



## 8ο Εργαστήριο

### Χρόνοι Μετάδοσης και Διάδοσης

#### Στόχος

Ο στόχος του εργαστηρίου είναι η εξοικείωση με τις βασικές ποσοτικές μετρικές απόδοσης μίας επικοινωνιακής ζεύξης. Συγκεκριμένα θα μελετηθούν σε μία απλή επικοινωνιακή διάταξη σημείου-προς-σημείο τα ακόλουθα ποσοτικά χαρακτηριστικά:

- Καθυστέρηση μετάδοσης (transmission delay)
- Καθυστέρηση διάδοσης (propagation delay)

Ο χρόνος διάδοσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να διαδοθεί/ταξιδέψει/μεταφερθεί το ηλεκτρομαγνητικό ή οπτικό σήμα στο μέσο μετάδοσης στον προορισμό. Πρακτικά ταυτίζεται με το χρόνο που περνάει από τη στιγμή που στέλνεται το πρώτο bit από την πηγή στο μέσο μετάδοσης μέχρι τη στιγμή που το πρώτο bit (ενός πλαισίου) καταφθάνει στον προορισμό. Ο χρόνος διάδοσης δεν έχει σημαντικές διαφορές από μέσο σε μέσο και αγγίζει περίπου τα 5ns/m, δηλαδή  $u=200.000.000$  m/s. Ως εκ τούτου, ο χρόνος διάδοσης  $T_{\text{διάδοσης}}$  εξαρτάται αποκλειστικά από την απόσταση  $S$  του αποστολέα και του παραλήπτη:

$$T_{\text{διάδοσης}} = \frac{S}{u}$$

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη η απόσταση, τόσο μεγαλύτερος και ο χρόνος διάδοσης. Η επίδραση του χρόνου διάδοσης στις τηλεπικοινωνίες γίνεται ιδιαίτερη αισθητή για μεγάλες αποστάσεις, πχ επικοινωνία Ελλάδας-Αυστραλίας ή επικοινωνία μέσω δορυφόρου.

Ο χρόνος μετάδοσης είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο πομπός για να εισάγει την πληροφορία (ενός πλαισίου) στο μέσο μετάδοσης. Πρακτικά ταυτίζεται με το χρόνο που περνάει από τη στιγμή που ο πομπός διαμορφώνει και εισάγει στο μέσο μετάδοσης το πρώτο bit μέχρι τη στιγμή που διαμορφώνει και εισάγει στο μέσο μετάδοσης το τελευταίο bit. Για παράδειγμα σε μία ζεύξη που υποστηρίζει ρυθμό μετάδοσης 64 Kbps ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταδοθούν τα 64000 bits είναι 1 sec. Ο χρόνος μετάδοσης  $T_{\text{μετάδοσης}}$  εξαρτάται από το μέγεθος  $L$  της πληροφορίας (πακέτου) που στέλνουμε και από τη χωρητικότητα  $C$  της ζεύξης μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$T_{\text{μετάδοσης}} = \frac{L}{C}$$

Για να μειώσουμε το χρόνο μετάδοσης, θα πρέπει είτε να αυξήσουμε τη χωρητικότητα της ζεύξης μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη (πχ αύξηση της χωρητικότητας της ADSL σύνδεσης, αντικατάσταση συνεστραμμένου καλωδίου από ομοαξονικό ή οπτική ίνα) είτε να μειώσουμε το μέγεθος της πληροφορίας προς αποστολή (πχ συμπίεση αρχείου, χρησιμοποίηση διαφορετικού format για τις φωτογραφίες, χρήση encode με μεγαλύτερη συμπίεση για το βίντεο).

## Παράδειγμα

Πόσος χρόνος χρειάζεται για την αποστολή μίας φωτογραφίας μεγέθους 8000 Bytes μέσω ζεύξης 10Mbps από τη Θεσσαλονίκη στο Βερολίνο (απόσταση 2000km);

Ο χρόνος αποστολής είναι:

$$T_{\text{αποστολής}} = T_{\text{διάδοσης}} + T_{\text{μετάδοσης}} = \frac{S}{u} + \frac{L}{C}$$

$$T_{\text{THESSALONIKI\_BERLIN}} = \frac{2\,000\,000\,m}{200\,000\,000\,m/s} + \frac{8 \cdot 8 \cdot 10^3\,bits}{10 \cdot 10^6\,bits/s} = 0,01\,s + 0,0064s = 0,0164s$$

Στην ιστοσελίδα:

[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kurose\\_network\\_2/applets/transmission/delay.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/transmission/delay.html)

μπορείτε να δείτε μία γραφική αναπαράσταση των δύο επικοινωνιακών ποσοτικών χαρακτηριστικών.

## Διαδικασία

### 1. Δημιουργία/Σχεδίαση επικοινωνιακής διάταξης

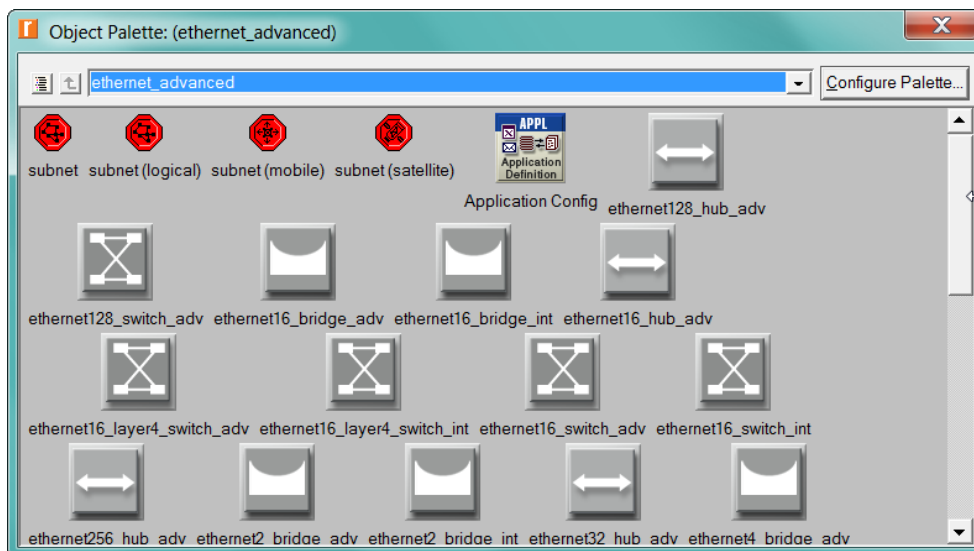
- Ανοίξτε το 'Riverbed Modeler Academic Edition' → Επιλέξτε New από το μενού File.
- Επιλέξτε Project και πατήστε OK → Ονομάστε το project <τα αρχικά σας (στα αγγλικά)>\_delays (π.χ. dp\_delays αν το ονοματεπώνυμο σας είναι Δημήτρης Παπαδόπουλος). Ονομάστε το σενάριο Tran\_Prop και πατήστε OK.
- Εισάγετε τις τιμές που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα στα πεδία των πλαισίων Διαλόγου του StartUp Wizard.

Πλαίσιο διαλόγου	Τιμή
1. Initial Topology	Επιλέξτε default value: <b>Create Empty Scenario</b>
2. Choose Network Scale	Επιλέξτε <b>Enterprise</b> και μετά επιλέξτε <b>Specify Size</b>
3. Specify Size	Επιλέξτε τις τιμές: <b>X span : 200 Km</b> και <b>Y span : 200 Km</b>
4. Select Technologies	Χωρίς να προσθαφαιρέσετε τίποτα επιλέξτε Next
5. Review	Ελέγξτε τις επιλεγείσες τιμές και πατήστε <b>Finish</b> .

### 2. Δημιουργία της διάταξης

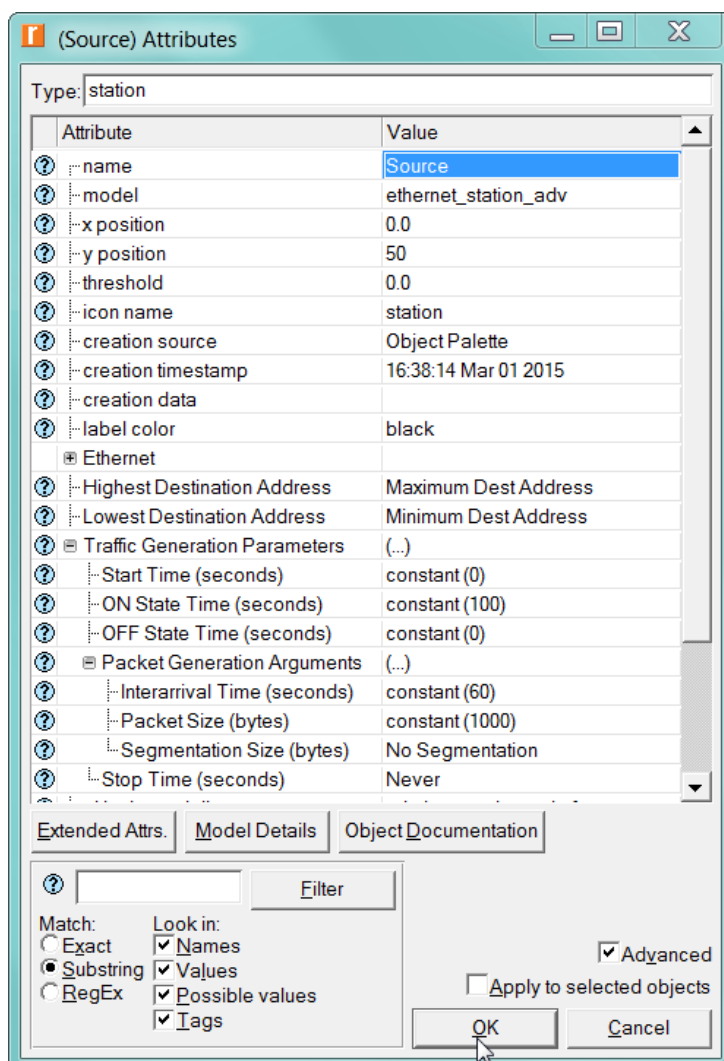
Αρχικά, δημιουργήστε μία απλή ενσύρματη σύνδεση επικοινωνίας σημείου-προς-σημείο (point-to-point). Για να γίνει αυτό ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα:

- Αν δεν είναι ανοικτή ανοίξτε την παλέτα αντικειμένων (Object Palette).
- Στην παλέτα αντικειμένων ανοίξτε την λίστα των διαθέσιμων ομάδων αντικειμένων και επιλέξτε την ομάδα ethernet\_advanced.



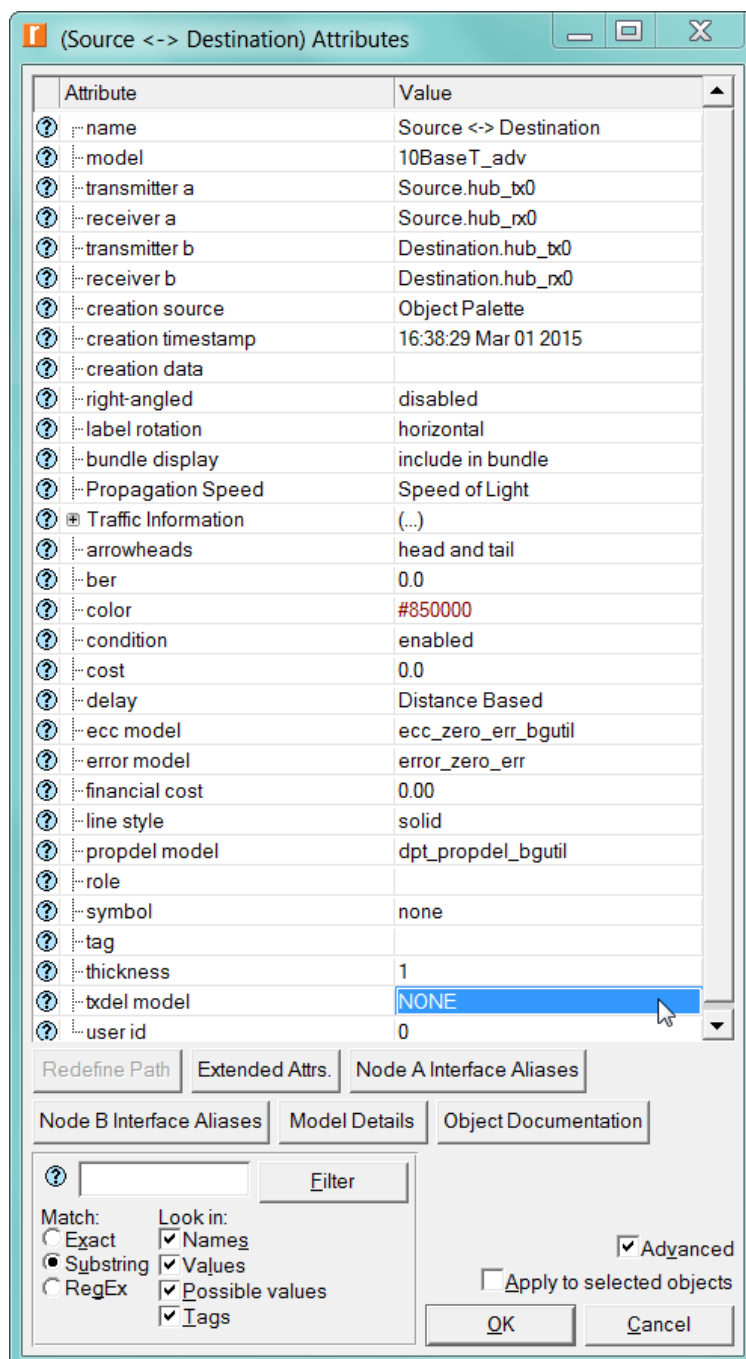
- Από τα διαθέσιμα αντικείμενα επιλέξτε ethernet\_advanced σταθμό (ethernet\_station\_adv).
- Προσθέστε δύο σταθμούς στον χώρο εργασίας ώστε να απέχουν 50 χιλιόμετρα και συνδέστε τους με ένα καλώδιο 10BaseT\_adv.
- Μετονομάστε τους σταθμούς (δεξί κλικ → Set Name) σε Source (αυτόν που βρίσκεται στα αριστερά) και Destination (αυτόν που βρίσκεται στα δεξιά).

Στη συνέχεια θα θέσετε παραγωγή κίνησης στον σταθμό Source. Τα χαρακτηριστικά της κίνησης φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Στον σταθμό Destination απενεργοποιήστε την παραγωγή κίνησης (μετατρέψτε τον σε απλό παραλήπτη).

Επιλέξτε τις προηγμένες ιδιότητες του καλωδίου (τσεκάροντας το Advanced). Στο πεδίο **propagation speed** (ταχύτητα διάδοσης) επιλέξτε **speed of light** (ταχύτητα του φωτός) αφού μελετήσετε την βοήθεια για αυτό το πεδίο. Επίσης, στο πεδίο **txdel model** επιλέξτε **NONE**. Με αυτόν τον τρόπο απενεργοποιείται η καθυστέρηση μετάδοσης. Σχηματικά η καρτέλα θα πρέπει να είναι ως εξής:



Πατήστε OK.

### 3. Επιλογή μετρικών και μελέτη της καθυστέρησης διάδοσης

Επιλέξτε να μελετήσετε την καθυστέρηση σε δευτερόλεπτα στον σταθμό Destination. Για να γίνει αυτό επιλέξτε τον κόμβο Destination → δεξί κλικ → Choose Individual DES Statistics → delay

(sec). Αποθηκεύστε το project και προχωρήστε το επόμενο βήμα που είναι η εκτέλεση της προσομοίωσης.

## 4. Εκτέλεση της προσομοίωσης

Για να εκτελέσετε την προσομοίωση επιλέξτε από το κεντρικό μενού **DES > Configure/Run Discrete Event Simulation....**

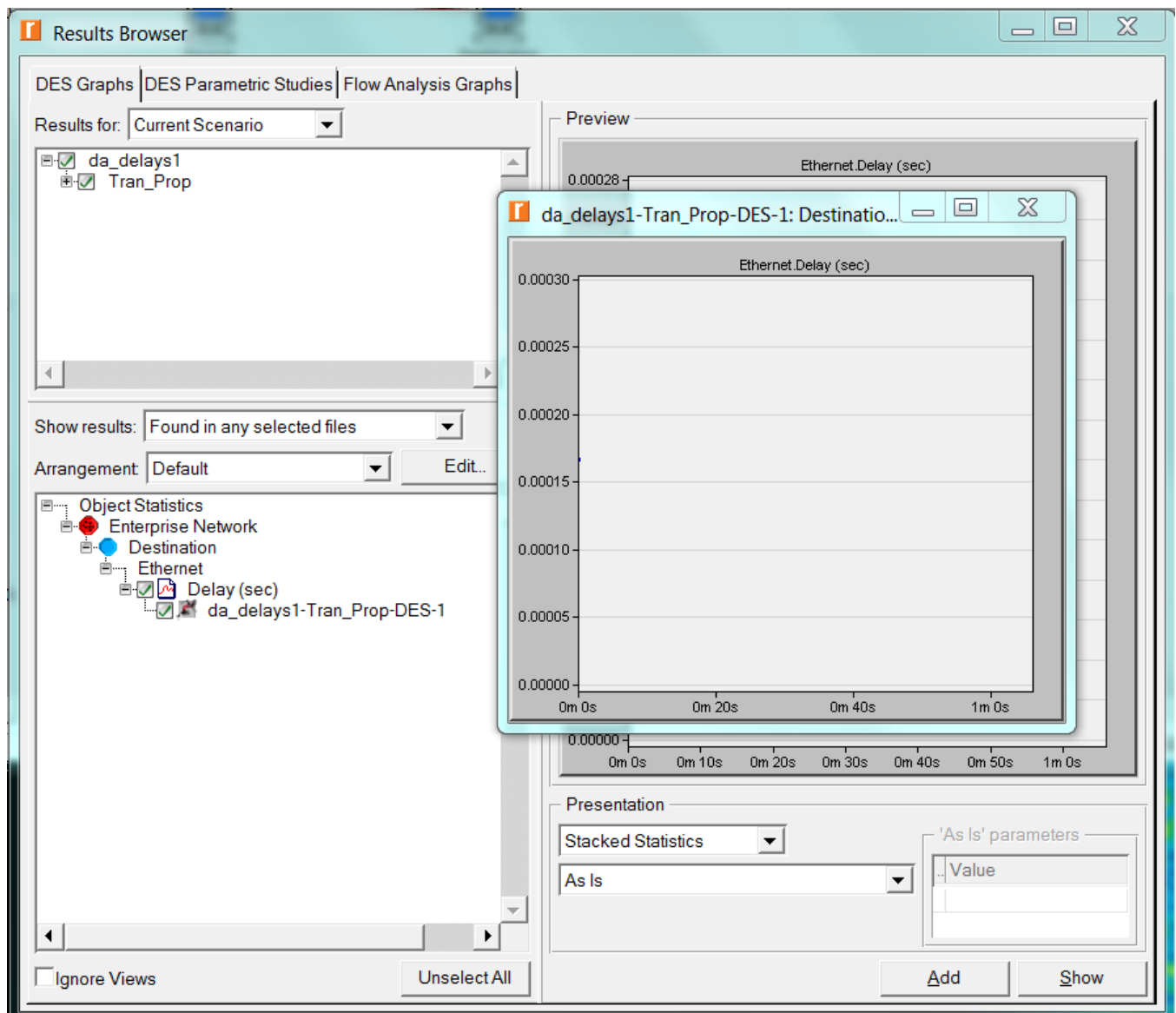
Εναλλακτικά, μπορείτε να πατήσετε το κουμπί **Configure/Run Discrete Event Simulation (DES)**.

Επιλέξτε 1 λεπτό προσομοίωσης και επιλέξτε Run για την εκκίνησή της.

Με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης επιλέξτε close για να κλείσει το παράθυρο διαλόγου.

## 5. Επισκόπηση και ανάλυση των αποτελεσμάτων

Η γραφική παράσταση της απόδοσης για το ένα πακέτο που αποστάλθηκε θα πρέπει να έχει ως εξής:



Για να μελετήσετε τις ακριβείς τιμές των γραφημάτων επιλέξτε πάνω στο γράφημα δεξί κλικ → Export Graph Data to Spreadsheet.

Επιβεβαιώστε υπολογιστικά το αποτέλεσμα της προσομοίωσης.

## 6. Μελέτη της καθυστέρησης μετάδοσης

Διαγράψτε το καλώδιο και αντικαταστήστε το με ένα άλλο ίδιο (10BaseT\_adv). Ανοίξτε την καρτέλα των προηγμένων ιδιοτήτων του καλωδίου και προχωρήστε στις αλλαγές που εικονίζονται παρακάτω:

(Source <-> Destination) Attributes

Attribute	Value
name	Source <-> Destination
model	10BaseT_adv
transmitter a	Source.hub_tx0
receiver a	Source.hub_rx0
transmitter b	Destination.hub_tx0
receiver b	Destination.hub_rx0
creation source	Object Palette
creation timestamp	17:05:44 Mar 01 2015
creation data	
right-angled	disabled
label rotation	horizontal
bundle display	include in bundle
Propagation Speed	Speed of Light
Traffic Information	None
arrowheads	head and tail
ber	0.0
color	#850000
condition	enabled
cost	0.0
delay	Distance Based
ecc model	ecc_zero_err_bgutil
error model	error_zero_err
financial cost	0.00
line style	solid
propdel model	NONE
role	
symbol	none
tag	
thickness	1
txdel model	eth_hub_txdel_bgutil
user id	0

Redefine Path | Extended Attrs. | Node A Interface Aliases

Node B Interface Aliases | Model Details | Object Documentation

Filter

Match: ☐ Exact ☒ Substring ☐ RegEx

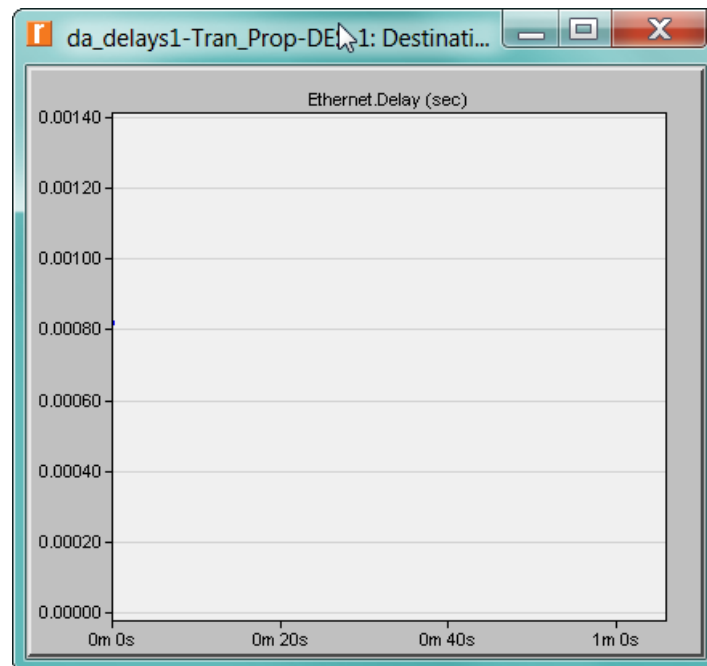
Look in: ☒ Names ☒ Values ☒ Possible values ☒ Tags

☒ Advanced

☐ Apply to selected objects

OK Cancel

Παρατηρήστε ότι θέτουμε την ιδιότητα **propdel model** ίση με **NONE**, που σημαίνει ότι απενεργοποιείται η καθυστέρηση διάδοσης. Επαναλάβετε την προσομοίωση για τον ίδιο χρόνο. Τα αποτελέσματα θα πρέπει να είναι τα παρακάτω:



Επιβεβαιώστε υπολογιστικά το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Παρατηρήστε ότι το αποτέλεσμα της προσομοίωσης είναι ελαφρώς αυξημένο σε σχέση με το αναμενόμενο θεωρητικό αποτέλεσμα. Αυτό οφείλεται στην προσθήκη (από το **Riverbed Modeler**) πληροφοριών ελέγχου στα δεδομένα που αποστέλλονται.

## 2<sup>η</sup> Εργασία Riverbed

Για την δεύτερη εργασία Riverbed, στείλτε μέσω e-mail τις απαντήσεις στα παρακάτω τέσσερα ερωτήματα. **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Ο τίτλος του e-mail πρέπει να έχει ακριβώς την παρακάτω μορφή, ειδάλλως η εργασία σας θα απορριφθεί αυτόματα:

### Riverbed 2 - {Αριθμός Μητρώου} - {Κωδικός Εργαστηρίου}

όπου {Αριθμός Μητρώου} ο ακέραιος αριθμός μητρώου χωρίς σύμβολα και γράμματα και {Κωδικός Εργαστηρίου} το εργαστήριο το οποίο παρακολουθείτε π.χ. e1, e2, ... e10.

**R2.1 Ερώτημα 1:** Καταγράψτε τον τρόπο που επιβεβαιώσατε υπολογιστικά την μέτρηση της καθυστέρησης διάδοσης.

#### R2.2 Ερώτημα 2:

- a) Καταγράψτε τον τρόπο που επιβεβαιώσατε υπολογιστικά την μέτρηση της καθυστέρησης μετάδοσης.
- b) Ποιος είναι ο θεωρητικός ρυθμός μετάδοσης του μέσου;
- c) Με βάση τα αποτελέσματα, υπολογίστε το μέγεθος της πληροφορίας ελέγχου.

**R2.3 Ερώτημα 3:** Αυξήστε την απόσταση των σταθμών σε 100 χιλιόμετρα και αντικαταστήστε το καλώδιο 10BaseT\_adv με ένα καλώδιο τύπου 100BaseT\_adv. Υπολογίστε και καταγράψτε την καθυστέρηση διάδοσης και μετάδοσης (να θέσετε στις ιδιότητες του καλωδίου την τιμή του propagation speed ίση με την ταχύτητα του φωτός). Επιβεβαιώστε τις θεωρητικές τιμές με τον προσομοιωτή. Ποια είναι η συνολική καθυστέρηση του πακέτου αποστολής (υπολογιστικά και με τον προσομοιωτή);

**R2.4 Ερώτημα 4:** Με τα δεδομένα της προηγούμενης ερώτησης να υπολογίσετε πόσα bits βρίσκονται στο μέσο μετάδοσης τη στιγμή που το πρώτο bit καταφθάνει στον παραλήπτη.