Δίκτυα Υπολογιστών Ι
Εργαστήρια

Άσκηση $3^{η}$

Τα πρωτόκολλα IP, ICMP και ARP

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής
Διδάσκων: Παπαπέτρου Ευάγγελος

1 Εισαγωγή-Μεθοδολογία

Στην άσκηση αυτή θα μελετηθούν τα πρωτόκολλα IP και ICMP που χρησιμοποιούνται στο επίπεδο δικτύου του Internet καθώς και το πρωτόκολλο ARP που είναι ένα βοηθητικό πρωτόκολλο της στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP.

Όπως είναι γνωστό, στα δίκτυα IP κάθε υπολογιστής έχει μια μοναδική διεύθυνση IP για κάθε διεπαφή (κάρτα δικτύου, network interface card). Η διεύθυνση IP είναι ένας ακέραιος αριθμός των 32bit, αλλά συνήθως χρησιμοποιείται η αναπαράσταση $x.x.x.x$ όπου x είναι ένας ακέραιος από 0-255 (π.χ. μια έγκυρη διεύθυνση IP είναι η 195.130.121.201). Στα λειτουργικά συστήματα της οικογένειας Unix τα πρωτόκολλα του επιπέδου δικτύωσης υλοποιούνται ως λογισμικό στον πυρήνα του λειτουργικού. Μαζί με τα πρωτόκολλα αποθηκεύονται και πληροφορίες που περιγράφουν: α) τις διεπαφές του υπολογιστή, β) τον πίνακα δρομολόγησης και γ) τον πίνακα αντιστοίχισης διευθύνσεων IP με διευθύνσεις δευτέρου επιπέδου, τον οποίο χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ARP.

Στα λειτουργικά συστήματα της οικογένειας Unix κάθε διεπαφή του υπολογιστή χαρακτηρίζεται από ένα όνομα. Επιπλέον κάθε διεπαφή διαθέτει μια διεύθυνση IP και φυσικά τη μάσκα δικτύου (network mask) που καθορίζει το υποδίκτυο στο οποίο ο υπολογιστής είναι συνδεδεμένος μέσω της συγκεκριμένης διεπαφής. Για να λάβετε πληροφορίες για μία συγκεκριμένη διεπαφή με όνομα *device_name*, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή:

`user@host:...$ /sbin/ifconfig` *device_name*

Ο ευκολότερος τρόπος για να ανακτήσετε τα ονόματα των διεπαφών ενός υπολογιστή είναι να τυπώσετε τον πίνακα δρομολόγησης. Κάθε υπολογιστής διατηρεί έναν τέτοιο πίνακα ώστε να είναι σε θέση να παραδώσει τα πακέτα σε πιθανούς προορισμούς. Ο πίνακας δρομολόγησης μπορεί να τυπωθεί με τη χρήση της εντολής:

`user@host:...$ /bin/netstat ...`

Τέλος ο πίνακας αντιστοιχιών που διατηρεί το πρωτόκολλο ARP, μπορεί να τυπωθεί με την εντολή:

`user@host:...$ /usr/sbin/arp ...`

2 Το πρωτόκολλο ICMP

Η αξιοπιστία του Internet στηρίζεται στη δυνατότητα των δρομολογητών να επικοινωνούν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό έχει δημιουργηθεί το πρωτόκολλο *ICMP (Internet Control Message Protocol)*. Συγκεκριμένα το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για τη συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με τις συνδέσεις του δικτύου και τις διαδρομές δρομολόγησης.

2.1 Ping

Το ICMP ορίζει τύπους μηνυμάτων για διάφορους σκοπούς. Μεταξύ αυτών είναι και οι τύποι Echo Request και Echo Reply. Το πακέτο Echo Request χρησιμοποιείται για να διαπιστωθεί αν ένας υπολογιστής λειτουργεί. Αν αυτό ισχύει, αυτός θα απαντήσει με ένα πακέτο Echo Reply. Το πρόγραμμα `ping` χρησιμοποιεί τα μηνύματα αυτά για τον παραπάνω σκοπό. Μπορείτε να ελέγξετε αν ένας τυχαίος υπολογιστής με διεύθυνση *ip_address* λειτουργεί, με την εντολή:
`user@host:...$ /usr/sbin/ping -s` *ip_address*[1]
Παρατηρήστε τον αριθμό των πακέτων που στάλθηκαν, το μέγεθός τους, τη συνολική μέση καθυστέρηση και το ποσοστό απώλειας πακέτων. Η διαδικασία μπορεί να διακοπεί με τον συνδυασμό πλήκτρων `Ctrl+c` .

2.2 Traceroute

Ένα ενδιαφέρον πρόγραμμα που χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς του πρωτοκόλλου ICMP είναι το `traceroute`. Χρησιμοποιείται για να βρεθεί η διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα πακέτα ενός υπολογιστή προς ένα συγκεκριμένο προορισμό, καθώς και σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας, για να ανιχνευτεί ο υπεύθυνος δρομολογητής. Ο ακριβής μηχανισμός που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό είναι γνωστός με τον όρο Expanding Ring Search[2]. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή `traceroute` ως εξής:
`user@host:...$ /usr/sbin/traceroute` *ip_address*[3]
για να ανακαλύψετε τη διαδρομή προς τον υπολογιστή με διεύθυνση *ip_address*.

3 Παραδείγματα ζητούμενων

3.1 Εισαγωγή-Μεθοδολογία

Αφού μελετήσετε τα man pages των εντολών `ifconfig`, `netstat` και `arp`, απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:

1. Γράψτε τις διευθύνσεις IP και MAC του υπολογιστή στον οποίο εργάζεστε και τα βήματα που κάνατε για να ανακαλύψετε τις πληροφορίες αυτές.

2. Γράψτε τον πίνακα δρομολόγησης του υπολογιστή στον οποίο εργάζεστε και τα βήματα που κάνατε για να τον ανακαλύψετε. Ποιά συμπεράσματα

[1] Σε υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Linux δεν χρησιμοποιείται το όρισμα `-s`, ενώ η εντολή βρίσκεται στον κατάλογο `/bin`.

[2] Η περιγραφή του μηχανισμού θα πραγματοποιηθεί την ημέρα του εργαστηρίου.

[3] Σε υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Linux η εντολή βρίσκεται στον κατάλογο `/usr/bin`.

μπορείτε να βγάλετε σχετικά με το δίκτυο IP (διεύθυνση δικτύου, μέγεθος δικτύου, διεύθυνση ευρείας εκπομπής, δρομολογητής, κα) στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής;

3. Γράψτε το πλήθος των εγγραφών του πίνακα που διατηρεί το πρωτόκολλο `arp`. Είναι το πλήθος αυτό σταθερό ή μεταβλητό; Εξηγείστε την απάντησή σας.

3.2 Το πρωτόκολλο ICMP

Αφού μελετήσετε τα man pages των εντολών `ping` και `traceroute`, απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:

1. Πώς μπορείτε να διαπιστώσετε αν κάποιος υπολογιστής στο δίκτυο βρίσκετε σε λειτουργία;

2. Πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το πρόγραμμα `ping` για να στείλετε πακέτα διαφόρων μεγεθών;

3. Πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το πρόγραμμα `ping` για να στείλετε πακέτα ταυτόχρονα σε όλους τους υπολογιστές του δικτύου IP στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής σας; Εξηγείστε.

4. Γράψτε τη διαδρομή που προέκυψε από τη χρήση της εντολής `traceroute` προς έναν από τους παρακάτω προορισμούς, τον οποίο θα προσδιορίσετε με τον υπολογισμό `x = (αριθμός_μητρώου MOD 3) + 1`:

   (α′) x=1: το Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (www.auth.gr)

   (β′) x=2: το Πανεπιστήμιο Θράκης (www.duth.gr)

   (γ′) x=3: το Πανεπιστήμιο Αθηνών (www.uoa.gr)

   Εξηγείστε τις πληροφορίες που προσφέρονται από την εντολή `traceroute`. Ποιός είναι ο αριθμός των αλμάτων (hops) που χρειάζονται για την παραπάνω επικοινωνία; Αν επαναλάβετε την μέτρηση αυτή ο προηγούμενος αριθμός είναι ίδιος; Τί ισχύει για την καθυστέρηση; Δικαιολογήστε τις απαντήσεις σας.

   Σημείωση: Προτού εκτελέσετε την εντολή `traceroute` συνδεθείτε στον υπολογιστή με hostname scylla.cs.uoi.gr και διεύθυνση IP 195.130.121.45.

5. Περιγράψτε το μηχανισμό Expanding Ring Search.

6. Γνωρίζετε κάποιο τρόπο με τον οποίο θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε την εντολή `ping` ώστε να λειτουργήσει με τρόπο ανάλογο αυτού της εντολής `traceroute`; Αν ναι, πως λειτουργεί ο μηχανισμός αυτός;