



## Μάθημα 15.3: Πρότυπο TCP/IP

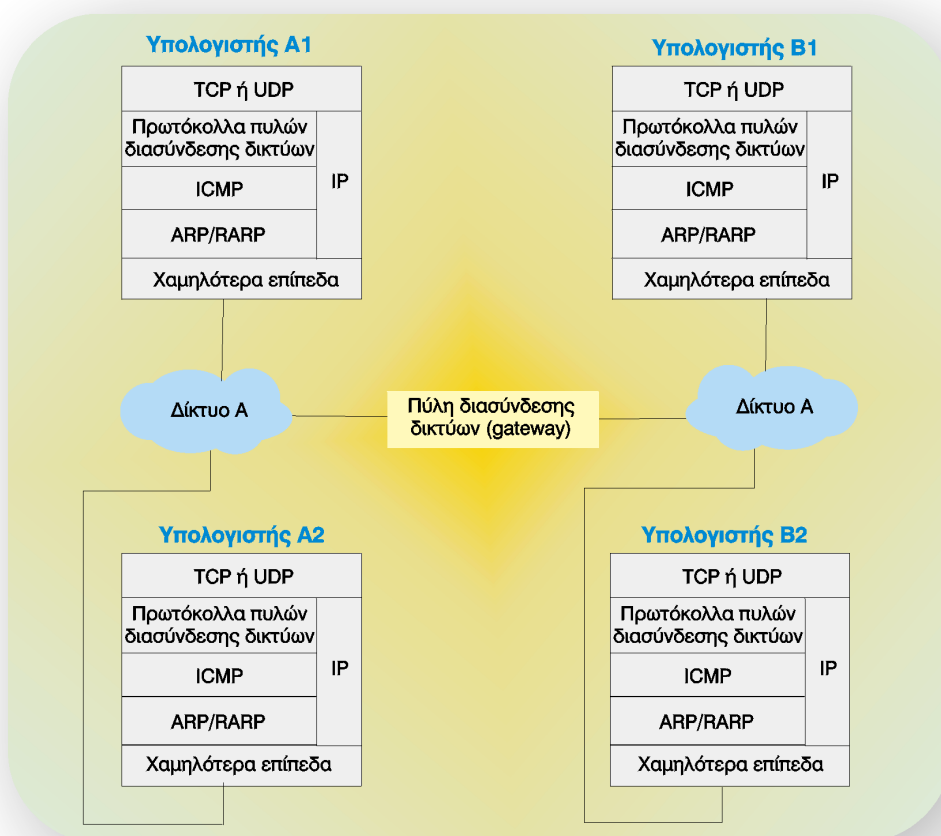
### 15.3.1 Εισαγωγή

Όπως έχει αναφερθεί στο Μάθημα 5.6, οι κόμβοι που συνδέονται στο Διαδίκτυο χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους το πρωτόκολλο *TCP/IP*. Το πρωτόκολλο αυτό οργανώνεται σε τέσσερα επίπεδα: το επίπεδο γραμμής δεδομένων (*data link layer*), το επίπεδο Διαδικτύου (*Internet layer*), το επίπεδο μεταφοράς (*transport layer*) και το επίπεδο εφαρμογής (*application layer*). Η οικογένεια των πρωτοκόλλων *TCP/IP*, καθώς και η λειτουργία καθενός από αυτά έχουν ως ακολούθως:

- ✓ *TCP: Transmission Control Protocol*  
Είναι πρωτόκολλο προσανατολισμένο στη σύνδεση (*connection-oriented*), το οποίο προσφέρει μια αξιόπιστη, διπλής κατεύθυνσης σύνδεση προκειμένου να υλοποιηθεί μια διεργασία του χρήστη.
- ✓ *UDP: User Datagram Protocol*  
Είναι πρωτόκολλο μη προσανατολισμένο στη σύνδεση (*connectionless*), το οποίο, σε αντίθεση με το *TCP*, δεν παρέχει εγγύηση ότι οι μονάδες πληροφορίας (*datagrams*) που διακινούνται θα φτάσουν κάποτε στον προορισμό τους.
- ✓ *ICMP: Internet Control Message Protocol*  
Είναι το πρωτόκολλο που χειρίζεται τα λάθη και ελέγχει τη διακίνηση των πληροφοριών μεταξύ των πυλών διασύνδεσης δικτύου (*gateways*) και των κόμβων.
- ✓ *IP: Internet Protocol*  
Το πρωτόκολλο αυτό παρέχει υπηρεσίες διακίνησης των πακέτων που δημιουργούνται από τα πρωτόκολλα *TCP* και *UDP*. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 15.7, δεν υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ των διεργασιών του χρήστη και του πρωτοκόλλου *IP*.
- ✓ *ARP: Address Resolution Protocol*  
Το πρωτόκολλο αυτό κάνει αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης Διαδικτύου με μια διεύθυνση υλικού. Η διεύθυνση του Διαδικτύου εξαρτάται από τον τύπο του δικτύου στο οποίο συνδέεται ο υπολογιστής.
- ✓ *RARP: Reverse Address Resolution Protocol*  
Στο πρωτόκολλο *RARP* γίνεται το αντίστροφο σε σχέση με το πρωτόκολλο *ARP*, δηλαδή αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης υλικού με μια διεύθυνση Διαδικτύου.

Στο σχήμα 15.7 απεικονίζονται τα κύρια στοιχεία της οικογένειας των πρωτοκόλλων *TCP/IP*.

Αν και το πρωτόκολλο *TCP/IP* έχει περιγραφεί διεξοδικά στο Μάθημα 5.6, θα γίνει στη συνέχεια αναφορά σε ορισμένα συμπληρωματικά στοιχεία, τα οποία θα διευκολύνουν την κατανόηση της διασύνδεσης των δικτύων στο Διαδίκτυο.



Σχήμα 15.7: Τα κύρια στοιχεία των πρωτοκόλλων TCP/IP

### 15.3.2 Διευθυνσιοδότηση

Ένα σημαντικό στοιχείο του TCP/IP είναι η **διευθυνσιοδότηση**, δηλαδή ο τρόπος αντιστοίχισης μιας διεύθυνσης με έναν υπολογιστή που συνδέεται σε κάποιο δίκτυο. Οι **διευθύνσεις TCP/IP** διατίθενται από έναν κεντρικό οργανισμό, το **Κέντρο Πληροφοριών Δικτύου** (ΚΠΔ) (NIC: Network Information Center). Κάθε διεύθυνση IP περιλαμβάνει:

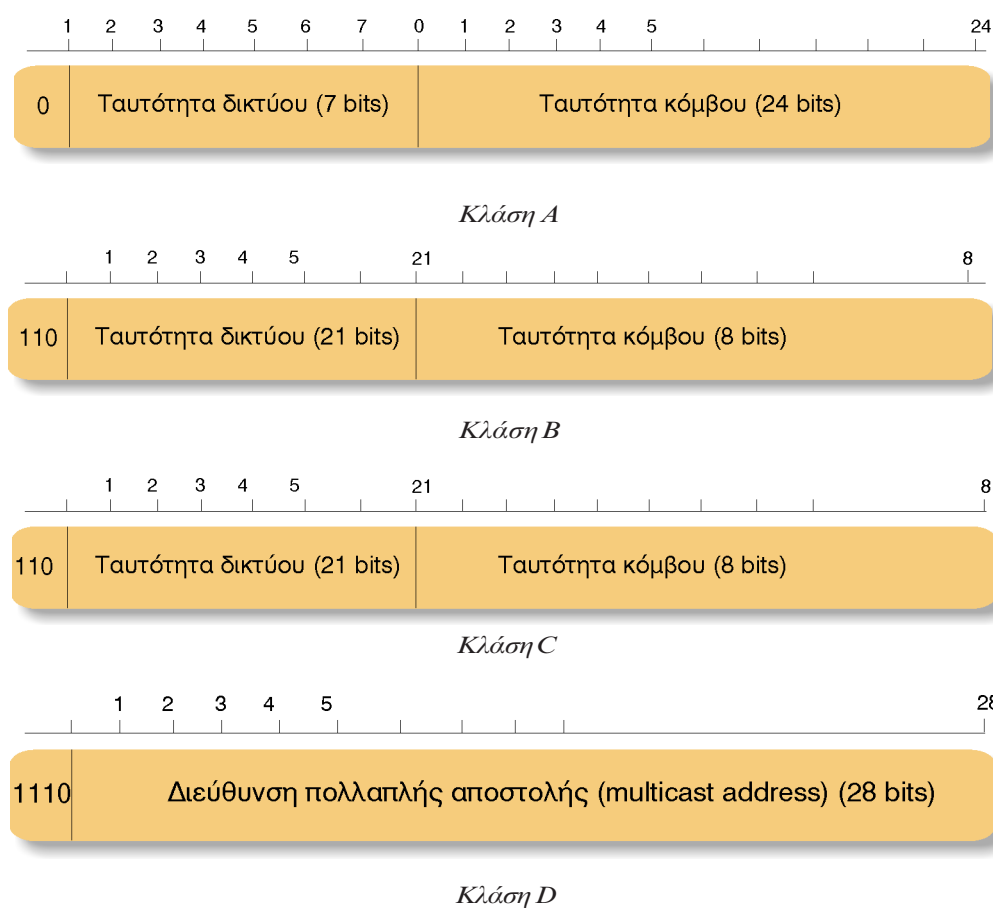
- ✓ Την **ταυτότητα δικτύου** (*network identifier*), η οποία αναφέρεται σε ένα ιδιαίτερο φυσικό δίκτυο που συνδέεται στο Διαδίκτυο.
- ✓ Την **ταυτότητα κόμβου** (*host identifier*), η οποία αναφέρεται σε μια ιδιαίτερη συσκευή που συνδέεται σ' αυτό το φυσικό δίκτυο.

Επομένως μια **διεύθυνση IP** προσδιορίζει το τμήμα του Διαδικτύου στο οποίο θα συνδεθεί μια συσκευή δικτύου. Σημειώνεται ότι μια συσκευή δικτύου που έχει τη δι-



νατότητα να συνδεθεί ταυτόχρονα σε διαφορετικά δίκτυα έχει και πολλές διευθύνσεις *IP*, δηλαδή διαθέτει μια αποκλειστική διεύθυνση *IP* για κάθε σύνδεση. Όπως γίνεται αντιληπτό, μια διεύθυνση *IP* είναι ένα τεχνητό δημιούργημα και δεν έχει καμία σχέση με το υλικό ή τα μέσα μετάδοσης που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο.

Όπως είναι γνωστό από το Μάθημα 5.6, μια διεύθυνση *IP* έχει 32 δυαδικά ψηφία, τα οποία διακρίνονται σ' αυτά που αφορούν την ταυτότητα του δικτύου και σ' αυτά που αφορούν την ταυτότητα του κόμβου. Αυτό γίνεται ταξινομώντας τις διευθύνσεις *IP* σε τέσσερις κλάσεις των 8 δυαδικών ψηφίων η καθεμία (σχήμα 15.8). Φυσικά η επιλογή μιας διεύθυνσης με πεδία καθορισμένου μήκους παρέχει, σε χαμηλό επίπεδο, μια αποτελεσματική κωδικοποίηση.



Σχήμα 15.8: Ταξινόμηση διευθύνσεων *IP* σε κλάσεις

Επειδή τα 32 δυαδικά ψηφία εμφανίζονται σε πολλά πακέτα, είναι σημαντικό η διεύθυνση σε χαρακτήρες των 8 δυαδικών ψηφίων να είναι συνεπής στις διάφορες υλοποιήσεις εφαρμογών.



Υπάρχουν, το πολύ, 128 δίκτυα κλάσης A, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει έως και  $2^{24}-2$  κόμβους, 16.384 δίκτυα κλάσης B, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει έως 65.534 κόμβους, και  $2^{21}$  δίκτυα κλάσης C, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει έως και 254 κόμβους.



Μια διεύθυνση *IP* μπορεί να γραφτεί σαν μια σειρά από δεκαδικούς αριθμούς. Κάθε οκτάδα από δυαδικά ψηφία θεωρείται ως ένας δεκαδικός αριθμός, ενώ οι δεκαδικοί αριθμοί που αντιστοιχούν σε κάθε οκτάδα δυαδικών ψηφίων χωρίζονται με τελείες, όπως για παράδειγμα η διεύθυνση **192.103.140.1**. Τέλος, μια διεύθυνση *IP* μπορεί να αποδοθεί και με λέξεις χωρισμένες με τελείες, όπως για παράδειγμα η διεύθυνση **typhon.odl.pmac.gr**. Ο μηχανισμός που μετατρέπει τους αριθμούς σε λέξεις με τις οποίες αναπαριστάνονται οι διευθύνσεις καθορίζεται από ένα **σύστημα ονομασίας περιοχών** (*DNS: Domain Name System*), που λειτουργεί όπως μια υπηρεσία καταλόγου. Αυτό το σύστημα αποτελείται από διαφορετικούς σταθμούς εξυπηρέτησης οι οποίοι βρίσκονται διασκορπισμένοι σε διάφορα σημεία του δικτύου.

### 15.3.3 Λειτουργία του TCP

Μετά το πρωτόκολλο Διαδικτύου (*IP*) το *TCP* είναι το δεύτερο σημαντικό μέλος αυτής της οικογένειας πρωτοκόλλων. Το *TCP* σχεδιάστηκε με βασικό στόχο την παροχή αξιόπιστης επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων που βρίσκονται σε διαφορετικά αλλά διασυνδεδεμένα δίκτυα επικοινωνίας. Παρέχει αξιόπιστες, προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες μετάδοσης σε ένα ενδεχομένως μη αξιόπιστο κανάλι μετάδοσης. Είναι συμβατό με ιεραρχημένες αρχιτεκτονικές πρωτοκόλλων όπως αυτή του μοντέλου αναφοράς *OSI* και τοποθετείται ακριβώς επάνω από το *IP*, το οποίο έχει τη δυνατότητα να στείλει ή και να λάβει μεταβλητού μεγέθους μονάδες δεδομένων (*PDUs*), ενσωματωμένες στις μονάδες δεδομένων Διαδικτύου (*Internet datagrams*).

Γενικά, το *TCP* στηρίζεται σε υποθέσεις οι οποίες αποδυναμώνουν την αξιοπιστία των πρωτοκόλλων επικοινωνίας που βρίσκονται ιεραρχικά κάτω από αυτό. Επομένως το μόνο που μπορεί ρεαλιστικά να υποστηρίξει είναι μια –πιθανόν αναξιόπιστη– υπηρεσία μετάδοσης μονάδων δεδομένων (*datagram service*), η οποία παρέχεται από πρωτόκολλα χαμηλότερου επιπέδου και η οποία μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά σε ένα ευρύ φάσμα συστημάτων επικοινωνίας.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του *TCP* είναι η ποικιλία των συστημάτων μετάδοσης που υποστηρίζει. Οι βασικοί στόχοι που επιτεύχθηκαν κατά την υλοποίησή του αφορούν τη δυνατότητα διασύνδεσης ετερογενών δικτύων υπολογιστών (*internetworking*), καθώς και τη δυνατότητα σχεδιασμού διεργασιών επικοινωνίας που υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Το *TCP* καθορίζει τους τρόπους με τους οποίους:

- ✓ Διαχωρίζονται πολλοί παραλήπτες σε ένα δοσμένο υπολογιστή.
- ✓ Οι κόμβοι που επικοινωνούν μπορούν να επανέλθουν σε σωστή λειτουργία μετά από σφάλματα, όπως είναι η απώλεια, η καταστροφή ή η πολλαπλή αποστολή πακέτων.
- ✓ Οι κόμβοι καταχωρίζουν τη μετάδοση μιας ακολουθίας δεδομένων και συμφωνούν για τον τερματισμό της.



Το *TCP* μπορεί να υλοποιηθεί μέσω συνδέσμων σε πολλών ειδών δίκτυα, όπως είναι τα **επιλογικά δίκτυα** (*dial-up*), τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα, τα δίκτυα υψηλών επιδόσεων, καθώς και τα κατανεμημένα δίκτυα χαμηλών ρυθμών μετάδοσης.



Το *TCP* προσδιορίζει τη μορφή των δεδομένων και των πληροφοριών ελέγχου που ανταλλάσσουν δύο υπολογιστές με σκοπό την επίτευξη μιας αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή προσδιορίζει τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι υπολογιστές προκειμένου να εξασφαλίσουν ότι τα δεδομένα αποστέλλονται και λαμβάνονται σωστά.



### 15.3.3.1 Θύρες και συνδέσεις στο TCP

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του *TCP* είναι ότι επιτρέπει σε πολλά προγράμματα εφαρμογών να αξιοποιούν τις υπηρεσίες του ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας το ίδιο φυσικό μέσο που είναι υπεύθυνο τόσο για την απο-πολυπλεξία (*demultiplexing*) της εισερχόμενης κυκλοφορίας *TCP* όσο και για την κατανομή της στις διαδικασίες των προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται. Όμως ο τελικός παραλήπτης των μηνυμάτων κάθε κόμβου - υπολογιστή είναι ένα σύνολο αφηρημένων σημείων προορισμού, οι γνωστές **θύρες πρωτοκόλλου** (*protocol ports*). Τυπικά, κάθε θύρα πρωτοκόλλου παριστάνεται με ένα θετικό ακέραιο αριθμό που είναι μοναδικός για κάθε υπολογιστή, ενώ το λειτουργικό σύστημα επιλέγει ένα μηχανισμό τον οποίο χρησιμοποιούν οι διαδικασίες των προγραμμάτων κάθε εφαρμογής για να προσδιορίσουν μια θύρα.

Επομένως ένα σημαντικό θέμα είναι και η δέσμευση των θυρών *TCP*. Τα τμήματα *TCP* (*modules*) κάθε συσκευής είναι ελεύθερα να επιλέγουν και να καταχωρίζουν τους αριθμούς των θυρών. Όμως η τυχαία καταχώριση των αριθμών των θυρών δημιουργεί ένα βασικό λειτουργικό πρόβλημα. Οι κόμβοι - υπολογιστές πρέπει, πριν επικοινωνήσουν, να συμφωνήσουν στους αριθμούς των θυρών που θα χρησιμοποιήσουν. Για παράδειγμα, όταν ο υπολογιστής Α θελήσει να πάρει ένα αρχείο από τον υπολογιστή Β, πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων ποια θύρα χρησιμοποιεί η συγκεκριμένη υπηρεσία μεταφοράς αρχείων (*file transfer*) στον υπολογιστή Β, ώστε αυτή η θύρα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις διαδικασίες του προγράμματος εφαρμογής του υπολογιστή Α.

Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με την καθιέρωση μιας διεθνούς κεντρικής διεύθυνσης, η οποία αποδίδει σε ορισμένες υπηρεσίες (όπως είναι η ανταλλαγή αρχείων, η πρόσβαση σε απομακρυσμένους κόμβους, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κτλ.) αποκλειστικούς αριθμούς που αντιστοιχούν στις θύρες οι οποίες δεσμεύονται προκειμένου να χρησιμοποιηθούν γι' αυτές τις υπηρεσίες.

Για πληροφοριακούς λόγους και προκειμένου να υπάρξει μια ολοκληρωμένη εικόνα δίνεται ο παρακάτω πίνακας των δεσμευμένων θυρών *TCP* και των υπηρεσιών στις οποίες αντιστοιχούν. Ασφαλώς υπάρχουν και μη δεσμευμένες θύρες οι οποίες χρησιμοποιούνται από τις διαδικασίες των προγραμμάτων κάθε εφαρμογής προκειμένου να υλοποιηθούν οι υπηρεσίες του *TCP*.



Αριθμός θύρας	Λέξη - κλειδί	Υπηρεσία TCP
0		Δεσμευμένη
1-4		Ελεύθερη
5	<i>RJE</i>	Από απόσταση είσοδος ( <i>Remote Job Entry</i> )
7	<i>ECHO</i>	Αντήχηση
9	<i>DISCARD</i>	Απόρριψη
11	<i>USERS</i>	Ενεργοί χρήστες
13	<i>DAYTIME</i>	Ημερομηνία
15	<i>NETSTAT</i>	Ποιος είναι στο δίκτυο
17	<i>QUOTE</i>	<i>QUOTE</i> of the day
19	<i>CHARGEN</i>	Γεννήτορας χαρακτήρων ( <i>CHARacter GENerator</i> )
20	<i>FTP-DATA</i>	Μεταφορά αρχείων δεδομένων
21	<i>FTP</i>	<i>FTP</i>
23	<i>TELNET</i>	<i>Telnet</i>
25	<i>SMTP</i>	<i>SMTP</i>
37	<i>TIME</i>	Χρόνος
39	<i>RLP</i>	<i>Resource Location Protocol</i>
42	<i>NAMESERVER</i>	Όνομα σταθμού εξυπηρέτησης ( <i>host name server</i> )
53	<i>DOMAIN</i>	Σύστημα ονομασίας περιοχών ( <i>domain name server</i> )
67	<i>BOOTPS</i>	<i>BOOTstrap Protocol Server</i>
68	<i>BOOTPC</i>	<i>BOOTstrap Protocol Client</i>
69	<i>TFTP</i>	<i>Trivial File Transfer Protocol</i>
79	<i>FINGER</i>	<i>Finger</i>
95	<i>SUPDUP</i>	Πρωτόκολλο <i>SUPDUP</i>
101	<i>HOSTNAME</i>	Όνομα κόμβου ( <i>NIC host name server</i> )
102	<i>ISO-TSAP</i>	<i>ISO-TSAP</i>
113	<i>AUTH</i>	<i>Authentication service</i>
117	<i>UUCP-PATH</i>	<i>UUCP-Path service</i>
123	<i>NTP</i>	<i>Network Time Protocol</i>
133-159		Ελεύθερη
160-223		Δεσμευμένη
224-241		Ελεύθερη
247-255		Ελεύθερη

Πίνακας 15.2: Δεσμευμένες θύρες που χρησιμοποιούνται από τις υπηρεσίες του TCP.



### 15.3.3.2 Αξιοπιστία επικοινωνίας

Μια ακολουθία δεδομένων που στέλνεται στον παραλήπτη μέσω μιας σύνδεσης *TCP* πρέπει να μεταδίδεται πάντα αξιόπιστα και με τη σωστή σειρά. Ο έλεγχος της αξιοπιστίας της μετάδοσης γίνεται με τη βοήθεια των αριθμών ακολουθίας (*sequence numbers*) και επιβεβαίωσης (*acknowledgement*).

Η διαδικασία που χρησιμοποιείται προβλέπει πως κάθε οκτάδα δεδομένων πρέπει να διαθέτει και έναν αριθμό ακολουθίας. Ο αριθμός ακολουθίας της πρώτης οκτάδας δεδομένων σε ένα τμήμα (*segment*) μεταδίδεται μαζί μ' αυτό και είναι γνωστός ως **αριθμός ακολουθίας του τμήματος** (*segment sequence number*). Τα τμήματα μεταδίδουν επίσης και έναν **αριθμό επιβεβαίωσης** (*acknowledgement number*), ο οποίος είναι ο αριθμός ακολουθίας της επόμενης οκτάδας δεδομένων που κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Οι επιβεβαιώσεις προσδιορίζουν πάντα τον αριθμό της ακολουθίας του επόμενου χαρακτήρα που θα φτάσει στον παραλήπτη. Μια επιβεβαίωση δεν εγγυάται ότι τα δεδομένα του τμήματος έχουν φτάσει στον τελικό χρήστη - παραλήπτη, αλλά μόνο ότι το *TCP* του αποστολέα έχει αναλάβει την ευθύνη πραγματοποίησης της μετάδοσης.

### 15.3.3.3 Λήξη χρόνου των μετρητών και επαναμεταδόσεις

Μία από τις πιο σημαντικές λειτουργίες του *TCP* αφορά τον τρόπο διαχείρισης της **λήξης χρόνου** (*time-out*) και των **επαναμεταδόσεων** (*retransmissions*). Όπως οποιοδήποτε άλλο αξιόπιστο πρωτόκολλο, έτσι και το *TCP* περιμένει από τον παραλήπτη να του στέλνει επιβεβαιώσεις, όποτε αυτός λαμβάνει δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, το *TCP*, κάθε φορά που στέλνει μια ομάδα δεδομένων, θέτει σε λειτουργία ένα μετρητή και περιμένει μια επιβεβαίωση. Εάν λήξει ο χρόνος λειτουργίας του μετρητή πριν τα δεδομένα ενός τμήματος πληροφοριών επιβεβαιωθούν, τότε το *TCP* υποθέτει πως αυτό το τμήμα πληροφοριών χάθηκε ή καταστράφηκε και προχωρεί στην επαναμετάδοσή του.

Για να γίνει αντιληπτή η ιδιαιτερότητα του αλγορίθμου επαναμετάδοσης του *TCP*, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον η διαδρομή των δεδομένων προς τον κόμβο - προορισμό τους μπορεί να περνά μέσα από ενδιάμεσα δίκτυα και από πολλές πύλες διασύνδεσης των δικτύων. Επομένως είναι αδύνατο να γνωρίζει το *TCP* εκ των προτέρων πόσο χρόνο θα χρειαστούν οι επιβεβαιώσεις για να επιστρέψουν στον αποστολέα. Επιπλέον η καθυστέρηση σε κάθε πύλη διασύνδεσης των δικτύων εξαρτάται από τον κυκλοφοριακό φόρτο που υπάρχει στους κόμβους, με αποτέλεσμα ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση ενός τμήματος πληροφοριών και την αποστολή της επιβεβαίωσης να διαφοροποιείται σημαντικά από περίπτωση σε περίπτωση.



#### Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Πρότυπο *TCP/IP*, διευθυνσιοδότηση, Κέντρο Πληροφοριών Δικτύου, ταυτότητα δικτύου, ταυτότητα κόμβου, θύρα πρωτοκόλλου, αριθμός ακολουθίας τμήματος, αριθμός επιβεβαίωσης, λήξη χρόνου μετρητή, επαναμετάδοση.