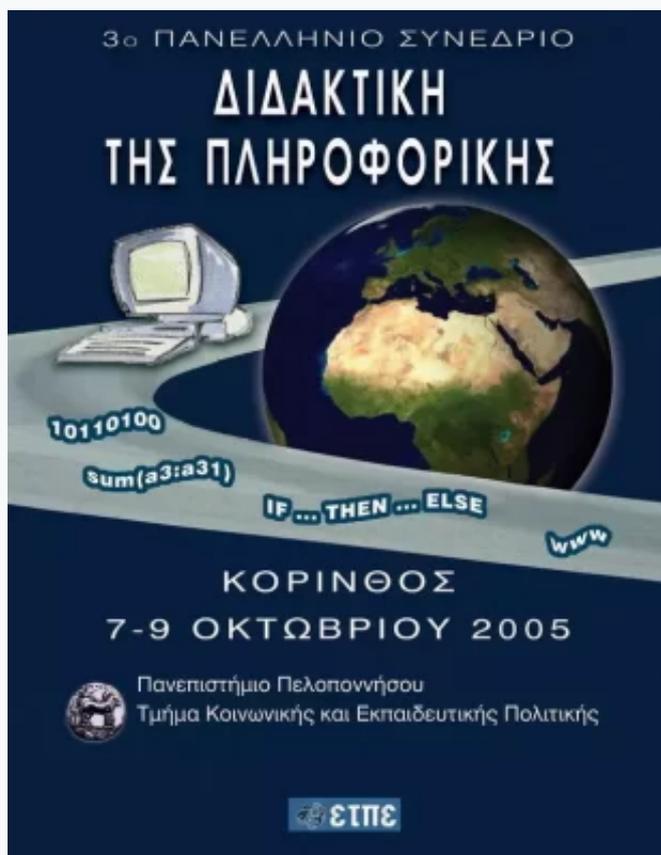


Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2005)

3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»



Χρήση Αναλογιών και Μεταφορών στη Διδασκαλία του Μαθήματος 'Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών': Μια μελέτη Περίπτωσης

Νικόλαος Αδαμόπουλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Αδαμόπουλος Ν. (2026). Χρήση Αναλογιών και Μεταφορών στη Διδασκαλία του Μαθήματος 'Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών': Μια μελέτη Περίπτωσης. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 388–393. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8729>

Χρήση Αναλογιών και Μεταφορών στη Διδασκαλία του Μαθήματος ‘Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών’: Μια μελέτη Περίπτωσης

Νικόλαος Αδαμόπουλος

1ο Τ.Ε.Ε. Πύργου

adamopou@sch.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή εξετάζεται η χρήση αναλογιών και μεταφορών στα πλαίσια της διδακτικής του μαθήματος “Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών” των Τ.Ε.Ε.. Η μελέτη περίπτωσης αφορά στη μετάδοση των πακέτων δεδομένων μέσα από ένα δίκτυο υπολογιστών, σε αναλογία με τη μετακίνηση των οχημάτων μέσα από το οδικό δίκτυο. Περιγράφεται το προτεινόμενο μοντέλο, αναλύονται τα κύρια χαρακτηριστικά του και αναφέρονται πιθανές εφαρμογές του στη διδασκαλία επιμέρους θεμάτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Διδακτικές πρακτικές, Δίκτυα δεδομένων, Τ.Ε.Ε.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας επιχειρείται μια μελέτη περίπτωσης στη χρήση αναλογιών και μεταφορών στα πλαίσια της διδακτικής της Πληροφορικής. Το μάθημα που επιλέχθηκε είναι το “Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών” που διδάσκεται στις δύο τελευταίες τάξεις του Τομέα Πληροφορικής & Δικτύων Η/Υ των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε.), αλλά η μελέτη αφορά και σε άλλα αντίστοιχα μαθήματα άλλων τομέων των Τ.Ε.Ε. αλλά και των Ενιαίων Λυκείων. Οι λόγοι επιλογής του συγκεκριμένου μαθήματος ήταν πολλοί:

- Η ραγδαία ανάπτυξη και εφαρμογή των δικτύων δεδομένων παγκοσμίως, δημιουργώντας ζήτηση για εξειδικευμένο προσωπικό από την αγορά εργασίας.
- Το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο δεν καλύπτεται επαρκώς από τη σχετική βιβλιογραφία της διδακτικής. Οι περισσότερες μελέτες αφορούν στον προγραμματισμό και στην αξιοποίηση των υπηρεσιών του Διαδικτύου.
- Η δυσκολία προσέγγισης εξειδικευμένων θεμάτων, όπως είναι, για παράδειγμα, η “Διαχείριση Δικτύων Ευρείας Περιοχής”.
- Το μάθημα θεωρείται βασικό στην Τεχνική & Επαγγελματική Εκπαίδευση αφού διδάσκεται σε δύο σχολικά έτη και αποτελεί το πανελλαδικώς εξεταζόμενο μάθημα ειδικότητας για την εισαγωγή των αποφοίτων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

ΜΙΑ ΕΙΚΟΝΑ ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΙΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Είναι κοινό μυστικό ότι στα πανελλαδικώς εξεταζόμενα μαθήματα η πλειοψηφία των καθηγητών ωθούν τους μαθητές στη λέξη προς λέξη αποστήθιση της θεωρίας. Επιπλέον, και αντίθετα από ότι θα περίμενε κανείς, στα σχολικά βιβλία κυριαρχεί ένας ακαδημαϊκός τρόπος προσέγγισης των θεμάτων. Τα όποια παραδείγματα υπάρχουν δε στηρίζονται στην προϋπάρχουσα γνώση και στις εμπειρίες των παιδιών.

Ως παράδειγμα που αποτελεί εξαίρεση, αναφέρεται μια μεταφορά που υπάρχει στο βιβλίο “Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών Ι” (Τσιλιγκιρίδης κ.α. 2002), για την οργάνωση της επικοινωνίας σε επίπεδα. Έτσι, για να συνεργαστούν ένας Έλληνας και ένας Κινέζος επιχειρηματίας, η επικοινωνία οργανώνεται στα επίπεδα των επιχειρηματιών, των μεταφραστών και των γραμματέων. Κατά τη διδασκαλία είναι διασκεδαστική η προσπάθεια προσθήκης κι άλλων επιπέδων, όπως το επίπεδο του “κλητήρα”, του “παιδιού” για τις εξωτερικές δουλειές, του ταχυδρομείου, της αεροπορικής εταιρίας, μέχρι που στο τέλος πάντα κάποιος εξαντλημένος μαθητής προτείνει ότι «μάλλον θα ήταν καλύτερα η επικοινωνία να γίνεται απλώς με φαξ!».

Η ΕΜΠΕΙΡΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Λόγω της συνάφειας του εξεταζόμενου μαθήματος με τις Φυσικές Επιστήμες, είναι χρήσιμα τα συμπεράσματα από τη χρήση αναλογιών και μεταφορών στα πλαίσια της διδασκαλία τους. Στη βιβλιογραφία είναι πολλά τα σχετικά παραδείγματα. Έτσι, όπως πρότεινε ο Rutherford, το μοντέλο του ατόμου με τα ηλεκτρόνια βρίσκεται σε αναλογία με το μοντέλο του ηλιακού συστήματος. Η θεωρία του Huygens για την κυματική φύση του φωτός σε αναλογία με την κυματική φύση του ήχου. Ακόμα και η ενσωμάτωση “μιας χελώνας” στην περίφημη γλώσσα προγραμματισμού LOGO θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν μια ακόμα προσπάθεια χρήσης μεταφοράς (Papert 1991).

Οι Vosniadou & Brewer (1987) θεωρούν τις αναλογίες και τις μεταφορές ως αποφασιστικούς μηχανισμούς εννοιολογικής αλλαγής και αναδιοργάνωσης της γνώσης. Ένας κίνδυνος που υπάρχει είναι η αναλογία που εισάγει ο δάσκαλος να έχει μικρό ή και καθόλου νόημα για το μαθητή. Μάλιστα, αν δεν είναι κατάλληλα επιλεγμένη τότε μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές απόψεις των μαθητών.

Οι Thiele & Treagust (1992), αναλύοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των αναλογιών στη διδασκαλία, προτείνουν να εστιάζεται η προσοχή των μαθητών όχι μόνο στις ομοιότητες αλλά και στις διαφορές μεταξύ των μοντέλων που γεφυρώνει η αναλογία. Στόχος είναι να διαχωρίσουν οι μαθητές τα δύο γνωστικά αντικείμενα, ώστε αυτά να γίνουν ανεξάρτητα στοιχεία στο εννοιολογικό τους πλαίσιο. Μια τέτοια διδακτική στρατηγική προτείνεται να περιέχει τα εξής διαδοχικά στάδια:

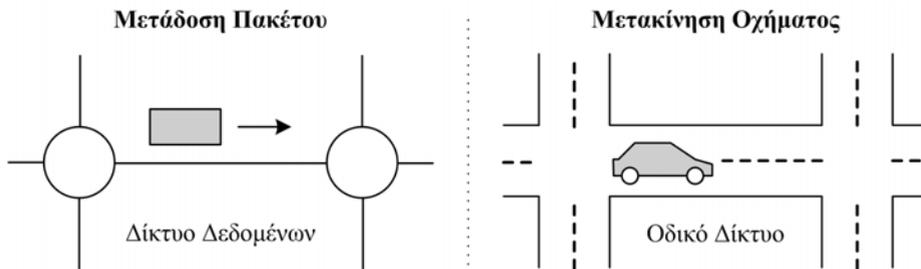
- Εισαγωγή της έννοιας-στόχου που πρόκειται να διδαχθεί.
- Έμμεση καθοδήγηση των μαθητών να θυμηθούν ανάλογες καταστάσεις.
- Απεικόνιση των ομοιοτήτων μεταξύ της γνωστής έννοιας και της έννοιας-στόχου.
- Εξαγωγή συμπερασμάτων για την έννοια-στόχο.
- Προσδιορισμός των σημείων όπου η αναλογία παύει να ισχύει.

ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Εξέυρεση μιας κατάλληλης αναλογίας για το μάθημα “Δίκτυα Δεδομένων”

Διάφορες αρχικές ιδέες που εξετάστηκαν για μια τέτοια κατάλληλη αναλογία, όπως είναι το ταχυδρομικό σύστημα που διακινεί φακέλους αλληλογραφίας και δέματα ή η μετακίνηση των μαθητών μέσα στους διαδρόμους του σχολείου πηγαίνοντας από αίθουσα σε αίθουσα, εγκαταλείφθηκαν γρήγορα, είτε λόγω του περιορισμένου πεδίου εφαρμογής τους, είτε λόγω της περιορισμένης ανταπόκρισης των μαθητών, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δε μπορούν να αξιοποιηθούν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Τελικά επιλέχθηκε η μετάδοση των πακέτων δεδομένων μέσα από ένα δίκτυο υπολογιστών σε αναλογία με τη μετακίνηση των οχημάτων μέσα από το οδικό δίκτυο.



Σχήμα: Η μετάδοση πακέτων σε αναλογία με τη μετακίνηση οχημάτων

Περιγραφή του μοντέλου

Όπως απεικονίζεται και στο σχήμα, το μοντέλο στηρίζεται στις επιμέρους αναλογίες: Πακέτο-Όχημα, Δίκτυο Δεδομένων-Οδικό Δίκτυο, και Κόμβος-Σταυροδρόμι.

Μέσα από ένα δίκτυο υπολογιστών η μετάδοση των δεδομένων πραγματοποιείται τμηματικά κατά ομάδες δυαδικών ψηφίων, οι οποίες ονομάζονται άλλοτε πακέτα δεδομένων (packets) και άλλοτε πλαίσια (frames) (στη συνέχεια θα χρησιμοποιείται αποκλειστικά ο όρος πακέτο). Κάθε πακέτο μπορεί να αποτελείται από λίγα δυαδικά ψηφία ή να φθάνει τις αρκετές εκατοντάδες. Εκτός από τα πραγματικά δεδομένα που πρέπει να μεταδοθούν, ένα πακέτο περιέχει και άλλα βοηθητικά δεδομένα, όπως είναι οι διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη, ο αριθμός ταυτότητας, ο αριθμός θύρας, κ.α.

Αντίστοιχα, μέσα από το οδικό δίκτυο η μετακίνηση ανθρώπων και η μεταφορά αγαθών πραγματοποιείται με τη βοήθεια οχημάτων. Υπάρχουν διάφοροι τύποι οχημάτων με διαφορετική μεταφορική ικανότητα, όπως αυτοκίνητο, λεωφορείο ή ακόμα και πλοίο. Εκτός από το κανονικό φορτίο, ένα όχημα περιέχει και άλλα βοηθητικά αντικείμενα, όπως είναι η μηχανή, το τιμόνι, ο αριθμός κυκλοφορίας, κ.α.

Ομοιότητες που υπάρχουν μεταξύ της γνωστής έννοιας και της έννοιας-στόχου:

- Ένα οδικό δίκτυο μπορεί να αποτελείται από διάφορα είδη οδών: ασφάλτινες, τσιμεντροστρωμένες, χωμάτινες, κ.α. Αλλά και ένα δίκτυο δεδομένων μπορεί να αποτελείται από διάφορα είδη μέσων μετάδοσης: οπτικές ίνες, συνεστραμμένα ζεύγη, ομοαξονικά καλώδια, ασύρματα μέσα, κ.α.

- Η κυκλοφορία των οχημάτων μπορεί να είναι διπλής κατεύθυνσης, μονόδρομη, ή η κατεύθυνση να αλλάζει δυναμικά (π.χ. με φωτεινούς σηματοδότες ή με τη βοήθεια τροχονόμων) ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες. Αντίστοιχα, η μετάδοση δεδομένων μπορεί να είναι πλήρως αμφίδρομη (full duplex), μονόδρομη (simplex), ή ημιαμφίδρομη (half duplex).
- Η μετακίνηση των οχημάτων μπορεί να γίνεται σε μία μόνο λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση ή σε περισσότερες. Μία λωρίδα έχουν συνήθως οι αστικές οδοί και οι επαρχιακές οδοί που διασυνδέουν χωριά και μικρές πόλεις, ενώ περισσότερες λωρίδες έχουν συνήθως οι εθνικές οδοί και οι αυτοκινητόδρομοι που διασυνδέουν τις μεγαλουπόλεις. Αντίστοιχα, η μετάδοση των δεδομένων μπορεί να γίνεται μέσα από ένα μόνο κανάλι επικοινωνίας ανά κατεύθυνση (μετάδοση βασικής ζώνης ή baseband) ή από περισσότερα (μετάδοση ευρείας ζώνης ή broadband).
- Σε πιθανή σύγκρουση δύο οχημάτων είναι δυνατό, υπό κάποιες προϋποθέσεις, να πάθει υλικές ζημιές μόνο το ένα! Το ίδιο μπορεί να συμβεί και κατά τη σύγκρουση πακέτων (collision), οπότε έχουμε το φαινόμενο της σύλληψης (capture).

Γενικά, είναι πολλές οι ομοιότητες που θα μπορούσε να εντοπίσει κανείς και σε άλλα σχετικά θέματα, όπως για παράδειγμα στον ορισμό του πρωτοκόλλου επικοινωνίας σε αναλογία με τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, στη διαχείριση των δικτύων δεδομένων σε αναλογία με τον έλεγχο της κυκλοφορίας από τους τροχονόμους και το κέντρο επιχειρήσεων, κ.α. Όμως, όπως προαναφέρθηκε, είναι πολύ σημαντικός και ο προσδιορισμός των σημείων όπου η αναλογία παύει να ισχύει. Έτσι, για παράδειγμα:

- Σε ένα δρόμο που συνδέει δύο σταυροδρόμια είναι δυνατό να μετακινούνται ταυτόχρονα πολλά οχήματα το ένα πίσω από το άλλο. Σύγκρουση δύο οχημάτων θα συμβεί μόνο αν αυτά επιχειρήσουν να βρεθούν ταυτόχρονα στο ίδιο ακριβώς σημείο! Αντίθετα, σε ένα τμήμα δικτύου που συνδέει δύο κόμβους μόνο ένα πακέτο είναι δυνατό να μεταδίδεται κάθε φορά. Ταυτόχρονη μετάδοση περισσότερων πακέτων θα προκαλέσει τη σύγκρουσή τους.
- Αν συμβεί σύγκρουση οχημάτων τότε οι συνέπειες μπορεί να είναι ανεπανόρθωτες και, σίγουρα, σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν μπορεί να εφαρμοστεί λύση παρόμοια με την επαναμετάδοση των πακέτων!

Πρώτη εφαρμογή: “Μέθοδοι Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο”

Μια μέθοδος ελέγχου πρόσβασης στο μέσο αποτελεί μια καθορισμένη διαδικασία βάσει της οποίας κάθε υπολογιστής ενός δικτύου μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης, ώστε στη συνέχεια να έχει δικαίωμα μετάδοσης. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με κάποια συγκεκριμένα κριτήρια, όπως:

α) Ως προς τη δέσμευση της χωρητικότητας:

- Υπάρχουν μέθοδοι στις οποίες ένα μέρος της συνολικής χωρητικότητας της γραμμής, ένα κανάλι για παράδειγμα, δεσμεύεται και διατίθεται αποκλειστικά σε μία σύνδεση ακόμα και όταν κάποιες στιγμές δε μεταδίδονται δεδομένα. Αυτός ο τρόπος δέσμευσης βρίσκεται σε αναλογία με τη δέσμευση λωρίδων στους μεγάλους δρόμους για τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας ειδικού τύπου οχημάτων. Παραδείγματα

αποτελούν οι λεωφορειολωρίδες στις μεγάλες πόλεις, και οι ολυμπιακές λωρίδες κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων στην Αθήνα.

- Συνήθως, όμως, στα δίκτυα δεδομένων υπάρχει δυναμική εκχώρηση της χωρητικότητας ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες για μετάδοση. Με αυτό τον τρόπο γίνεται καλύτερη αξιοποίηση των μέσων μετάδοσης. Αντίστοιχα, όταν ένα όχημα θελήσει να μετακινηθεί, τότε εκείνη τη στιγμή θα προσπαθήσει να βρει ευκαιρία για να εισέλθει με ασφάλεια στο δρόμο. Το πόσο γρήγορα θα το καταφέρει εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο εκείνης της στιγμής.

β) Ως προς τη δυνατότητα ανίχνευσης του φέροντος σήματος:

- Υπάρχουν μέθοδοι στις οποίες κάθε υπολογιστής ελέγχει το κανάλι μετάδοσης πριν επιχειρήσει να μεταδώσει ένα πακέτο, έτσι ώστε αν αυτό είναι απασχολημένο από κάποια άλλη μετάδοση τότε να περιμένει για να αποφευχθεί η σύγκρουση. Ανάλογα, όταν ένα όχημα θελήσει να μετακινηθεί, τότε πριν επιχειρήσει να βγει στο δρόμο τον ελέγχει, έτσι ώστε αν αυτός δεν είναι ελεύθερος να περιμένει.
- Όμως, σε κάποιες άλλες περιπτώσεις αυτή η ανίχνευση δεν είναι δυνατή, οπότε όταν ένας υπολογιστής θέλει να μεταδώσει κάποιο πακέτο, τότε ξεκινάει άμεσα τη μετάδοση. Προφανώς η πιθανότητα σύγκρουσης των πακέτων εξαρτάται από το φόρτο του δικτύου. Πάντως, αυτό καλό είναι να αποφεύγεται στην περίπτωση των οχημάτων γιατί, όπως προαναφέρθηκε, σε περίπτωση σύγκρουσης δε θα είναι δυνατή η “επαναμετάδοση” των οχημάτων!

Δεύτερη εφαρμογή: “Δίκτυα Μεταγωγής”

Τα δίκτυα μεταγωγής αποτελούνται από κόμβους συνδεδεμένους μεταξύ τους, μέσα από τους οποίους δρομολογούνται και προωθούνται διαδοχικά τα μεταδιδόμενα δεδομένα, ξεκινώντας από τον αρχικό αποστολέα και φθάνοντας μέχρι τον τελικό παραλήπτη. Τα δίκτυα αυτά βρίσκονται σε αναλογία με το οδικό δίκτυο που αποτελείται από σταυροδρόμια συνδεδεμένα μεταξύ τους, τα οποία διασχίζουν τα οχήματα για να φθάσουν στον τελικό προορισμό τους. Περιγράφονται δύο βασικές κατηγορίες δικτύων μεταγωγής:

- Τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος (circuit switching), όπου πριν από την έναρξη της μετάδοσης αποκαθίσταται το κύκλωμα στο σύνολο της απαιτούμενης διαδρομής, όπως δηλαδή στο κοινό τηλεφωνικό δίκτυο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει όταν ένα πολύ σημαντικό πρόσωπο, για παράδειγμα ένας αρχηγός κράτους σε επίσημη επίσκεψη, πρέπει να μετακινηθεί μέσα σε μια πόλη. Πριν καν αυτός ξεκινήσει, η τροχαία δεσμεύει ολόκληρη την απαιτούμενη διαδρομή, σταματώντας την κυκλοφορία των υπόλοιπων οχημάτων στα σταυροδρόμια.
- Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων (packet switching), όπου η μετάδοση των δεδομένων γίνεται κατά πακέτα τα οποία ξεκινάνε από τον αποστολέα χωρίς να έχει προηγηθεί αποκατάσταση κάποιας φυσικής διαδρομής μέχρι τον παραλήπτη. Υπάρχουν δύο μέθοδοι προώθησης των πακέτων: με χρήση αυτοδύναμου πακέτου (datagram) και με χρήση νοητού κυκλώματος (virtual circuit). Στην πρώτη μέθοδο τα πακέτα, ενώ έχουν τον ίδιο προορισμό, δεν ακολουθούν όλα την ίδια διαδρομή και γι’ αυτό μπορεί να

φθάσουν με διαφορετική σειρά από αυτήν που ξεκίνησαν. Για παράδειγμα, σε μια σχολική εκδρομή όπου οι μαθητές μεταφέρονται με μερικά λεωφορεία, υπάρχει περίπτωση οι οδηγοί να ακολουθήσουν ο καθένας διαφορετική πορεία, οπότε μπορεί να φθάσουν στον προορισμό με διαφορετική σειρά και χρονική καθυστέρηση. Στη δεύτερη μέθοδο τα πακέτα ακολουθούν όλα την ίδια προεπιλεγμένη διαδρομή και προφανώς φθάνουν με την ίδια σειρά. Ανάλογα, στο παράδειγμα της σχολικής εκδρομής, μπορεί για λόγους ασφαλείας οι οδηγοί να πρέπει να ακολουθήσουν ο ένας μετά τον άλλο την ίδια προαποφασισμένη πορεία.

Τρίτη εφαρμογή: “Ενθυλάκωση Πακέτων”

Μια από τις λειτουργίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας είναι η ενθυλάκωση (encapsulation), όπου στα προς μετάδοση δεδομένα προστίθενται οι αναγκαίες πληροφορίες ελέγχου υπό μορφή περιβλήματος δημιουργώντας έτσι τα πακέτα. Όμως είναι δυνατό ολόκληρα πακέτα να ενθυλακώνονται, να ενσωματώνονται δηλαδή σε άλλα μεγαλύτερα πακέτα για να είναι δυνατή η μεταφορά τους από συγκεκριμένου τύπου πρωτόκολλα ή δίκτυα. Σε αναλογία βρίσκεται η μεταφορά ενός οχήματος, που αδυνατεί να μετακινηθεί μόνο του, γιατί χάλασε, τοποθετημένου πάνω στην πλατφόρμα ενός οχήματος οδικής βοήθειας. Άλλο παράδειγμα είναι η μεταφορά ενός οχήματος με τη βοήθεια ενός οχηματαγωγού πλοίου για να μετακινηθεί μέσα από μια θαλάσσια οδό!

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Είναι προφανές ότι η εργασία αυτή δεν αποτελεί ολοκληρωμένη διδακτική πρόταση. Περιγράφει όμως το γενικότερο μοντέλο μιας προτεινόμενης αναλογίας επιστημαίνοντας τα κύρια σημεία που τη χαρακτηρίζουν και αναφέρει πιθανές εφαρμογές της στη διδασκαλία επιμέρους θεμάτων. Είναι επιλογή, αλλά και μεγάλη ευθύνη του εκάστοτε εκπαιδευτικού να επινοεί και να αξιοποιεί παρόμοιες ιδέες στα πλαίσια της διδασκαλίας οικοδομώντας μαζί με τους μαθητές τη νέα γνώση πάνω στα γερά θεμέλια της προϋπάρχουσας γνώσης αλλά και των εμπειριών τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Papert S. (1991), *Νοητικές Θύελλες: Παιδιά, ηλεκτρονικοί υπολογιστές και δυναμικές ιδέες*, Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσέας (Ελληνική μετάφραση)
- Thiele R. & Treagust D. (1992), Analogies in senior high school chemistry text-books: A critical analysis, in H. J. Schmidt (Ed.), *Empirical Research Chemistry and Physics Education*, 175-192, Hong Kong: ICASE
- Vosniadou S. & Brewer W. (1987), Theories of knowledge restructuring in development, *Review of Educational Research*, 57(1), 51-67
- Τσιλιγκιρίδης Θ, Αλεξίου Γ., Μπούρας Χ., Μαμαλούκας Χ. & Αγγελόπουλος Π. (2002), *Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I*, 170-171, Αθήνα: ΟΕΔΒ