα επίπεδο πάνω.

Ρυθμίστε το υποδίκτυο Greece:

1. Κάντε διπλό κλικ στον κόμβο **Greece**. Θα πρέπει να δείτε έναν κενό χώρο εργασίας που υποδηλώνει ότι το subnet δεν περιέχει αντικείμενα.

2. Ανοίξτε την παλέτα αντικειμένων  και βεβαιωθείτε ότι είναι ενεργοποιημένο το **internet_toolbox**.

3. Προσθέστε τα επόμενα αντικείμενα στον κενό χώρο εργασίας του subnet: **ethernet_wkstn**, έναν δρομολογητή **ethernet4_slip8_gtwy**, και συνδέστε τα με μια αμφίδρομη ζεύξη **100BaseT link** ⇒ Κλείστε την παλέτα. Μετονομάστε τα αντικείμενα σε **Client_Serres** και **Router_GR**.

4. Κάντε δεξί κλικ στον κόμβο **Client_Serres** ⇒ **Edit Attributes**

α. Επεκτείνετε την ιεραρχία **Applications** → **Application: Supported Profiles** → Ορίσετε την τιμή του **rows** σε **1** → Επεκτείνετε την ιεραρχία **row 0** → Θέστε το **Profile Name** σε **FTP_Profile**.

β. Ορίσετε την τιμή του **Client Address** σε **Client_Serres**.

γ. Αλλάξτε την τιμή της ιδιότητας **Application:Destination Preferences** ως εξής:

Ορίσετε την τιμή του **rows** σε **1** → Θέστε την τιμή του Symbolic Name σε **FTP Server**. → Επεξεργαστείτε το **Actual Name** → Ορίσετε την τιμή του **rows** σε **1** → Στη νέα γραμμή θέστε τη τιμή **Server_UK** στη στήλη **Name**.

δ. Επεκτείνετε την ιεραρχία **TCP** → **TCP Parameters** → Ορίστε τις ιδιότητες:

Flavor σε **Tahoe**.

Receiver Buffer (bytes) → **8760**

Slow-Start Initial Count (MSS) = **1**.

Window Scaling → **Disabled**


5. Πατήστε **OK** και σώστε τη δουλειά σας.

6. Τώρα ολοκληρώσατε τις ρυθμίσεις υποδικτύου **Greece**. Πατήστε το κουμπί



για να πάτε ένα επίπεδο πάνω.

Συνδέστε τα υποδίκτυα με το Διαδίκτυο:

1. Ανοίξτε την παλέτα αντικειμένων .
2. Συνδέστε το υποδίκτυο **UK** και το υποδίκτυο **Greece** με το νέφος **IP** μέσω δύο ζεύξεων τύπου **PPP_DS3**.
3. Για κάθε σύνδεση θα εμφανιστεί ένα αναδυόμενο παράθυρο που θα ρωτά με ποιο αντικείμενο του υποδικτύου θέλετε να συνδέσετε το IP Cloud. Και στις δύο περιπτώσεις επιλέξτε τους δρομολογητές.
4. Κλείστε την παλέτα.


Επιλέξτε τα στατιστικά

1. Κάντε δεξί κλικ στον **Server_UK** στο υποδίκτυο **UK** και κι επιλέξτε το μενού


Choose Individual Statistics

2. Στο πλαίσιο διαλόγου *Choose Results* επιλέξτε τα στατιστικά:

TCP Connection → **Congestion Window Size (bytes)** και **Sent Segment Sequence Number**.

3. Καθώς επιλέγετε το κάθε στατιστικό, στα δεξιά του παραθύρου επιλέξτε στο **Collection Mode** το **Modify...** και στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέξτε το **Advanced** και αλλάξτε το **Capture Mode** σε **all values** → Πατήστε **OK**.
4. Κάντε το ίδιο και για το στατιστικό **Sent Segment Sequence Number** →
5. Πατήστε **OK** και σώστε τη δουλειά σας.
6. Πατήστε το κουμπί  για να πάτε ένα επίπεδο πάνω.

Ρυθμίστε την προσομοίωση

1. Πατήστε το κουμπί **Configure/Run Simulation** .
2. Ορίστε τη διάρκεια της προσομοίωσης στα **10 minutes**. Πατήστε **Apply**.
3. Τρέξτε την προσομοίωση (**Run**).
4. Όταν ολοκληρωθεί πατήστε **Close** και σώστε το project.

Αντιγράψτε το σενάριο

Στο δίκτυο που μόλις κατασκευάσαμε υποθέσαμε ότι λειτουργεί τέλεια χωρίς να απορρίπτει πακέτα. Επίσης, απενεργοποιήσαμε τις τεχνικές fast retransmit και fast recovery του TCP. Για να αναλύσουμε την επίδραση της απώλειας πακέτων και των δύο τεχνικών ελέγχου συμφόρησης θα δημιουργήσουμε δύο επιπλέον σενάρια.

1. Από το μενού **Scenarios** επιλέξτε **Duplicate Scenario** και δώστε του το όνομα **Drop_No_Fast** ⇒ Πατήστε **OK**.
2. Στο νέο σενάριο κάντε δεξί κλικ στο **IP Cloud** ⇒ **Edit Attributes** ⇒ **Performance Metrics**, θέστε την τιμή **0.2** στην ιδιότητα **Packet Discard Ratio**.
3. Πατήστε **OK** και σώστε το project.
4. Τρέξτε την προσομοίωση (**Run**). Όταν ολοκληρωθεί πατήστε **Close** και σώστε το project

5. Καθώς είστε στο σενάριο **Drop_No_Fast**, από το μενού **Scenarios** επιλέξτε **Duplicate Scenario** και δώστε του το όνομα **Drop_Fast**.
6. Στο νέο αυτό σενάριο κάντε δεξί κλικ στον **Server_UK** που βρίσκεται μέσα στο υποδίκτυο **UK** ⇒ **Edit Attributes** ⇒ Επεκτείνετε την ιεραρχία **TCP**

Parameters ⇒ θέστε το **Flavor** σε **Reno**. Επίσης θέστε στην παράμετρο **Duplicate ACK Threshold** την τιμή **3**.

7. Πατήστε **OK** και σώστε τη δουλειά σας.

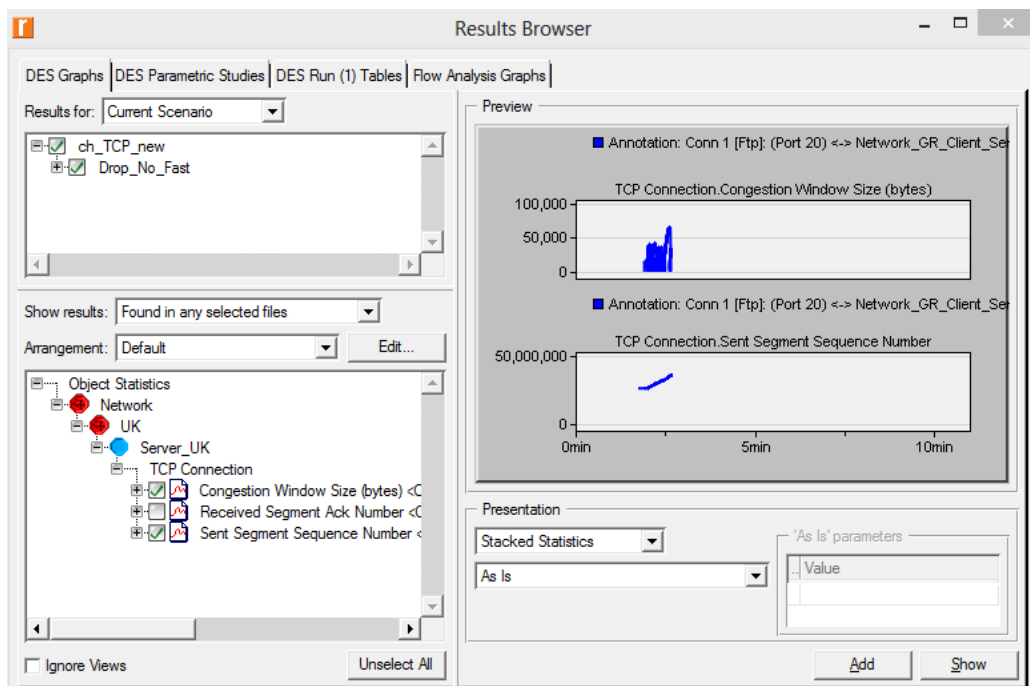
8. Τρέξτε την προσομοίωση (**Run**). Όταν ολοκληρωθεί πατήστε **Close** και σώστε το project

Σημείωση: Οι διαφορετικές γεύσεις (*flavors*) του TCP είναι στην ουσία διαφορετικές υλοποιήσεις του πρωτοκόλλου, με παραλλαγές στους διάφορους αλγόριθμους του. Συγκεκριμένα, η γεύση *Tahoe* υλοποιεί τον αλγόριθμο *Fast Retransmit* αλλά όχι τον αλγόριθμο *Fast Recovery*. Κατά τη ρύθμιση του *server_UK* στο πρώτο σενάριο, κάναμε το *Tahoe* να συμπεριφέρεται σαν να μην έχει ενεργοποιημένο ούτε το *Fast Retransmit*. Αυτό το πετύχαμε θέτοντας ως όριο για την ενεργοποίηση του αλγόριθμου τα 100 διπλότυπα πακέτα επιβεβαίωσης (*ACK*). Στο σενάριο *Drop_Fast* διορθώνουμε αυτή την παρέμβαση, θέτοντας ταυτόχρονα ως επιλογή γεύσης την έκδοση *Reno*. Αυτή έχει ενεργοποιημένους εγγενώς τόσο τον αλγόριθμο *Fast Retransmit*, όσο και τον *Fast Recovery*.

Δείτε τα αποτελέσματα

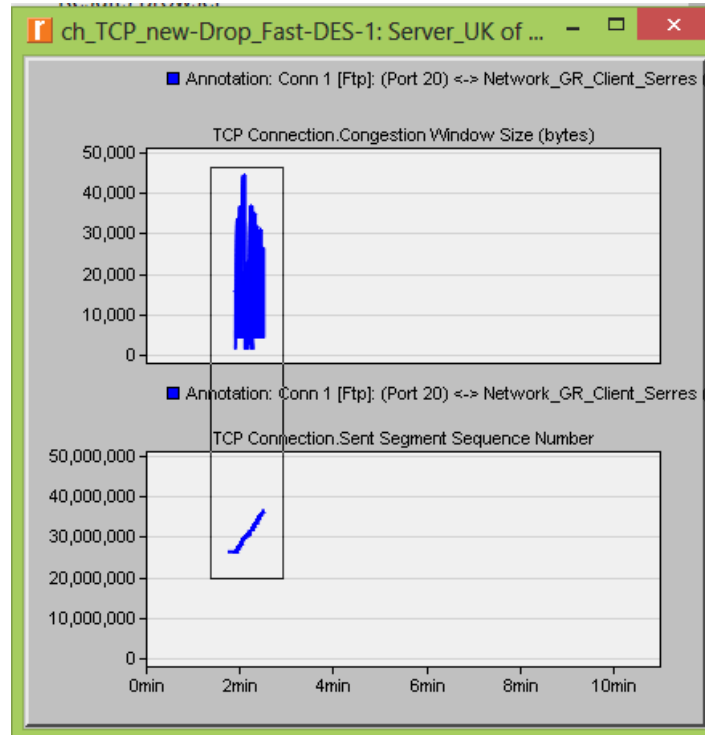
Για να δείτε και να αναλύσετε τα αποτελέσματα:

1. Πηγαίνετε στο σενάριο **Drop_No_Fast** και από το μενού **Results** επιλέξτε **Compare Results**.



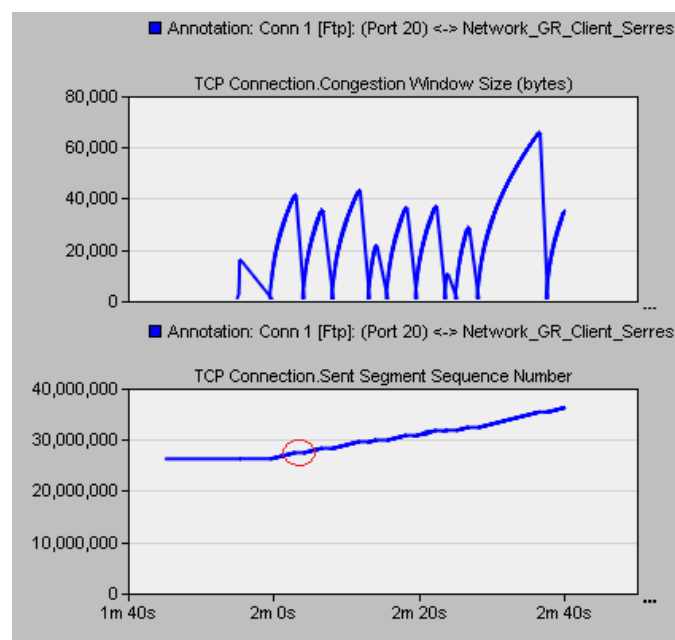
2. Επεκτείνετε πλήρως την ιεραρχία Object Statistics και επιλέξτε τα δύο στατιστικά: **Congestion Window Size (bytes)** και **Sent Segment Sequence Number**.

3. Πατήστε **Show**. Το γράφημα που θα προκύψει πρέπει να μοιάζει με αυτό που φαίνεται παρακάτω



4. Για να κάνετε ζουμ στις λεπτομέρειες του γραφήματος επιλέξτε την περιοχή με το ποντίκι.

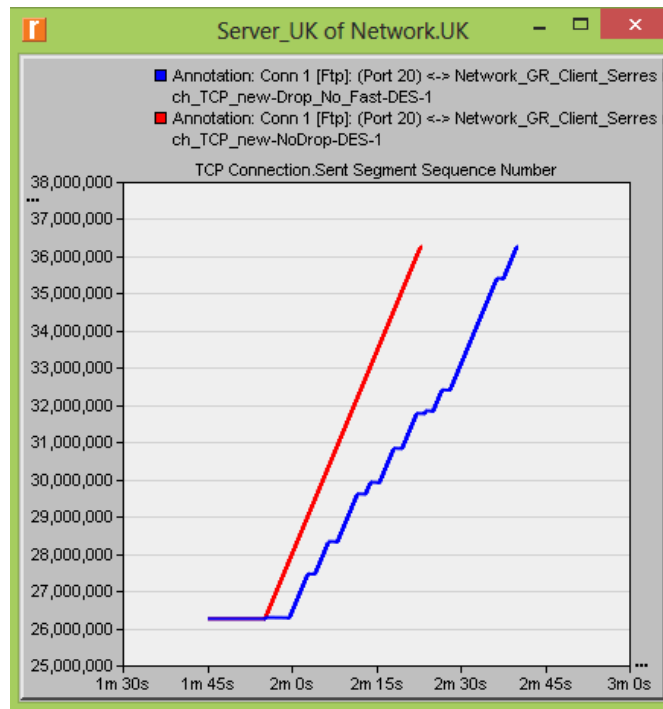
5. Το γράφημα πρέπει να ξαναγίνει και να μοιάζει με το επόμενο.



6. Παρατηρείστε ότι το **Segment Sequence Number** είναι σχεδόν επίπεδο κάθε φορά που υπάρχει μείωση στο μέγεθος του παραθύρου συμφόρησης.

7. Κλείστε το πλαίσιο διαλόγου *View Results* κι από το μενού **Results** επιλέξτε **Compare Results**.

8. Επεκτείνετε πλήρως την ιεραρχία **Object Statistics** κι επιλέξτε το στατιστικό: **Sent Segment Sequence Number**.



9. Πατήστε **Show**. Αφού μεγεθύνετε το γράφημα θα πρέπει να μοιάζει με το προηγούμενο.

Ερωτήσεις

- 1) Γιατί το στατιστικό **Segment Sequence Number** παραμένει αμετάβλητο σε κάθε πτώση του μεγέθους του παραθύρου;
- 2) Αναλύστε το γράφημα που συγκρίνει τους αριθμούς ακολουθίας **Segment Sequence** και για τα τρία σενάρια. Γιατί το σενάριο **Drop_No_Fast** έχει πιο αργή αύξηση στους αριθμούς ακολουθίας;
- 3) Στο σενάριο **Drop_No_Fast** φτιάξτε το γράφημα που συγκρίνει το **Sent Segment Sequence Number** με το **Received Segment ACK Number** του **Server_UK**. Ερμηνεύστε το γράφημα.

Βοήθεια: Βεβαιωθείτε ότι ορίσατε την τιμή **all values** στο **Capture Mode** για το στατιστικό **Received Segment ACK Number**.

4) Δημιουργήστε ένα σενάριο ως αντίγραφο του σεναρίου **Drop_Fast**. Ονομάστε το νέο σενάριο **Q4_Drop_Fast_Buffer**. Στο νέο σενάριο αλλάξτε την τιμή της ιδιότητας **Receiver Buffer (bytes)** (είναι μια από τις παραμέτρους του TCP) του κόμβου **Client_Serres** στην τιμή 65535. Δημιουργείστε ένα γράφημα που δείχνει πως επηρεάζεται το **Congestion Window Size (bytes)** του **Server_UK** από την αύξηση του buffer στον δέκτη (συγκρίνετε το μέγεθος του παραθύρου από το σενάριο **Drop_Fast** με το αντίστοιχο γράφημα από το νέο σενάριο **Q4_Drop_Fast_Buffer**).

5) Δημιουργήστε ένα νέο αντίγραφο του σεναρίου **Drop_Fast** και ονομάστε το **Drop_Fast_NewReno**. Αλλάξτε μόνο το **Flavor** στο **TCP Parameters** του **Server_UK**, θέτοντας την τιμή **New Reno**. Εκτελέστε την προσομοίωση και συγκρίνετε το **Sent Segment Sequence Number** με εκείνο του **Drop_Fast**.

Αναφορά εργαστηρίου

Προετοιμάστε μια εργαστηριακή αναφορά σύμφωνα με τις προδιαγραφές και απαιτήσεις που περιγράφονται στην 1^η Άσκηση του Εργαστηρίου. Απαντήστε σε όλες τις ερωτήσεις και παρουσιάστε τα διαγράμματα που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις σας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα και συγκρίνετέ τα με αυτό που περιμένατε ή αυτό που θα έπρεπε να συμβαίνει θεωρητικά. Σχολιάστε δυσκολίες, προβλήματα ή ανωμαλίες κατά την εκτέλεση των προσομοιώσεων.