

תקשורת נתונים מבוא

תכנית הלימודים מיועדת לספק מבוא לתקשורת נתונים על כל ההיבטים של נושא זה. התכנית תסקור את מבנה הרשת ותספק הבנה שלה על כל היבטיה ורכיביה, החל ברשתות LAN ו-MAN, פרוטוקולי TCP/IP, נתבים ושיטות ניתוב, וכלה ביישומים מתקדמים כגון: אבטחת מידע, שליטה ובקרה, VoIP, QoS-ו. רציונל

מורכבותו של עולם התקשורת דורשת ממשותתפיו היכרות מעמיקה עם מרכיביו. התחרות המואצת וההתפתחויות הטכנולוגיות המתרחשות חדשות לבקרים, מחייבות עדכון מתמיד בתחום. תכנית הלימודים שלהלן מיועדת לחשוף בפני תלמידים במגמת הנדסת תכנה את מערכות התקשורת והרשתות במחשבים הפועלות בעולם, מתוך מתן הדגשים בטכנולוגיות חדשות, ועדכונים טכנולוגיים. התכנית תספק הבנה של מבנה הרשת על כל היבטיה ורכיביה, החל ברשתות LAN, ו-WAN, פרוטוקולי TCP/IP, נתבים ושיטות ניתוב, וכלה ביישומים מתקדמים כגון אבטחת מידע, שליטה ובקרה, VoIP ו-QoS.

יעדי התכנית

התלמיד יבין את מבנה רשת תקשורת הנתונים ואופן פעולתה.
התלמיד יכיר מבנה של רשתות מקומיות, פרוטוקולים עיקריים ותפקידיהם.
התלמיד יכיר מבנה של רשתות רחבות, פרוטוקולים ותפקידיהם.
התלמיד יכיר ויבין את פרוטוקולי TCP/IP, מבנה נתבים ותכונותיהם ואת מבנה רשת האינטרנט.
התלמיד יכיר יישומים שונים ברשת ואופן פעולתם.

ידע נדרש: אין

חלוקת השעות

84 עיוניות + 36 התנסות

הקדמה

ארכיטקטורת רשת ה-ATM שכבת ה-Adaptation Layer, מושג הקישוריות הלוגית, מבנה ה-Cells וקטגוריות השירות. בתכנית נידונים רשתות תקשורת מקומיות מהירות. התכנית מתארת בהרחבה רשתות LAN מהירות: ATM LANs, Fast Ethernet and Gigabit Ethernet. ארכיטקטורה של רשתות WAN מהירות. במסגרת הקורס יידונו וינתחו מתגים מהירים בארכיטקטורות שונות. כמו כן יכוסה נושא TCP/IP over ATM.

מקצוע "רשתות תקשורת מחשבים" מקנה ידע רחב בנושא פרוטוקולים ועקרונות תקשורת. לימוד המקצוע דורש ידע מוקדם בעקרונות תקשורת נתונים. בתכנית זו נידונים בהרחבה פרוטוקולים ועקרונות תקשורת. תכנית הלימודים מתארת בהרחבה את שכבת הרשת במודל שבע השכבות ואת השימוש בנתבים ובטבלאות ניתוב למימוש רשת TCP/IP. בתכנית מתוארים פרוטוקולי ניתוב ברשתות TCP/IP (RIP, OSPF, HELLO), ניתוב ברשתות ATM,

Multicast, X.25, Frame Relay. התכנית מקיפה גם את שכבת התובלה והמושב ומקנה לתלמיד ידע בעקרונות של בקרת זרימה, TCP, UDP, שכבות AAL ברשתות ATM. כמו כן נלמדים במסגרת התכנית יישומי תקשורת כמו: דואר אלקטרוני, העברת קבצים, איתור מחשבים, אינטרנט וניהול רשתות מחשבים. מטרת המקצוע הנה להקנות לתלמיד ידע מקיף ברשתות תקשורת והבנה מעמיקה של שכבת הרשת ופרוטוקולי TCP/IP.

מטרת תכנית הלימודים

להכיר את העקרונות של רשתות ממותגות ומתגים מהירים בארכיטקטורות שונות ואת העקרונות של רשתות תקשורת מהירות. בחלקה הראשון של התכנית ילמדו התלמידים את העקרונות של רשתות תקשורת ממותגות. החלק השני של התכנית מתמקד בהכרת הארכיטקטורה ואופן הפעולה של רשתות תקשורת מהירות ATM , Fast Ethernet ו-Ethernet Gigabit.

פירוט תכנית הלימודים

מושגים

1. תקשורת
 - 1.1 מהי תקשורת?
 - 1.2 מטרות התקשורת
 - 1.3 דוגמאות ליישומי תקשורת
 - 1.4 היסטוריה קצרה של תקשורת המחשבים
2. מבנה רשתות מידע
 - 2.1 רשתות הפצה
 - 2.2 רשתות מיתוג
 - 2.3 טופולוגיה של רשתות
3. רשתות מקומיות
 - 3.1 הסיבות לתפוצה של הרשתות המקומיות
 - 3.2 המבנה של רשתות מקומיות
4. פרוטוקולים, שכבות וארכיטקטורה של מערכות תקשורת
 - 4.1 החלוקה לשכבות
 - 4.2 דוגמה לארכיטקטורה של מערכת תקשורת
 - 4.3 סקירת מודלים קיימים OSI ו-TCP/IP

5. השכבה הפיזית

- 5.1 אותות אנלוגיים ואותות ספרתיים
- 5.2 שיטות לקידוד סיביות
- 5.3 שיבוי שידור וקצב שידור מרבי
- 5.4 שידור סינכרוני ושידור אסינכרוני
- 5.5 תווכי תקשורת
- 5.6 גילוי ותיקון שגיאות
- 5.7 הממשק בין ה-DTE ל-DCE
6. שכבת הערוץ

6.1	שירותי שכבת הערוץ
6.2	בקרת שגיאות
6.3	בקרת זרימה
6.4	מסגור
6.5	איכות השירותים
6.6	פרוטוקול עצור והמתן
	·שירות לא אמין של אישורים
	·שירות אמין
	·אמינות ויעילות של פרוטוקול "עצור והמתן"
	·שידור דו-כיווני
6.7	פרוטוקולים של שידור ברצף
	·חזרה סלקטיבית
	·חזרה אחורנית
	·בקרת זרימה בפרוטוקולים של שידור ברצף
6.8	ניהול הערוץ
	·פעולות אוטונומיות של שירותים
6.9	דוגמאות לשכבת הערוץ
	·סוגי מערכות תקשורת
	·פרוטוקול HDLC
7.	שכבת הרשת
7.1	תפקידי שכבת הרשת
7.2	שיטות מיתוג
7.2.1	מיתוג מעגלים
7.2.2	מיתוג מנות
7.2.3	שידור הודעה במיתוג מנות
7.2.4	מעגלים מדומים ומברקים
7.3	שירותים מקושרים ושירותים לא מקושרים
7.3.1	פעולות אוטומיות של שירותי שכבת הרשת
7.4	ניתוב
7.4.1	מהו ניתוב?
7.4.2	מציאת מסלול קצר ביותר בגרף
7.4.3	אלגוריתמי ניתוב מסתגלים
7.4.4	בעיית התנדודות
7.5	בקרת עומס
7.6	חיבור של רשתות
7.6.1	סוגי ממסרים
7.6.2	משחזרים
7.6.3	גשרים

7.6.4	נתבים
7.6.5	מעגלים מדומים ומברקים בחיבור של רשתות
7.7	דוגמאות לשכבת הרשת
7.7.1	דוגמה לשירות מקושר – תקן X.25
7.7.2	דוגמה לשירות לא-מקושר - פרוטוקול IP של רשת האינטרנט
8.	פרוטוקולים של רשתות מקומיות
8.1	בעיית הגישה לערוץ משותף
8.2	רשתות CSMA/CD
8.3	רשתות אסימון הפצה
8.4	רשתות אסימון בטבעת
8.5	השוואת תקני IEEE-802
8.6	ODI ו-NDIS
8.7	FDDI
8.8	ATM
8.9	FRAM RELAY
9.	מבוא ל-TCP/IP
9.1	מהו פרוטוקול TCP/IP?
9.2	היסטוריה
9.3	קביעת/הוספת תקן RFC, IAB, ISOC
9.4	מבט מהיר על תכניות שירות שמספק הפרוטוקול
9.5	rexec, rsh, telnet, rcp, tftp, ftp, lpr, lpq, lpd,
9.6	ping, finger, host name, arp, rout, tracert
9.7	פרוטוקול וערמת פרוטוקולים
10.	ארכיטקטורה ומבט כללי
10.1	השכבות בפרוטוקול TCP/IP (מול מודל הייחוס OSI)
10.2	שכבת מתאמי הרשת
10.2.1	תפקיד השכבה
10.2.2	פרוטוקולים טוריים – SLIP, PPP
10.2.3	איזה פרוטוקולים נתמכים
10.3	שכבת אינטרנט
10.3.1	הפרוטוקולים הפעילים בשכבה - IP, ARP, ICMP, IGMP
10.4	שכבת תעבורה
10.4.1	שירותים - מבוסס קישור, חסר קישור
10.4.2	פרוטוקולים - TCP, UDP
10.5	שכבת היישום
10.5.1	מתאמים לתכניות (API) – WINDOWS SOCKETS, NETBIOS
11.	תהליכים בשכבת האינטרנט

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

11.1	כתובת פיזית - תפקידה
11.2	פרוטוקול ARP ותהליך מציאת כתובת פיזית ברשת מקומית
11.3	ERP CACHE אחזקת טבלאות, כתובת פיזית מול כתובת IP
11.4	תהליך מציאת כתובת פיזית ברשת רחבה, תפקיד הנתב
11.5	מבנה מנה בפרוטוקול ARP
11.6	פרוטוקול ICMP, מבנה המנה ותפקידיו
11.7	פרוטוקול IGMP, מבנה המנה ותפקידיו
11.8	IP ברשת מקומית
11.9	IP ברשת רחבה - חלוקה והרכבת מנות ומספור, TTL
11.10	פרוטוקול IP, מבנה המנה
12.	תהליכים בשכבת התעבורה
12.1	פרוטוקול TCP
12.2	PORT ו-SOCKET
12.3	פורטים הפועלים תחת TCP
12.4	מבנה המנה ב-TCP
12.5	פרוטוקול UDP
12.6	פורטים הפועלים תחת UDP
12.7	מבנה המנה ב-UDP
13.	כתובות IP
13.1	כתובת IP - תפקידה, מבנה הכתובת
13.2	המרת כתובות IP מבינרי לעשרוני
13.3	חמש רמות של כתובות IP (A – E Address Class)
13.4	כתובות מיוחדות - 0, 10, 127, 255
13.5	IP גרסה 6
13.6	מבנה כתובות ב-IP גרסה 6
13.7	מסכת רשת - תפקידה, ברירת מחדל, כיצד משתמשים בה.
13.8	שימוש במסכה להגדרת תת רשתות
13.9	מעבדה
14.	ניתוב
14.1	מהו ניתוב?
14.2	תהליך התקשרות בין מחשבים ברשתות שונות
14.3	ניתוב דינמי - פרוטוקולים RIP, OPSPF
14.4	חסרונות פרוטוקול RIP
14.5	ניתוב סטטי
14.6	שילוב של ניתוב דינמי וניתוב סטטי
14.7	בניית טבלת הניתוב, ערכי ברירת המחדל
14.8	מעבדה
15.	תהליכים מתקדמים
15.1	PHCP תפקיד השרת
15.2	הגדרות בשרת DHCP

15.3	סוכן להעברת בקשות ל-DHCP
15.4	מהו שם מחשב?
15.5	התאמת שם מחשב לכתובת IP
15.6	קובץ HOSTS
15.7	DNS רקע
15.8	שרת ה-DNS
15.9	רמות ואזורים ב-DNS (DNS LEVEL ,ZONES)
15.10	הכנת קובצי DNS הגדרות ראשוניות במאגר המידע (SOA)
15.11	מודל ארכיטקטורת SNMP
15.12	בסיס ניהול המידע (MIB)
15.13	מעבדה
16.	מבוא לרשתות מהירות
16.1	היסטוריה של התפתחות הרשתות
	הצורך במהירות ואיכות השירות
	רשתות TCP/IP ו-ATM מתקדמות
	פרוטוקולים לקישוריות בין רשתות: TCP ו-IP
	פרוטוקול RTP לזמן אמת
	ניתוב דינמי
	מיתוג חבילות
	אינטרנט ברשתות מקומיות LAN
	פרוטוקולים מתקדמים: RTP, RSVP, IPV6
	פרוטוקולי ניתוב Multicast
	רשתות ATM - מבוא
16.2	ארכיטקטורת פרוטוקול TCP/IP
	חלוקת הפרוטוקול לשכבות והשוואה למודל OSI
	Physical, Network access, Internet, Host-to-host, and Application Layers
	פרוטוקולי TCP and UDP ושילובם
	מבנה כתובות IPV6 and IP
	אפליקציות TCP/IP: TELNET, FTP, SMTP
16.3	קישוריות בין רשתות LAN (Internetworking)
	רשתות Internet ורשתות Intranet
	שימוש בגשרים לחיבור רשתות LAN עם פרוטוקול דומה
	שימוש בנתבים לחיבור תת-רשתות מסוג שונה
	תפקידו של הגשר Bridge ברמה 2 של המודל
	תפקידו של הנתב Router הפועל ברמה 3 של המודל
	נתבים: קשר בין רשתות, ניתוב, ללא שינוי בארכיטקטורת הרשתות
	נתב התאמה ותמיכה ברשתות שונות:
	רשתות עם סכמות מיעון שונות, סגמנטציה של חבילות השידור לכל רשת, שינוי בממשקי חמרה/תכנה של רשתות שונות, רמת אמינות שונה לכל רשת.

דוגמה לחיבור שרת ברשת WAN frame relay לתחנה ברשת LAN IEEE-802 באמצעות נתב.

17. רשתות מיתוג חבילות

17.1 מבוא למיתוג חבילות

שתי טכנולוגיות WAN (Frame Relay & ATM) כווריאציות לגישת מיתוג החבילות

יתרונות: גמישות, חלוקת משאבים, רובוסטיות, היענות
תיאור עקרון הפעולה הבסיסי

טכניקות מיתוג ברשתות מיתוג חבילות
ניתוב והתנאים המשפיעים עליו: אזור עמוס, תקלה בצומת
17.2 תקן X.25

ממשק סטנדרטי בין HOST ורשת מיתוג חבילות
פונקציונליות בשלוש רמות (פיזית, ערוץ ורמת החבילה)
קישוריות לוגית (Virtual circuit)

סטנדרט רמת הערוץ link-level: פרוטוקול LAPB
בקרת זרימה, מכניזם בקרת שגיאות, מסגרת LAPB
תצורת החבילה בפרוטוקול X.25

מבנה חבילת בקרה Control packet
רשתות Frame Relay (FR) 17.3
ארכיטקטורת ה-FR

השוואה פונקציונלית לסטנדרט X.25
פרוטוקול LAPF התומך ברמה הפיזית וברמת הערוץ
תצורת מסגרת השידור: שדה כתובת, מידע, FCS לגילוי שגיאות
בקרת FR call control
תמיכה בחיבורים רבים על ערוץ יחיד
הקצאת ID ייחודי לכל חיבור, שדה DLCI

עומס ברשתות נתונים ובאינטרנט 17.4
השפעת העומס על רשתות מיתוג חבילות, FR ו-ATM
חוצצים, תורים והחלטות ניתוב
ניתוח ביצועי הרשת כתלות בגודל ה-buffer ובבקרת העומס
טכניקות לבקרת עומס

בקרת זרימה ויישום טכניקות לבקרת עומס ברשתות מסוג שונה (Connection-Non)

בקרת עומס בטכניקת Explicit Congestion Signaling וחלוקה לקטגוריות ניהול תעבורה
בעומס: ניהול תור נפרד לכל חיבור לוגי, תעבורות עם דרישות QoS שונות, מניעת עומס
ואבטחת שירות לאפליקציה על ידי חוזה Reservation

18. רשתות ATM

18.1 מבוא לטכנולוגיה המאפשרת מימוש רשתות מהירות

אלמנטים בסיסיים בטכנולוגיה: פרוטוקול, קישור לוגי, מבנה תא
סוגי השירות המוצעים על ידי ATM
שכבת ה-AAL ומיפוי פרוטוקולים בשכבות הגבוהות לרשת ATM
הדמיון בין ATM ל-FR

- מבוא ל-ISDN
- 18.2 ארכיטקטורת פרוטוקול ATM
דמיון למיתוג חבילות המשתמש ב-x.25 ול-frame relay
סטנדרטים לקצבי שידור 155.2Mbps ו-622.08
- 18.3 הקישוריות הלוגית
Virtual channel, virtual circuits, virtual path
ערוץ וירטואלי ומסלול וירטואלי ברשת ATM
מאפיינים שונים (QoS, פרמטרי תעבורה, סוג חיבור הערוץ)
- 18.4 יתרונות השימוש במסלול וירטואלי
החיבורים השונים של מסלול וירטואלי (2 משתמשים, 2 רשתות, משתמש ורשת)
מכניזם אותות בקרה (לייסוד הקשר ושחרור)
- 18.5 תצורת מסגרת תא ATM
תצורה וחלוקה לשדות
יתרונות השימוש בתאים באורך קבוע וקטן
תצורת ה-header ובקרת שגיאה
- 18.6 קטגוריות שירות ברשת ATM
שירות בזמן אמת: CBR vs. VBR
שירות לא בזמן אמת: NRT-VBR, ABR, VBR
תמיכה ב-QoS
- 18.7 שכבת ה-AAL ברשת ATM
תמיכה בפרוטוקולים שאינם מבוססים על ATM להעברת המידע
דוגמאות: PCM over ATM, מיפוי מסגרות LAPF לתאי ATM
שירותי שכבת ה-AAL (בקרת שגיאות, סגמנטציה, בקרת זרימה ותזמון)
פרוטוקולי AAL: AAL1, AAL2, AAL3/4, AAL5
פרוטוקול AAL5 באפליקציית רשתות ATM-LAN
יתרונות: הקטנת תקורת העיבוד של הפרוטוקול והשידור מבטיח אדפטציה לפרוטוקולי תובלה קיימים.
19. רשתות LAN מהירות
- 19.1. מבוא: רשתות LAN מבוססות על Ethernet
רשת Ethernet מקורית 10Mbps
LAN בטופולוגיית Bus
בקרת גישה CSMA/CD
קונפיגורציות תווך שונות וטופולוגיות חיבור
HUB וטופולוגיית כוכב, שימוש כ-Repeater
Ethernet Fast (100Mbps LAN)
Giga-bit Ethernet
LAN ATM
- ATM WAN
- 19.2 Fast Ethernet
טופולוגיית Star-wire
אלטרנטיבות לשימוש בתווכי שידור שונים

פרוטוקול MAC ותצורת Frame	
קונפיגורציות: 100BASE-T, -X, -TX, -FX, -T4	
פעולת ה-Repeater	
שידור Full-duplex	
קונפיגורציה מעורבת: 100Mbps LAN and 10Mbps LAN	
Gigabit Ethernet	19.3
מבוא ורשתות Back bone	
תווך ומפרט שידור חדשים	
פרוטוקול CSMA/CD ותצורת Ethernet	
תאימות ל-Ethernet ול-Fast Ethernet	
שימוש בסיבים אופטיים וב-TP ו-Coax למרחקים קצרים	
אפליקציה אופיינית ל-Gigabit Ethernet	
Switching hub, workgroup hubs, backbone, workstations, servers	
תאימות לרשתות LAN קיימות, תכנת ניהול רשת	
ATM LAN	19.4
התפתחות, דרישות מרשת LAN מהירה ואפליקציות מולטימדיה	
יתרונות של רשת ATM (מסלול וירטואלי, תמיכה ב-Qos, שדרוג ואינטגרציה)	
סוגים של רשתות ATM :	
Gateway to ATM WAN, Back bone ATM Switch, Workgroup ATM	
דוגמאות לקונפיגורציות של רשתות ATM LAN	
בקרת זרימה ובקרת שגיאות ברשתות מהירות	19.5
מכניזם בקרת הערוץ Link Control	
טכניקות:	
· Stop and wait	
· Go-Back-N ARQ	
· Selective Reject ARQ	
ניתוח ביצועי טכניקות ARQ בערוץ נקודה לנקודה	
פרוטוקולי תובלה:	19.6
TCP (בקרת זרימה ובקרת עומס)	
TCP/IP over ATM	
פרוטוקולים בשימוש	
תפקיד שכבת ה-AAL5	
ניתוח ביצועים ויתרונות (TCP over VBR and ABR)	
פרוטוקול RTP (Real Time Transport Protocol)	19.7
תיאור הפרוטוקול ומאפיינים	
בקרה ומידע בפרוטוקול RTP	
בקרת זרימה בפרוטוקול TCP	
בקרת עומס בפרוטוקול TCP	
Hub and Switches	20.
סוגי Hub שונים	

- Switching Hub
Store and forward עם חוצץ
Cut through switch ללא חוצץ
יתרונות וחסרונות של כל גישה
- 21 מבוא ותיכון שכבת הרשת
- 21.1 תיכון שכבת הרשת:
השירותים שמספקים שכבת הרשת לשכבת התובלה
ארגון פנימי של שכבת הרשת
עקרונות ניתוב
בקרת עומס
חיבור של רשתות
- 21.2 שירותים מקושרים ושירותים לא-מקושרים
(Connectionless & Connection-Oriented)
פעולות אטומיות של שירותי שכבת הרשת
מעגלים מדומים ומברקים (Virtual Circuit)
סוגי פרוטוקולים בשכבת ה-DLC (ראשוני/משני, Peer-to-peer)
- 21.3 מבוא לרשתות מיתוג:
סוגי רשתות: Broad Cast, Switch Network
שיטות מיתוג: מיתוג מעגלים, מיתוג מנות, שידור הודעה במיתוג מנות, ניתוח רשתות מיתוג
מנות Virtual Circuit, D.6
סקירת אלגוריתמים לבקרת זרימה ברשתות מיתוג
סקירת אלגוריתמים לבקרת שגיאות ובקרת רשת ברשתות מיתוג
22. אלגוריתמי ניתוב
פרק זה מתמקד בעקרונות הניתוב בשכבת הרשת ובאלגוריתמי ניתוב שונים.
במבוא יוסברו סוגי הניתוב השונים: ניתוב מרכזי, ניתוב מבוזר, ניתוב סטטי וניתוב דינמי,
ניתוב במסלול בודד לעומת ניתוב מפוצל וניתוב מקור המשתמש בכותרת ההודעה לקביעת
המסלול. יילמדו עקרונות של ניתוב סטטי מפוצל ובלתי מפוצל. יוסברו הדרישות ממנגנון
הניתוב: ביצועים, נכונות ואמינות. ייבחנו שיטות לחישוב המסלולים הקצרים אל היעד.
- יילמדו אלגוריתמי ניתוב שונים: ניתוב בשיטת Distance Vector, פרוטוקול ניתוב RIP –
Routing Internet Protocol, אלגוריתם Split the Horizon, פרוטוקול ניתוב עבור רשתות
אוטונומיות Routing Information Protocol, ועקרונות ניתוב באמצעות אלגוריתם
Link-State ופרוטוקול OSPF. נתבי OSPF ופרוטוקולים: Hello, Exchange, Flooding.
ניתוב היררכי, ניתוב Broadcast and Multicast.
- במסגרת פרק זה יילמדו גם הנושאים האלה: תהליך בקרת טבלאות הניתוב, קריטריון
למחיקת כניסות ישנות, תכונות של פרוטוקול link-state, ריבוי מסלולים (Multiple Paths),
תיאור תהליך עדכון הטבלה ופרוטוקול ההצפה (Flooding). התפצלות והתאחדות של
הרשת, פרוטוקול Exchange לתיאום של טבלאות וחישוב הנתיב הקצר ביותר (SPF).
- תמיכה בסוגי רשתות שונים: פרוטוקולי הצפה ל-N צמתים, רשתות Broadcast והיררכיה
על ידי חלוקה לאזורים. ניתוב היררכי: חלוקת הרשת לאשכולות, אזורים וקבוצות, נתבים
מיוחדים והקשר ביניהם, שיקולים בתכנון פרוטוקול OSPF, בסיס נתונים מבוזר, תמיכה
ברשתות Broadcast (Ethernet, FDDI), תמיכה ברשתות (ATM, Non-Broadcast)
(X.25) והפרדת רשתות גדולות לאזורים נפרדים.

השפעת הניתוב על התעבורה ברשת ועל ביצועי הרשת וקריטריונים למדידת ביצועי הרשת:
כמות התעבורה והשהיה.

22.1 מבוא לניתוב

מהו ניתוב? שימוש בנתבים ובטבלאות ניתוב למימוש רשת
סוגי ניתוב ומבוא לאלגוריתמי ניתוב
מציאת המסלול הקצר ביותר בגרף
אלגוריתמי ניתוב מסתגלים ובעיית התמודות
22.2 אלגוריתמי ניתוב

בפרק זה יילמדו אלגוריתמי ניתוב שונים בשכבת הרשת.

Shortest Path Routing, Flooding, Flow-based Routing, Distance Vector
Routing (Bellman-Ford), Split Horizon, Link State Routing, Hierarchical
Routing, Routing for Mobile Hosts, Broadcast Routing, Multicast Routing

ניתוב במסלול הקצר ביותר

ניתוב רב מסלולי

ניתוב ריכוזי

ניתוב מבודד

אלגוריתם הצפה

ניתוב מבוזר

ניתוב אופטימלי

ניתוב המבוסס על נתוני זרימה

ניתוב היררכי

ניתוב למטרות הפצה

ניתוב Multicast

23. שכבת התובלה ושכבת היישום

בפרק זה נתמקד בשכבת התובלה ובשכבת האפליקציה ובגישות לבקרת עומס.

23.1 שכבת התובלה

במסגרת שכבת התובלה יתוארו הפונקציות של שכבת התובלה ופרוטוקולי התובלה,
פרוטוקול TCP, עקומות בקרת זרימה ותיאור חבילת נתונים, פרוטוקול UDP ובכלל זה:
TCP, מכניזם החציה, בקרת זרימה, IP ו-TCP ופרוטוקול UDP.

מבוא לשכבת התובלה

שירותי שכבת התובלה

אלמנטים בשכבת התובלה

מיעון (TSAP and NSAP)

הקמת הקשר וסגירתו

בקרת זרימה וחוצצים

פרוטוקולים בשכבת התובלה

דוגמה לשכבת תובלה

פרוטוקולי התובלה באינטרנט (TCP and UDP)

פרוטוקול TCP

תובלה מסוג Connection-Oriented

מבנה סגמנט ה-TCP

ניהול הקשר ומדיניות השידור

דוגמה לאפליקציית Telnet על TCP

בקרת עומס ובקרת זרימה

ניתוח השהיה בחלון עומס סטטי ודינמי

ניהול הטיימרים

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

עקרונות של שידור נתונים אמין
פרוטוקולי ARQ לשידור אמין
פרוטוקולי Go-Back-N ו-SR
פרוטוקול User Data Protocol UDP
תובלה מסוג Connectionless
מבנה סגמנט UDP
TCP לעומת UDP
פרוטוקולי שכבת AAL ברשת ATM
מבנה שכבת AAL Adaptation Layer ATM
תיאור AAL 1, AAL 2, AAL 3/4, AAL 5
השוואת פרוטוקולי AAL
23.2 שכבת האפליקציה
במסגרת שכבת האפליקציה יתוארו יישומים ברשתות TCP/IP כמו: ftp, e-mail, אינטרנט
(http, www) וניהול רשתות מחשבים SNMP. במסגרת זו יילמדו גם: DNS, היררכיה
ותהליך DNS, פרוטוקול DHCP, שדה המידע וזרימת ההודעות.
יישומים ברשתות TCP/IP
יישומי שרת לקוח
קישור בין תהליכים ברשת
ממשק socket עם שכבת התובלה
ממשק API בין היישום לרשת
תהליך המיעון
הממשק בין המשתמש לאפליקציית הרשת (user agent)
ניהול רשתות מחשבים SNMP
אבטחה ברשת
אלגוריתמי הצפנה (Secret-Key, Public-Key)
פרוטוקולי אימות Authentication
חתימות דיגיטליות
מערכת DNS Domain Name System
תיאור המערכת והקצאת השמות
רשומות והודעות DNS
פרוטוקול ניהול רשת SNMP
דואר אלקטרוני
פרוטוקול SMTP
ארכיטקטורה ושירותים
שליחה וקבלה של דואר
תצורת ההודעה
העברת ההודעה ופרטיות
WWW-World Wide Web
צד השרת וצד הלקוח
פרוטוקול HTTP
תצורת ההודעה
כתיבת דף WEB ב-HTML
פרוטוקול FTP
מבוא למולטימדיה
23.3 בקרת עומס

בפרק זה גם יוסבר הצורך בבקרת עומסים ברשת תקשורת. בהמשך לפרק הקודם תיבחן
השפעת סוג הניתוב והמסלולים על העומס המרבי ועל התעבורה ברשת. יוגדרו קריטריונים

למידת ביצועי הרשת: כמות התעבורה והשהיה. כמו כן יילמדו גישות לבקרת הזרימה Flow Control ולבקרת העומס Congestion Control. מניעת עומס בשכבות השונות וניהול העומס (Traffic Shaping) באמצעות אלגוריתמים שונים כמו: Leaky Bucket and Token Bucket Algorithms.

23.3.1 מבוא לבקרת עומס ובקרת זרימה

הצורך בבקרת עומס ברשתות תקשורת

מבוא לאלגוריתמים לבקרת עומס

23.3.2 הקצאה מוקדמת של חוצצים

23.3.3 זריקת מנות (Choke Packets)

23.3.4 הגבלת מספר המנות בתת-רשת

23.3.5 שימוש בבקרת זרימה

23.3.6 מנות האטה

23.3.7 מבוי סתום

23.3.8 בקרת עומס עבור Multicasting

אלגוריתמי בקרת עומס במקרה של Multicasting

פרוטוקול RSVP

24. חיבור של רשתות

בפרק זה יורחב ההסבר על מרכיבי הרשת השונים ועקרונות החיבור בין רשתות. רשתות וחיבור בין רשתות: פרוטוקולי חיבור, סוגי פרוטוקולים, רשתות LAN, רשתות WAN, חיבור בין רשתות שונות.

24.1 חיבור של רשתות לפי OSI

חיבור מסוג: Connectionless Internetworking

חיבור בין רשתות שונות בטכניקת Tunneling

ניתוב בין רשתות באמצעות Gateway Protocol

פרגמנטציה של חבילות ברשת

מבוא לסינון בנתבים: Firewalls

24.2 סוגי ממסרים

24.3 משחזרים

24.4 גשרים

24.5 שערים

24.6 השוואה בין שערים לשירותים מקושרים

השוואה בין שערים לשירותים לא-מקושרים

24.7 מעגלים מדומים ומברקים בחיבור של רשתות

24.8 תיאור התכנה בגשרים

24.9 תיאור התכנה בשערים

25. שכבת הרשת ברשתות שונות

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

פרק זה מתמקד בשכבת הרשת ברשתות שונות ותעבורת המידע ברשת WAN. במסגרת הפרק יכוסו הנושאים האלה: פרוטוקולי TCP/IP ומודל ה-TCP/IP, רענון תפקידי שכבת הרשת, ניתוב ומיעון ברשתות IP, עקרון הניתוב, כתובות IP, מיעון והקצאת כתובות.

הלימוד של שכבת הרשת באינטרנט יכלול: תיאור הממשק בין רשתות, פרוטוקול IP ופרוטוקולי בקרה בשכבת הרשת באינטרנט, פרוטוקולי ניתוב ברשתות TCP/IP ותמיכה ב-Multicasting, כיסוי נושא ניתוב IP ובכלל זה: מחסנית הניתוב, מרכיבי טבלת ניתוב, פעולת הניתוב, משלוח וניתוב על ידי שער חיבור, העברת IP ובקרת HOP.

כמו כן יילמדו בפרק זה שכבת הרשת והניתוב ברשתות ATM.

25.1 שכבת הרשת ברשתות הציבוריות

25.2 שכבת הרשת ברשת ARPANET ופרוטוקול IP

25.3 שכבת הרשת בפרוטוקולי MAP ו-TOP

25.4 שכבת הרשת ברשת USENET

שכבת הרשת באינטרנט

פרוטוקול IP וכתובות IP

פרוטוקול SIPP - IPv6 Simple Internet Protocol Plus (SIPP)

תת-רשתות Subnets

פרוטוקולי בקרה בשכבת הרשת באינטרנט: ICMP, ARP, RARP, BOOTP

The Internet Control Message Protocol (ICMP)

The Address Resolution Protocol (ARP)

The Reverse Address Resolution Protocol (RARP)

פרוטוקולי ניתוב ברשתות TCP/IP: RIP, OSPF, BGP,

The Internet Gateway Routing Protocol: OSPF HELLO

The Exterior Gateway Routing Protocol: BGP

תמיכה ב-Multicasting באינטרנט ופרוטוקול ניהול IGMP

Internet Group Management Protocol (IGMP)

25.6 שכבת הרשת וניתוב ברשתות ATM

מבנה של רשת ATM ומודל השכבות של ATM

תצורת התא הבסיסי לשידור ותכונות

הקמת הקשר (Connection Setup)

ניתוב ומיתוג ברשתות ATM

קטגוריות שירות וטיב השירות QoS

סוגי תעבורה: CBR, VBR, ABR, UBR

אלגוריתם לניהול העומס ו-Traffic Shaping

Admission Control בקרת עומס:

Resource Reservation

Rat-Based Congesti on

Control

לימודי התנסות הקדמה

מטרת המעבדה לרשתות לאפשר התנסות מעשית בנושאים השונים הנלמדים בתכנית הלמידה. הניסויים במעבדה מקנים לסטודנט ידע מעשי בתחום רשתות תקשורת מהירות, רשתות LAN ורשתות WAN, רשתות מיתוג מנות, ISDN ורשתות ATM. בניסוי בנושא ATM תתורגל תקשורת באמצעות רשת ATM (Asynchronous Transfer Mode) בהתמקדות במנגנון הניתוב של ATM ובתקשורת IP על רשת זו (IP over ATM).

מערך הניסויים והתרגול במעבדה יקיף את הנושאים האלה:

1. ניתוב IP (IP Routing)

חזרה על עקרונות הניתוב בשיטות שונות וניתוב חכם ברשת: חיבור נתבים ברשת IP, ניתוב הודעות על ידי פרוטוקול OSPF או RIP, בניית טבלאות ניתוב סטטיות עבור כל נתב, הגדרות וקונפיגורציה בנתבים, הוספת כתובות IP בנתב, ניתוב הודעת ping, בדיקות בניתוב סטטי ותרגול ניתוב דינמי RIP2.

2. ניתוב IP וגיבוי דינמי (VRRP)

למידה של עקרונות גיבוי דינמי של נתבים ושימוש בפרוטוקול ניתוב RIPv2 ופרוטוקול VRRP. בשלב הראשון יצירת קישור בין הנתבים על ידי הפעלת פרוטוקול ניתוב דינמי RIP2 ולאחר קישור וגיבוי אחד של השני בדינמיות, שימוש בפרוטוקול VRRP לבדיקת גיבוי במקרה קריסה של אחד הנתבים.

3. המרת כתובות ברשת (IP NAT)

למידה של עקרונות המרת כתובות ברשת האינטרנט לצורכי גיבוי, אבטחה, שרידות ויישומם בנתבים. בחינה ויישום של כמה שיטות ניתוב והמרת כתובות לפי הצרכים השונים של תכנון הרשת. המרת כתובות מרשת פנימית לרשת ציבורית (Outbound), המרת כתובות מרשת ציבורית לרשת פנימית (Inbound) וביצוע המרת כתובות לפי זיהוי על ידי פורטים של TCP/UDP (TCP/UDP MAP). גיבוי שרתים באמצעות יישום LoadShare המאפשר להגיע לכמה שרתים באמצעות כתובת אחת חוקית המוכרת בעולם. בכל כניסה לכתובת החוקית מגיעים לכתובת שונה ברשת הפרטית (גיבוי שרתי WEB).

4. עקרונות Fire Wall ברשת (IP FW)

למידה של עקרונות FIRE WALL ברשת מבוססת IP. יצירת קישור ממגן הכולל סימונים ואבטחה בשתי רמות סינון: רשת FRAME-RELAY פרטית ורשת האינטרנט. הגדרת קיר האש בנתבים ברמת הפורט. תרגול של חסימה ואפשר של אפליקציות IP נפוצות

(Ftp, Telnet, HTTP, Ping).

ניסויי בחירה

1. עקרונות Emulation LAN

למידת העקרונות של דמוי רשת אינטרנט מקומית (LAN) על גבי רשת ATM ויישום LANE באמצעות מתגים של CISCO או חברת FORE. שימוש ב-LAN Emulation כדי לאפשר ליישומי רשת LAN קיימים ולפרוטוקולי תקשורת לפעול מעל רשתות ATM.

2. ניתוב ברשת ATM

יישום של ניתוב ברשת ATM על גבי דמויי רשת Ethernet (LANE) בנתבים של חברת CISCO או של חברת FORE. הגדרה של מספר ELANS ב-ATM SWITCH ואפשרות של ניתוב ATM בין הרשתות.

3. IP over AT

למידה של עקרונות IP over ATM ויישום פרוטוקול CLASSICAL IP על רשתות ATM. הגדרה ויצירה של תת-רשתות IP בין תחנות המחוברות למתג ATM ואפשרות של ניתוב IP.

מעבדה המבוססת על ציוד תקשורת כלשהו (Switch + Router)

מערך הניסויים במעבדה המבוססת על ציוד CISCO מאפשר תרגול מעשי של הנושאים האלה:

תרגול של מודל שבע השכבות של מודל OSI והשוואתו למודל TCP/IP ותרגול נושא הניתוב: התקנה וקונפיגורציה של נתבים וחיבורם ברשת, ריבוי נתבים ותת-רישות.

תרגול ותכנון של רשתות מיתוג LAN ו-Ethernet VLANs: תרגול וניהול Ethernet Switch, קונפיגורציות שונות למתג, קונפיגורציה של רשתות VLAN. במסגרת המעבדה יבוצע תכנון של רשת LAN קטנה המשרתת מספר בניינים על פי דרישות בסיסיות. התכנון יתמקד בטופולוגיה הפיזית ובמרכיבי שכבת הקו: Data link Layer.

תרגול בנושא ניתוב ופרוטוקולים עיקריים של ניתוב. בחינת דוגמאות של כל סוג פרוטוקול ושימוש בפקודות IOS שונות בנתב לבחינת הפרוטוקולים הפעילים בנתב המסוים. עבודה עם פרוטוקול Interior Gateway Routing Protocol IGRP לתקשורת בין הנתבים ברשת להחלפת מידע ביניהם ובחינת המסלולים האפשריים. קביעת מסלול המידע בין רשתות ושימוש במדדים לבחירת המסלול האופטימלי. כמו כן יתורגל פרוטוקול ניתוב IPX של NT בשכבת הרשת: קונפיגורציה, מיעון ב-IPX וסוגי Encapsulation.

בחינה וויסות של העומסים ברשת: ויסות העומס המותר למעבר דרך הנתב כתלות במקור העומס וסוגו. שימוש בכלי ACL לבקרה איזה חבילות ולאיזה סוג חבילות יש לאפשר מעבר דרך הנתב מרשת אחת לרשת אחרת. במסגרת הניסויים בנושא זה תבוצע סימולציה של דוגמה אמיתית בעבודה עם ריבוי ACL לסימולציה של ויסות העומס המותר למעבר דרך מספר נתבים לשרתים שונים ולאינטרנט.

בחינת האספקט של דרישות אבטחת מידע, הרשאות משתמש ויישום Firewall בנתבים, ומבוא לפרוטוקול פשוט SNMP לניהול רשת.

חלקה השני של המעבדה מתמקד בטכנולוגיית WAN, רשת ISDN ובפרוטוקול Frame Relay למיתוג מנות ברשת WAN. במסגרת הניסויים במעבדה יתורגל תכנון ויישום של טכנולוגיית WAN: מבוא לרשתות WAN ובחינת תפקידם של נתבים ברשתות אלו, פריסה של מתגים ושל יחידות CSUs/DSUs, PPP Link Negotiation, PPP Encapsulation, ופריסת קווים ייעודיים. התלמיד יתרגל את השלבים השונים בתכנון WAN: הבנת דרישות הלקוח, ניתוח זמינות, אפיון עומסים וניתוחם, גרעין רשת ה-WAN, מודל היררכי דו-שכבתי, Frame Relay Link.

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

בנושא רשת ISDN (Integrated Services Digital Network) יוקנו לתלמיד מושגים בסיסיים וידע בנושא התקנים ציוד ותווך וקישוריות ב-ISDN. במסגרת המעבדה יורחב הידע של התלמיד בנושא טכנולוגיית WAN וניהול רשת. התלמיד יתרגל בניסוי מתאים את פרוטוקול Frame Relay למיתוג מנות לצורך חיבור התקנים ברשת WAN.

ניסויים במעבדה

ניסוי 1: (מודל OSI וניתוב)

- 1.1 רענון ובחינת שבע השכבות של מודל OSI בהתייחס למודל TCP/IP
- 1.2 רענון של קביעת setup לנתבים וחיבורם בטופולוגיית רשת.
- 1.3 הדגמה של ההתקנות במעבדה וכיצד תת-רישות מתייחס לריבוי נתבים.
- 1.4 עדכון גרסה בתכנת IOS בנתב.

ניסוי 2: מיתוג LAN

- 2.1 בחינת מתג Ethernet לאיסוף מידע על מאפייניו הפיזיים והערכת פונקצית המיתוג ברשת
- 2.2 ניהול של מתג Ethernet ומבוא למיתוג מתקדם כמו VLAN
- 2.3 קונפיגורציה למתג לעבודה באופן של מיתוג Fragment-Free. תכנות של port לתמיכה ב-Full Duplex ובאופן פעולה של Port Fast.
- 2.4 קונפיגורציה של מתג עבור גישה של IP and HTTP . ביצוע ping and telnet למתג.

ניסוי 3: רשתות מיתוג VLANs

- 3.1 עבודה עם רשתות Ethernet VLANs. שימוש ברשתות מיתוג VLANs כדי להפריד קבוצות משתמשים בפונקציונליות ולא על סמך המיקום הפיזי.
- 3.2 בחינת הקונפיגורציה ותפריט הניהול של רשתות VLANs באמצעות המתג
- 3.3 הצגת מידע על החמרה והתכנה של המתג, זיכרון המתג ואופציות שונות. שימוש בשרת TFTP לעדכון מתג לגרסה חדשה של תכנה Firmware software.

ניסוי 4: ניסוי בנושא תכנון LAN

- 4.1 תכנון של רשת LAN קטנה המשרתת מספר בניינים על פי דרישות בסיסיות. התכנון יתמקד בטופולוגיה הפיזית ובמרכיבי שכבת הקו: Data link Layer שלבים בתכנון על פי פרויקט דוגמה: מיקום השרתים, הבנת הדרישות, קביעת העומס ברשת, מהירות והרחבה, סכמת חיווט של הרשת, מטרות תכנון בשכבת הקו ודרישות של טופולוגיית הרשת. הגדרת מטרות התכנון בשכבה 3 ונושא המיעון.

ניסוי 5: פרוטוקול ניתוב IGRP

- 5.1 תרגול בנושא ניתוב ופרוטוקולים עיקריים של ניתוב, המאפשרים לנתב לתפקד. בחינת דוגמאות של כל סוג פרוטוקול ושימוש בפקודות IOS שונות בנתב לבחינת הפרוטוקולים הפעילים בנתב המסוים.
- 5.2 עבודה עם פרוטוקול IGRP Interior Gateway Routing Protocol (IGRP) לתקשורת בין הנתבים להחלפת מידע ביניהם על הרשת ועל המסלולים האפשריים. שימוש במדדים לבחירת המסלול האופטימלי על ידי IGRP.
- 5.3 קביעת המסלול שהמידע עובר דרך Internetwork באמצעות תכנה גרפית: NeoTrace

ניסוי 6: Access Control Lists (ACLs)

- 6.1 ויסות העומס המותר למעבר דרך הנתב בהתבסס על המקור: תחנת עבודה או שרת ברשת.
- 6.2 ויסות העומס בנתב כתלות במקור העומס וסוגו. שימוש בכלי ACL לבקרה לאיזה חבילות ולאיזה סוג חבילות יש לאפשר מעבר דרך הנתב מרשת אחת לרשת אחרת.
- 6.3 סימולציה של דוגמה אמיתית בעבודה עם ריבוי ACL לסימולציה של ויסות העומס המותר למעבר דרך מספר נתבים לשרתים שונים ולאינטרנט.
- 6.4 בחינת האספקט של דרישות אבטחת מידע, הרשאות משתמש ויישום Firewall בנתב

ניסוי 7: Novell IPX

- 7.1 פרוטוקול ניתוב IPX של Novell: Internetwork Packet Exchange. בחינת פרוטוקול בשכבה 3 (כמו IP או IPX) המכילים בחבילות שלהם מידע המציין מאיזה רשת נשלחה החבילה ולאיזה רשת היא מיועדת.
- 7.2 קונפיגורציה של Novell IPX, מיעון ב-IPX, סוגי Encapsulation ויישום של IPX
- 7.3 שימוש בפקודות IPX כמו: show ipx, ipx routing, maximum-paths
- 7.4 מבוא לפרוטוקול פשוט SNMP לניהול רשת

ניסויים במעבדה – רשת רחבה

1. טכנולוגיית WAN

- 1.1 בחינת תכנון יישום של טכנולוגיית WAN: פריסה של מתגים ושל יחידות CSUs/DSUs, PPP Link Negotiation, PPP Encapsulation ופריסת קווים ייעודיים.
- 1.2 מעבדת מבוא לרשתות WAN ובחינת תפקידם של נתבים ברשתות אלו
- 1.3 שלבים בתכנון WAN: הבנת דרישות הלקוח, ניתוח זמינות, אפיון וניתוח עומסים, גרעין רשת ה-WAN, מודל היררכי דו-שכבתי, Frame Relay Link

2. ניסוי לבחינת פרוטוקול נקודה לנקודה PPP

3. מבוא לרשת ISDN Integrated Services Digital Network

3.1 מושגים בסיסיים והתקנים

3.2 קישוריות ב-ISDN, ציוד ותווך

4. מבוא ל-Frame Relay

4.1 ניסוי בפרוטוקול Frame Relay למיתוג מנות לצורך חיבור התקנים ברשת WAN

4.2 הרחבת הידע בנושא טכנולוגיית WAN באמצעות ה-WEB

4.3 ניהול רשת: התמקדות בפרוטוקול FR למיתוג מנות ברשת WAN

5. תת-רשתות

5.1 קונפיגורציה בסיסית של נתב

5.2 קונפיגורציה של ניתב IPX

5.3 סטנדרטים בקונפיגורציה ו-IP Access Lists

5.4 אתחול הנתב

ביבליוגרפיה

Black, U. "ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks", 2/e Prentice Hall, 1999.

Black, U. "ATM, Volume III: Internetworking With ATM", Prentice Hall, 1998

U. Black, *Data Link Protocols*, Prentice-Hall, 1997.

D. E. Comer, *Internetworking with TCP/IP, vol. 1* (3ed. edition), Prentice-Hall, 1995.

D. Ginsburg, *ATM, solutions for enterprise internetworking*, Addison Wesley, 1996.

C. Huitema, *Routing in the Internet*, Prentice Hall, 1995.

Karim, M.r. "ATM, Volume III: Internetworking With ATM", Prentice Hall, 1999.

S. Keshav, *An Engineering Approach to Computer Networking*, Addison Wesley, 1997.

Partridge C., "Gigabit and Broadband Internetworking", Addison-Wesley, 1993.

Seifert R., "*Gigabit Ethernet, Technology and Applications for High-Speed LANS*", Addison-Wesley, 1998.

W Stallings, *Data and Computer Communications*, Prentice-Hall, 1997.

Stallings W., "*High Speed Networks: TCP/IP and ATM Design Principles*", Prentice Hall, 1998.

Stallings W., "*ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM*", 4/e Prentice Hall, 1999.

W. Stallings, *Networking Standards (A guide to OSI, ISDN, LAN...)*, Addison Wesley, 1993.

A.S. Tanenbaum, *Communication Networks*, Prentice-Hall, 1996.

ספרי לימוד

1. A. Tanenbaum, Computer network, Prentice Hall, 4th Edition, New Jersey, 2003.
2. D. Comer and D. Stevens, Internetworking with TCP/IP, Vol, III, Client Server programming and applications – Windows sockets version, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1997.

ספרות עזר

1. E. Harold, Java network programming, O'Reilly & Associates, Sebastopol, CA., 2000.
2. C Huitema, Routing in the Internet, Routing in the Internet 2nd Edition, 2000.
3. D. Comer, The complete TCP/IP training course boxed set, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 2000.
4. E. Ramos, A. Schroeder and A. Beheler, Computer networking concepts, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1995.
5. W. Stallings, Data computer and communication, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1997.