

# Συμβολή του Cisco Packet Tracer στη διδασκαλία του μαθήματος Δίκτυα Υπολογιστών II των Επαγγελματικών Λυκείων

Νικόλαος Κοντονάσιος  
nkontonats@sch.gr  
Υπεύθυνος Τομέα Πληροφορικής 1<sup>ου</sup> ΣΕΚ Βόλου

## Περίληψη

Στο μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών II» που διδάσκεται στον Τομέα Πληροφορικής των Επαγγελματικών Λυκείων αναφέρονται συσκευές, έννοιες και τεχνικές, πολλές φορές δυσνόητες και με όχι ξεκάθαρους ρόλους, οι οποίες χρησιμοποιούνται στα δίκτυα υπολογιστών. Πολλές από αυτές (ενδεικτικά αναφέρουμε: διεύθυνση IP, διεύθυνση Ethernet, δρομολογητής, υποδίκτυο) μπορούν να γίνουν ευκολότερα κατανοητές με τη χρήση του προγράμματος Cisco Packet Tracer, ενός προγράμματος που προσομοιάνει με μεγάλη ακρίβεια τα προϊόντα της Cisco, και είναι διαθέσιμο τόσο για Windows όσο και για Linux. Η χρήση του για τους προαναφερθέντες στόχους δεν απαιτεί ειδικές γνώσεις πέρα από τις διδασκόμενες, και μπορεί να γίνει στα πλαίσια του εργαστηρίου του συγκεκριμένου μαθήματος.

Λέξεις κλειδιά: Δίκτυα Υπολογιστών II, εργαστήριο, Cisco Packet Tracer, Επαγγελματικά Λύκεια

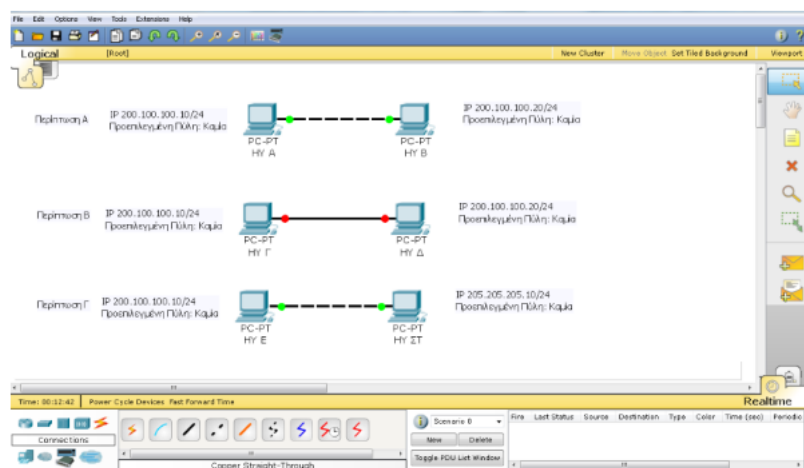
## Εισαγωγή

Ο στόχος της εργασίας αυτής είναι να καταδείξει ότι η διδασκαλία εννοιών κατ' εξοχήν εργαστηριακών όπως είναι αυτές που διδάσκονται στο μάθημα «Δίκτυα Υπολογιστών II» των Επαγγελματικών Λυκείων (ΕΠΑ.Λ.) μπορεί να βοηθηθεί σημαντικά από τη χρήση του Cisco Packet Tracer (CPT), ενός προσομοιωτή δικτύων της Cisco, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα να προσομοιωθούν πραγματικές δικτυακές συσκευές αλλά και υπολογιστές σε σχεδόν πραγματικές συνθήκες. Στο επίπεδο που μας απασχολεί για τη διδασκαλία του μαθήματος, δεν είναι αναγκαίες οι γνώσεις χρήσης του Command Line Interface (CLI) των συσκευών αυτών. Μας αρκούν οι δυνατότητες που μας δίνει το γραφικό περιβάλλον που παρέχει το πρόγραμμα, μια και ο διδακτικός στόχος δεν είναι η εκμάθηση προγραμματισμού των συγκεκριμένων δικτυακών συσκευών αλλά η καλύτερη κατανόηση εννοιών των δικτύων. Θα αναφέρουμε συγκεκριμένα παραδείγματα και συγκεκριμένες έννοιες, των οποίων η διδασκαλία μπορεί να συμπληρωθεί εργαστηριακά με το CPT.

## Παραδείγματα Χρήσης του Cisco Packet Tracer (CPT)

### *Παράδειγμα 1 – Απειθείας σύνδεση δύο ΗΥ (Σχήμα 1)*

Στην παράδειγμα αυτό συνδέουμε δύο Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (ΗΥ) χωρίς τη χρήση switch. Αρκεί ένα καλώδιο από τη κάρτα δικτύου του ενός στην κάρτα δικτύου του άλλου. Ένα πολύ απλό παράδειγμα, το οποίο όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εμπέδωση αρκετών εννοιών.



Σχήμα 1 – Απευθείας σύνδεση δύο ΗΥ με χρήση καλωδίου.

#### Περίπτωση Α

Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ο σωστός τύπος καλωδίου (crossover) και οι ΗΥ ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο, ως εκ τούτου δεν χρειάζεται η προεπιλεγμένη πύλη. Μπορούμε να κάνουμε ring από τον ένα ΗΥ στον άλλο.

#### Περίπτωση Β

Σ' αυτή την περίπτωση δεν χρησιμοποιείται ο σωστός τύπος καλωδίου, αλλά χρησιμοποιείται καλώδιο straight-through. Από την εικόνα και μόνο του CPT καταλαβαίνουμε ότι κάτι δεν πάει καλά, μια και τα κυκλάκια στα καλώδια είναι κόκκινα. Δεν μπορούμε να κάνουμε ring από τον ένα ΗΥ στον άλλο, παρά το ότι οι ΗΥ ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο. Μπορούμε έτσι να συζητήσουμε για τα επίπεδα του μοντέλου Open Systems Interconnection (OSI) και να εξηγήσουμε ότι αν και στο επίπεδο 3 δεν υπάρχει πρόβλημα, υπάρχει πρόβλημα στα επίπεδα 2 λόγω του λάθους καλωδίου.

#### Περίπτωση Γ

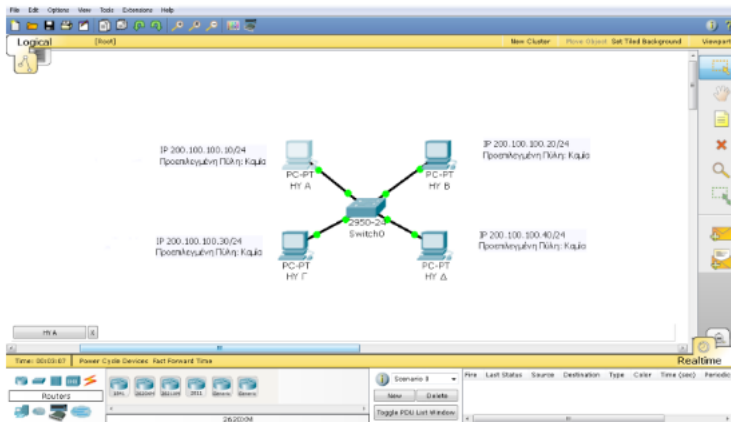
Σ' αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ο σωστός τύπος καλωδίου, αλλά οι ΗΥ δεν ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο. Δεν μπορούμε να κάνουμε ring από τον ένα ΗΥ στον άλλο, αν και τα κυκλάκια στα καλώδια είναι πράσινα. Μπορούμε και πάλι να χρησιμοποιήσουμε αυτό το παράδειγμα για να αναφερθούμε στα επίπεδα του OSI και να εξηγήσουμε ότι αν και στα επίπεδα 1 και 2 δεν υπάρχει πρόβλημα, υπάρχει πρόβλημα στα επίπεδα 3 επειδή οι ΗΥ δεν ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο. Οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν στην πράξη με διευθύνσεις Internet Protocol (IP) και μάσκες, προσπαθώντας να βάλουν τους ΗΥ στο ίδιο υποδίκτυο.

Στα πλαίσια της άσκησης αυτής μπορούμε να εισάγουμε την έννοια της προεπιλεγμένης πύλης, εξηγώντας ότι όταν ένας ΗΥ πρέπει να επικοινωνήσει με ΗΥ άλλου υποδικτύου, θα απευθυνθεί στην προεπιλεγμένη του πύλη, ανοίγοντας τον δρόμο για επόμενες ασκήσεις. Επίσης μπορούμε να ανοίξουμε και ένα άλλο θέμα που συχνά μπερδεύει τους μαθητές, τις κλάσεις και τις μάσκες. Όταν εισάγουν IP διεύθυνση σε κάποιο ΗΥ θα παρατηρήσουν ότι η προτεινόμενη μάσκα είναι αυτή που αντιστοιχεί στην κλάση της εισαγόμενης IP, η οποία όμως μπορεί να αλλάξει.

#### Παράδειγμα 2 – Σύνδεση τεσσάρων ΗΥ με χρήση switch (Σχήμα 2)

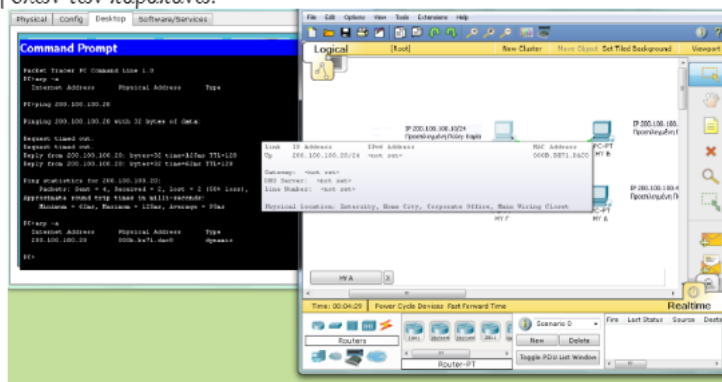
Αν θελήσουμε να συνδέσουμε περισσότερους από δύο ΗΥ καταδεικνύεται αμέσως η ανάγκη για τη χρήση ενός switch. Η σύνδεση πρέπει να γίνει με καλώδιο straight-through, αλλιώς εμφανίζονται τα

κόκκινα κυκλάκια, ενδεικτικά προβλήματος χαμηλότερα από το επίπεδο 3, όπως ακριβώς και στο Παράδειγμα 1.



Σχήμα 2 – Σύνδεση τεσσάρων ΗΥ με χρήση switch.

Δίνοντας και πάλι διευθύνσεις IP και μάσκες όπως στο Σχήμα 2 και ελέγχοντας την επικοινωνία με ping, η διάταξη στο Σχήμα 2 μπορεί να αποτελέσει αφορμή για συζήτηση με τους μαθητές για διάφορα επιπλέον θέματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε την εξήγηση της έννοιας της διεύθυνσης Ethernet και του πρωτοκόλλου Address Resolution Protocol (ARP). Αλλά δείχνοντας πάνω σ' ένα ΗΥ μπορούμε να δούμε την διεύθυνση Ethernet που έχει, η οποία αναφέρεται σαν MAC address. Αφού θυμίσουμε τι είναι ακριβώς αυτή η διεύθυνση και τι το πρωτόκολλο ARP πηγαίνουμε στη γραμμή εντολών ενός ΗΥ και δίνουμε την εντολή arp -a. Θα δούμε ότι ο ΗΥ δε γνωρίζει καμία αντιστοίχιση διεύθυνσης IP-Ethernet. Αυτό συμβαίνει γιατί στην προσομοίωση αυτή δεν έχει γίνει ακόμα καμία δικτυακή επικοινωνία. Στη συνέχεια κάνουμε ping σε κάποιον άλλο ΗΥ. Θα δούμε ότι για το πρώτο ή και για το δεύτερο από τα τέσσερα πακέτα δεν λαμβάνουμε απάντηση, ενώ για τα υπόλοιπα παίρνουμε κανονικά απαντήσεις. Μια πολύ καλή ευκαιρία να αναφέρουμε ότι το πρώτο ping απέτυχε επειδή ο ΗΥ αποστολέας καθυστέρησε μέχρι να μάθει την διεύθυνση Ethernet του παραλήπτη και έληξε ο χρόνος μέσα στον οποίο έπρεπε να λάβουμε την απάντηση στο ping (Cisco Networking Academy, CCNA Discovery 4.1.3 Working at a Small to Medium Business or ISP Student Packet Tracer Lab Manual). Αν στη συνέχεια δώσουμε arp -a στον ΗΥ αποστολέα, βλέπουμε ότι έχει μάθει σε ποια διεύθυνση Ethernet αντιστοιχεί η διεύθυνση IP του ΗΥ παραλήπτη. Στο Σχήμα 3 βλέπουμε μία απεικόνιση όλων των παραπάνω.

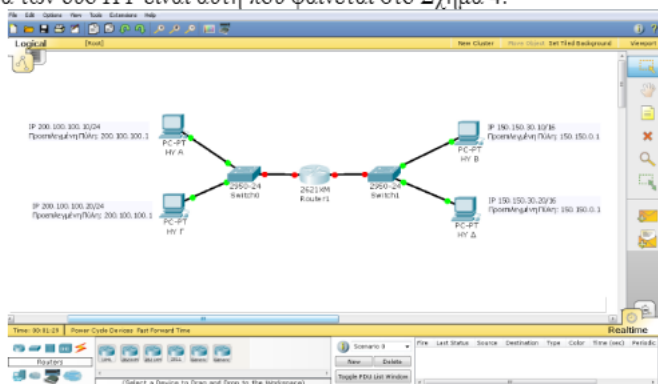


Σχήμα 3 – Αποτυχημένο και πετυχημένο ping. Πρωτόκολλο Arp.

Αξίζει εδώ να σημειώσουμε ότι ανάλογο παράδειγμα υλοποιημένο με τους HY του σχολικού εργαστηρίου δε θα είχε την ίδια ευκολία στην υλοποίηση, αλλά και δε θα βλέπαμε τόσο απλά αποτελέσματα (αρχικά ο HY αποστολέας δεν ξέρει καμία Ethernet διεύθυνση και μετά το ping ξέρει μία, αυτή του HY παραλήπτη) γιατί στο σχολικό εργαστήριο υπάρχει δικτυακή επικοινωνία κατά την εκκίνηση των HY με αποτέλεσμα ο κάθε HY να ξέρει αρκετές αντιστοιχίσεις διευθύνσεων IP-Ethernet αμέσως μετά την εκκίνησή του.

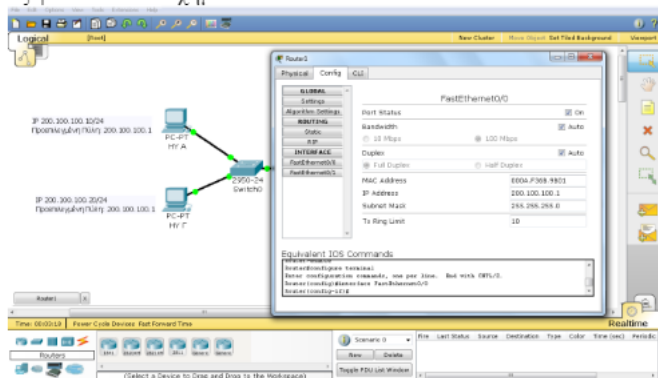
### Παράδειγμα 3 – Σύνδεση διαφορετικών υποδικτύων. Χρήση δρομολογητή.

Μετά τα δύο πρώτα παραδείγματα και τους πειραματισμούς με τις διευθύνσεις IP και τις μάσκες έχει γίνει σαφές στους μαθητές ότι μόνο με switch είναι αδύνατο να επιτευχθεί επικοινωνία ανάμεσα σε HY που ανήκουν σε διαφορετικά υποδίκτυα. Μπορούμε λοιπόν να εισάγουμε την έννοια του δρομολογητή ως συσκευής που έχει τη δυνατότητα να συνδέσει διαφορετικά υποδίκτυα. Η αρχική σχεδίαση στο CPT ενός δικτύου με ένα δρομολογητή, δύο switches και τεσσάρων HY χωρισμένων σε δύο υποδίκτυα των δύο HY είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4 – Χρήση δρομολογητή για σύνδεση διαφορετικών υποδικτύων.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, δεν έχει επιτευχθεί σύνδεση ανάμεσα στον δρομολογητή και τα switches. Για να γίνει αυτό πρέπει να ενεργοποιηθούν οι δύο θύρες του δρομολογητή και να τους δοθεί IP και μάσκα. Αυτό μπορεί και πάλι να γίνει απλά, μόνο με τη χρήση του γραφικού περιβάλλοντος, χωρίς να χρειάζεται να πάμε στο Command Line Interface (CLI) του δρομολογητή ή των switches, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.



Σχήμα 5 Ενεργοποίηση θυρών δρομολογητή.

Σε αντίθεση με τα παραδείγματα των Σχημάτων 1,2,3 εδώ προκειμένου να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ των υποδικτύων πρέπει στους ΗΥ που τα αποτελούν να οριστεί προεπιλεγμένη πύλη (default gateway). Αυτή είναι η διεύθυνση της θύρας του δρομολογητή που συνδέεται άμεσα με το υποδίκτυο. Η διεύθυνση αυτή πρέπει προφανώς να ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο.

Το παράδειγμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξηγηθεί καλύτερα η έννοια της προεπιλεγμένης πύλης, της διεύθυνσης IP που απευθύνεται ο ΗΥ όταν πρέπει να επικοινωνήσει με μια IP που δεν ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο μ' αυτόν (Κ.Αρβανίτης κ.α). Σ' αυτό μπορεί να βοηθήσει η εντολή tracert, πρώτα προς ένα ΗΥ του ίδιου και στη συνέχεια προς ένα ΗΥ του διαφορετικού υποδικτύου. Θα δούμε ότι στην πρώτη περίπτωση το πακέτο πηγαίνει απευθείας στον ΗΥ παραλήπτη ενώ στη δεύτερη περνάει από την προεπιλεγμένη του πύλη (Σχήμα 6).

```

Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>tracert 200.100.100.20

Tracing route to 200.100.100.20 over a maximum of 30 hops:
  0  37 ms  0 ms  9 ms  200.100.100.20
Tracert complete.

PC>tracert 100.100.100.1

Tracing route to 100.100.100.1 over a maximum of 30 hops:
  0  34 ms  4 ms  10 ms  100.100.100.1
  1  *  27 ms  18 ms  250.100.20.20
Tracert complete.

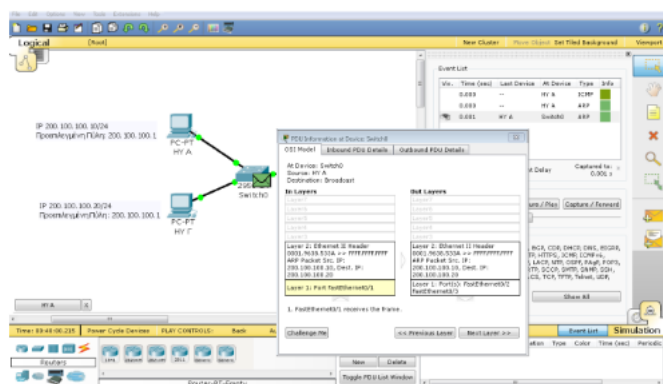
PC>
  
```

Σχήμα 6 – Χρήση της εντολής tracert για την εξήγηση της έννοιας της προεπιλεγμένης πύλης.

#### Παράδειγμα 4 – Παρακολούθηση συγκεκριμένων πακέτων

Όλα τα προαναφερθέντα γίνονται στο default mode του CPT, το Realtime. Το CPT μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε και το Simulation mode, στο οποίο μπορούμε να παρακολουθούμε τη λειτουργία του δικτύου πακέτο προς πακέτο, βήμα προς βήμα, επίπεδο προς επίπεδο (Cisco Networking Academy, Cisco Packet Tracer Data Sheet). Μπορούμε να δούμε με λεπτομέρειες τη δομή του κάθε πακέτου. Αυτό μας δίνει μεγάλες δυνατότητες στην εργαστηριακή προσέγγιση θεμάτων που είναι αδύνατον να γίνει στο σχολικό εργαστήριο. Ενδεικτικά αναφέρουμε την δομή ενός αυτοδύναμου πακέτου IP (Κ.Αρβανίτης κ.α) και την ανταλλαγή πακέτων σε μια αίτηση ARP.

Στα πλαίσια της διδασκαλίας του πρωτοκόλλου ARP του σχολικού βιβλίου, μια τέτοια εργαστηριακή άσκηση θα μπορούσε να είναι ένα ping από έναν ΗΥ προς μια IP η οποία δεν περιλαμβάνεται στον ARP πίνακα του. Θα δούμε έτσι το Internet Control Message Protocol (ICMP) πακέτο που υλοποιεί το ping να δημιουργείται, να περιμένει, το πακέτο της ARP αίτησης να δημιουργείται, να φεύγει προς την IP του παραλήπτη με διεύθυνση Ethernet παραλήπτη FF-FF-FF-FF-FF-FF, το switch να επεξεργάζεται το πακέτο και να το προωθεί σε όλους τους ΗΥ που είναι συνδεδεμένοι πάνω του, τον ΗΥ με την IP του παραλήπτη να αποδέχεται το πακέτο και όλους τους άλλους να το απορρίπτουν, να ξεκινά η ARP απάντηση και το πρώτο ICMP πακέτο να φεύγει αφού αυτή φτάσει στον ΗΥ αποστολέα και ενημερωθεί ο πίνακας ARP του. Στα υπόλοιπα τρία θα παρατηρήσουμε ότι δε θα χρειαστεί ARP αίτηση, μια και θα είναι μια γνωστή η Ethernet διεύθυνση του παραλήπτη. Στιγμιότυπο απ' όλα αυτά βλέπουμε στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7 – Παρακολούθηση πακέτων.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι θα ήταν χρήσιμη μία ανάλογη άσκηση στην οποία όμως θα κάναμε ping εκτός του υποδικτύου του HY, οπότε και θα βλέπαμε τα πακέτα στο πρώτο βήμα να περιέχουν ως IP προέλευσης την IP του αποστολέα HY, IP προορισμού την IP του παραλήπτη HY, Ethernet διεύθυνση προέλευσης την Ethernet διεύθυνση του αποστολέα HY και Ethernet διεύθυνση προορισμού την Ethernet διεύθυνση του δρομολογητή. Στο δεύτερο βήμα θα βλέπαμε ως IP προέλευσης την IP του αποστολέα HY, IP προορισμού την IP του παραλήπτη HY, Ethernet διεύθυνση προέλευσης την Ethernet διεύθυνση του δρομολογητή (στην άλλη θύρα) και Ethernet διεύθυνση προορισμού την Ethernet διεύθυνση του παραλήπτη HY (Κ.Αρβανίτης κ.α.)

## Μειονεκτήματα

Το CPT δεν είναι διαθέσιμο στα Ελληνικά. Οι έννοιες που χρησιμοποιούνται όμως είναι πολύ λίγες, στη μεγάλη τους πλειοψηφία ανήκουν στην ορολογία των δικτύων και έχουν αναφερθεί στο μάθημα.

## Σύγκριση με αντίστοιχες εφαρμογές

Αναζητώντας όσο εκτενέστερα μπορούσαμε στο Διαδίκτυο αντίστοιχες εφαρμογές βρήκαμε τις εξής:

- Λογισμικό Δικτύων, της Conceptum AE για το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων
- Network Notepad – Freeware Edition version 4.6.9, του Jason Green
- Graphical Network Simulator (GNS) 3 version 0.8.6 των Jeremy Grossman, Benjamin Marsili, Claire Goudjil, Alexey Eromenko, Xavier Alt, Romain Lamaison, Aurelien Levesque και David Ruiz
- Network Simulator, της AKMA Labs

Μετά από τη χρήση τους, θεωρούμε ότι το CPT υπερέρχει σημαντικά από όλες τις προαναφερθείσες εφαρμογές στους παρακάτω τομείς:

- Ευχρηστία. Το γραφικό περιβάλλον του CPT είναι πολύ πρακτικό και εύκολο στη χρήση.
- Ρεαλισμό προσομοίωσης. Το CPT προσομοιώνει πραγματικές συσκευές σε πραγματικές συνθήκες. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι για να βάλουμε ένα πρόσθετο εξάρτημα σε μια συσκευή, πρέπει πρώτα να την κλείσουμε.
- Βάθος προσομοίωσης. Η προσομοίωση στο CPT λίγο απέχει από την πραγματικότητα. Ενδεικτικά υπενθυμίζουμε την αποτυχία του πρώτου ping ανάμεσα σε δύο κόμβους, που έχει εξηγηθεί στο Παράδειγμα 2 (Σχήμα 3), τη δυνατότητα παρακολούθησης κίνησης στο δίκτυο πακέτο προς πακέτο, καθώς και τη δυνατότητα της σε βάθος επισκόπησης του κάθε πακέτου.

- Δυνατότητα για περαιτέρω εξάσκηση/αναζήτηση. Εκτός από το γραφικό περιβάλλον, υπάρχει και το CLI, μέσω του οποίου μπορούμε να προγραμματίσουμε τις δικτυακές συσκευές, εκμεταλλευόμενοι έτσι όλες τις δυνατότητές τους. Αυτό βέβαια ξεφεύγει από τα πλαίσια του μαθήματος, αλλά μπορεί να κινήσει το ενδιαφέρον κάποιων μαθητών για προσωπική αναζήτηση. Άλλωστε, ο προγραμματισμός πραγματικών δικτυακών συσκευών είναι μια ικανότητα που βοηθά στην επαγγελματική τους αποκατάσταση.

## Διαθεσιμότητα εφαρμογής

Το CPT διατίθεται από τους εκπαιδευτές της Cisco στους εκπαιδευόμενους της Cisco. Μπορεί να διατεθεί από τις ακαδημίες της Cisco σε σχολικές μονάδες σε κόστος που εξαρτάται από τον αριθμό των εκπαιδευομένων.

## Συμπεράσματα

Το CPT είναι ένα πρόγραμμα το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να είναι αναγκαίες ειδικές γνώσεις προγραμματισμού δικτυακών συσκευών. Απαιτεί μόνο βασικές γνώσεις δικτύων, οι οποίες διδάσκονται στο πλαίσιο του μαθήματος «Δίκτυα Υπολογιστών II». Δίνει την δυνατότητα της προσομοίωσης και της εργαστηριακής παρατήρησης σύνθετων διαδικασιών. Θεωρούμε ότι αυτό μπορεί να αποδειχτεί σημαντική συμβολή στην διδασκαλία του μαθήματος.

## Αναφορές

Κ.Αρβανίτης, Γ.Κολύβας, Σ.Ούτσιος, Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, σελ.242, 267-268, 271

Cisco Networking Academy, CCNA Discovery 4.1.3 Working at a Small to Medium Business or ISP Student Packet Tracer Lab Manual, σελ. 2

Cisco Networking Academy, Cisco Packet Tracer Data Sheet, σελ. 2