These materials have been reproduced from Educational IT Alliance Network Web Site for the Students of Amal Aleph Petah Tikva ONLY.
All the Copyrights are from Educational IT Alliance Network.

פרוטוקול IP

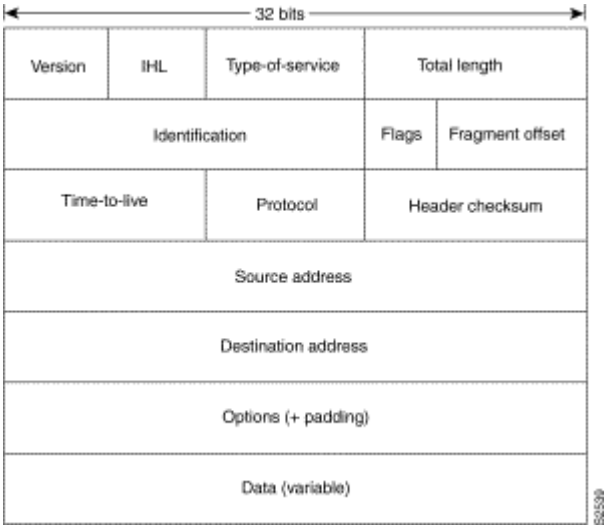
IP הינו פרוטוקול השייך לשכבת הרשת (שכבה 3)המכיל מידע מיעון ומידע בקרה המאפשר למנות להיות מנותבות ברשת. IP המוגדר במסמך RFC 791 הינו הפרוטוקול משכבת הרשת העיקרי במקבץ פרוטוקולי האינטרנט, ויחד עם TCP, הוא מייצג את הלב של האינטרנט. IP אחראי לשני תפקידים עיקריים:

לספק קישוריות חסרת חיבור(Connectionless), ולשלוח נתונים במירב המאמצים (Best Effort)

ותפקידו שני הוא לספק חלוקה למקטעים והרכבתם מחדש, כדי להתאים לשינויים בגודל יחידת הנתונים(MTU) שמציבים פרוטוקולי שכבת עורק נתונים.

המסגרת של פרוטוקול IP

מסגרת IP מכילה סוגים שונים של מידע , כמתואר באיור 2-30:



תיאור שדות המסגרת המתוארים באיור:

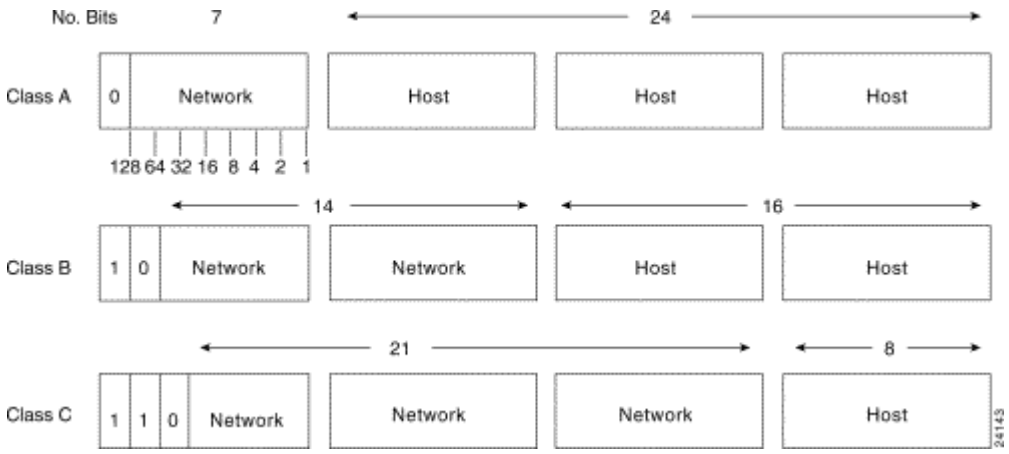
- **Version**: גרסת הפרוטוקול בשימוש כאשר הגרסה הנוכחית היא 4.
- **Header Length**: אורך הכותרת בכפולות של 32 סיביות.
- **Type-Of-Service**: ציון כיצד השכבות העליונות רוצות שהמנה תטופל וציון סוגי קדימויות לטיפול במנות הנתונים.
- **Total length**: גודל מנת IP בבתים, כולל כותרת והנתונים.
- **Identification**: ערך שלם כלשהו המשמש לזיהוי מנת הנתונים מתוך רצף מנות. הזיהוי דרוש כדי שתחנת היעד תדע לזהות ולחבר מנות ששייכות לאותו צרור נתונים(Datagram).
- **Flags**: הסיבית הראשונה שמורה לשימושים עתידיים. סיבית שנייה מציינת אם ניתן לחלק את הנתונים למקטעים 0= (Fragmentation) ניתן לחלק את רצף הנתונים לקטעים, 1= לא ניתן לחלק את הנתונים . תפקיד הסיבית השלישית לציין את המקטע (Segment) הוא האחרון בצרור הנתונים: 0 = החלק האחרון מכלל חלקי הצרור(או שהוא היחיד), 1=

יש קטעים נוספים השייכים לצרור נתונים זה.

- **Fragment Offset**: המיקום היחסי של הקטע בתוך צרור הנתונים המקורי כולו, דבר העוזר לתחנת היעד לבנות מחדש את ההודעה, לפי הסדר הנכון של המקטעים.
- **Time To Live (TTL)**: מנגנון מניה שערכו יורד בכל מעבר בנתב עד ל- 0. תפקיד המנגנון הוא למנוע מהמנה לנוע בלולאה אין סופית ברשת.
- **Protocol**: כינוי הפרוטוקול בשכבה הרביעית, הגבוהה יותר, שימשיך לטפל במנת הנתונים.
- **Header Checksum**: שדה העוזר להבטיח אמינות ערך המנה.
- **Source Address**: כתובת הרשת של תחנת המקור.
- **Destination Address**: כתובת הרשת של תחנת היעד.
- **Option**: שדה המאפשר לפרוטוקול לתמוך בשירותי עזר כגון אבטחת מידע.
- **Data**: שדה המכיל מידע משכבות עליונות.

סוגי כתובות IP

איור 4-30 מתאר את מבנה הכתובות המותרות לשימוש מסחרי:



את סוג כתובת ה- IP ניתן לזהות בקלות, ע"י בדיקת הבית הראשון בכתובת, ומיפויו לפי הטבלה הבאה. אם כתובת IP היא 172.31.1.2, אז כפי שרואים הבייט הראשון הוא 172, ומאחר ש- 172 נמצא בין 128 ל- 192 הוא שייך ל-סוג Class B (B).האיור הבא מתמצת את טווח הערכים בבייט הראשון לכל Class.

Address Class	First Octet in Decimal	High-Order Bits
Class A	1 Ð 126	0
Class B	128 Ð 191	10
Class C	192 Ð 223	110
Class D	224 Ð 239	1110
Class E	240 Ð 254	1111

246144

רשתות משנה

אפשר לחלק את רשת IP לרשתות קטנות הנקראות רשתות משנה, או Subnets. רשת משנה נותנת למנהל הרשת יתרונות רבים, כגון גמישות ויעילות בניצול מרחב הכתובות העומד לרשותו.

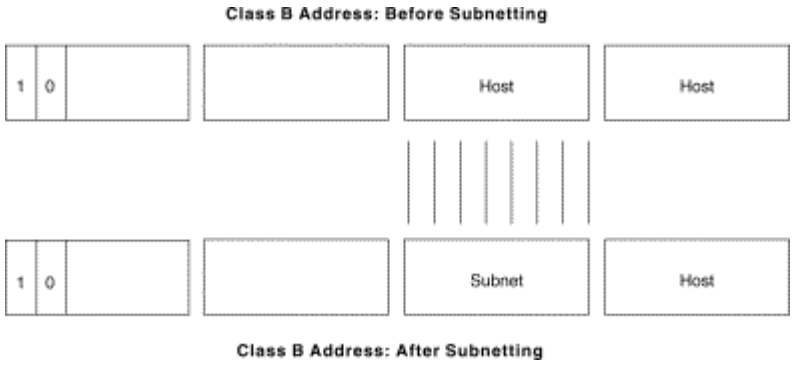
רשת משנה נמצאת תחת ניהול מקומי של מנהל הרשת, וככזו העולם החיצון רואה אותה ואת כל יתר רשתות המשנה של ארגון מסוים כרשת אחת. כך, מידע אודות הרשתות הפנימיות של הארגון אינו נראה מבחוץ.

בהינתן כתובת רשת ניתן לפצלה לכתובות משנה רבות. לדוגמא: הכתובות :172.16.1.0, 172.16.2.0, 172.16.3.0 ו- 172.16.4.0 הן רשתות משנה של הרשת 172.16.0.0כל האפסים בחלק הכתובת השייך לתחנות מציינים את כל הרשת.

תבנית רשת משנה- Subnet Mask IP

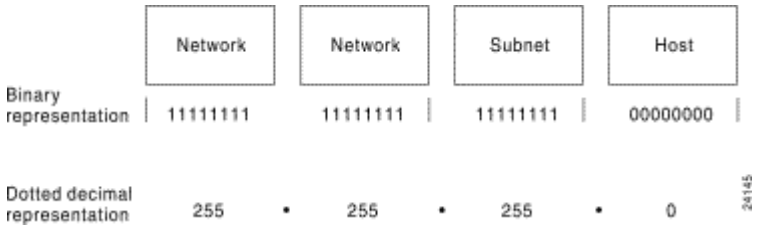
רשתות משנה מוגדרות, או נוצרות ע"י השאלת סיביות משדה "כתובת התחנה" שבכתובת IP, וייעודם כשדה "רשת משנה". מספר הסיביות שמושאל בדרך זו, נתון להחלטת מנהל הרשת, ומציין את כתובת רשת המשנה (Subnet Mask).

איור 6-30 מתאר כיצד מושאלות סיביות משדה כתובת התחנה, כדי ליצור את שדה תבנית רשת המשנה.



תבנית כתובת רשת המשנה דומה לזו של כתובת IP רגילה. הערך "1" בבינארי מציין את חלק הרשת ואת חלק רשת המשנה, והערך "0" מציין את חלק התחנה.

איור 7-30 הוא דוגמא לתבנית רשת משנה.



הסיביות של רשת המשנה חייבות ברוב היישומים להיות צמודות לחלק כתובת הרשת, כפי שניתן לרואת מאיור 8-30. האיור מראה פיצול לרשתות משנה של כתובות מסוג B או C. כתובות מסוג A לא נידונות בפרק מאחר שהחלוקה בכתובות מסוג זה נעשות בגבולות של 8

סיביות.

128	64	32	16	8	4	2	1		
1	0	0	0	0	0	0	0	=	128
1	1	0	0	0	0	0	0	=	192
1	1	1	0	0	0	0	0	=	224
1	1	1	1	0	0	0	0	=	240
1	1	1	1	1	0	0	0	=	248
1	1	1	1	1	1	0	0	=	252
1	1	1	1	1	1	1	0	=	254
1	1	1	1	1	1	1	1	=	255

24146

מספר סוגים של רשתות משנה קיימים לרשתות מסוג B או C.

ברירת המחדל של תבנית כתובת הרשת לכתובת מסוג B היא ללא חלוקה, דהיינו 255.255.0.0, כאשר תבנית רשת המשנה לכתובת מסוג B, 171.16.0.0 שמציינת חלוקה של 8 ביטים היא 255.255.255.0. הסיבה לכך היא שחלוקה ב- 8 סיביות או 2^8-2 (1 לכתובת הרשת ו- 1 לכתובת ה- Broadcast) שווה ל- 254 רשתות משנה אפשריות, כאשר לכל רשת משנה 2^8-2=254 תחנות אפשריות.

התרשימים המתוארים בטבלה הבאה ובטבלה שלאחר מכן, עשויים לשמש כאשר מתכננים רשתות מסוג B או C, כדי לקבוע את מספר רשתות המשנה והתחנות ואת תבנית רשת המשנה המתאימה.

Number of Hosts	Number of Subnets	Subnet Mask	Number of Bits
16382	2	255.255.192.0	2
8190	6	255.255.224.0	3
4094	14	255.255.240.0	4
2046	30	255.255.248.0	5
1022	62	255.255.252.0	6
510	126	255.255.254.0	7
254	254	255.255.255.0	8
126	514	255.255.255.128	9
62	1022	255.255.255.192	10
30	2046	255.255.255.224	11
14	4094	255.255.255.240	12
6	8190	255.255.255.248	13
2	16382	255.255.255.252	14

שימוש ב- Subnet Mask כדי לקבוע את כתובת הרשת

הנתב מבצע מספר פעולות כדי לקבוע כתובת הרשת או יותר מדויק, את רשת המשנה.

ראשית, הנתב מחלץ את כתובת היעד(IP Destination Address) מהמנה הנכנסת, ומאחזר את כתובת רשת המשנה.

לאחר מכן, הוא מבצע פעולת "וגם" לוגית (AND) בין הכתובת לבין כתובת תבנית רשת המשנה, כדי לקבל את כתובת הרשת. פעולה זו גורמת לחלק "כתובת התחנה" של כתובת היעד לרדת, ונשאר רק חלק "כתובת הרשת".

הנתב אז בודק את כתובת היעד , ומתאים אותה ליציאה המתאימה. לבסוף, הוא שולח את מנת הנתונים אל כתובת היעד, דרך היציאה המתאימה.

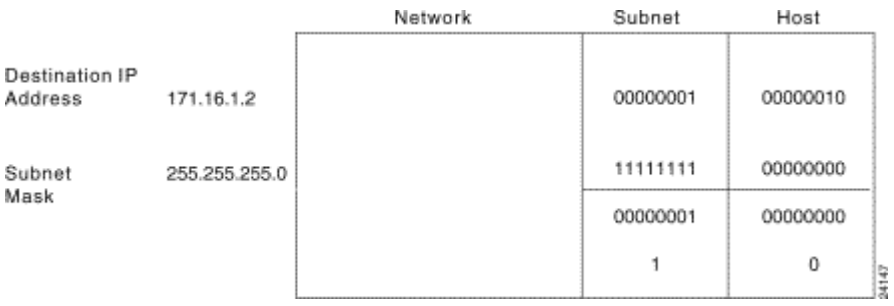
פעולת ה- AND הלוגי:
יש 3 חוקים שעוסקים בביצוע AND לוגי בין שני מספרים. ראשית,1 AND 1 מניב 1.

חוק נוסף: 1 AND 0 מניב 0. ולבסוף 0 AND 0 מניב 0. טבלת האמת המתוארת בטבלה הבאה מסכמת את החוקים שהסברנו.

Output	Input	Input
1	1	1
0	0	1
0	1	0
0	0	0

שני קוים מנחים קיימים כדי להזכיר את פעולת ה- AND הלוגי: "1 "ANDing עם 1 נותן את הערך המקורי, אך ביצוע "ANDing" של 0 עם כל ספרה מניב 0.

איור 9-30 מתאר פעולת AND בין כתובת היעד לבין כתובת תבנית רשת המשנה. התוצאה המתקבלת היא כתובת רשת המשנה עצמה.



פרוטוקול ARP- Address Resolution Protocol

כדי שנתונים יוכלו לעבור בין שני תחנות ברשת תקשורת, חייב להתבצע מיפוי בין כתובת IP של התחנה, לבין הכתובת הפיזית שלה- MAC Address. ע"י שידור לכל broadcast של ARP, תחנה יכולה לגלות באופן דינמי את כתובת ה- MAC שלה המקבילה לכתובת IP הספציפית שלה.

לאחר שקבלה את כתובת ה- MAC Address שלה, התחנה שומרת כתובת זו בזיכרון המטמון שלה (cache), וכך בפעם הבאה שתצטרך את הכתובת הזו היא תיגש לזיכרון המטמון, ותשלוף אותו משם. לאחר זמן מסוים שהמיפוי במטמון לא התעדכן המיפוי נמחק (flush).

מטרת פרוטוקול RARP-Reverse Address Resolution Protocol, הקיים אף הוא, היא לאפשר לתחנה למצוא כתובת IP כאשר ידועה לה רק הכתובת הפיזית שלה, כלומר הפעולה ההפוכה ל-ARP. היישום העיקרי של RARP הוא לאפשר לתחנות הפועלות ללא דיסק(diskless), למצוא את כתובת IP שלהן, כדי שתוכלנה להתחיל לעבוד ברשת.

קיים שרת ברשת שבו נשמרת טבלת מיפוי בין כתובות פיזיות לבין כתובות IP, ועל שרת זה RARP נסמך.

הניתוב ב- Internet

התקני ניתוב נקראו באופן מסורתי gateways (שערים). בטרמינולוגיה כיום המונח "שער" מתייחס להתקן ספציפי המבצע תרגום עד רמת האפליקציה (רמה 7) בין התקנים שונים ה"מדברים" בשפה שונה. Interior Gateways מתייחס להתקנים המבצעים הפונקציות האמורות בין מכונות או רשתות תחת ניהול אחד, כגון רשת פנימית של ארגון. רשתות אלו ידועות בשם מערכות אוטונומיות. Exterior Gateways מבצעים הפונקציונליות האמורה בין מערכות אוטונומיות נפרדות.

נתבים בתוך האינטרנט מאורגנים היררכית. נתבים להעברת מידע בתוך מערכת אוטונומית נקראים interior routers, המשתמשים במגוון של פרוטוקולי ניתוב Interior Gateway Protocol (IGPs) כדי לבצע את משימתם.
פרוטוקול RIP-Routing Information Protocol הוא דוגמא ל- IGP.

ניתוב IP

ניתוב IP הוא דינמי. ניתוב דינמי הוא ניתוב של מסלולים בצורה אוטומטית במרווחים קבועים ע"י תוכנה בהתקני הניתוב. ההפך מזה הוא הניתוב הסטטי static routing, בו הניתובים נקבעים ע"י מנהל הרשת והם אינם משתנים אלא על ידו.

טבלת ניתוב, שמורכבת מזוגות של כתובת יעד- הקפיצה הבאה (hop) בדרך ליעד, משמשת בניתוב דינמי. כניסה בטבלה, לדוגמא, ניתנת לתרגום כ: כדי להגיע לרשת 172.31.0.0, שלח את המנה דרך יציאה Ethernet 0 (E0).

ניתוב IP מחליט לגבי תעבורה של מנת IP קפיצה אחת בכל פעם. המסלול המלא מהמקור ליעד לא ידוע בתחילת המסע. במקום זאת, בכל נתב, היעד הבא עד ליעד הסופי מחושב ע"י השוואת כתובת היעד בתוך המנה לכניסות בטבלת הניתוב.

אחריותו של כל התקן בתהליך הניתוב מוגבלת להעברת המנות בהתבסס על מידע פנימי שיש להתקן.

ההתקנים לא בודק האם המנות הגיעו ליעדם הסופי, או אף אם קרתה טעות בכתובת והמנה עלולה לחזור למקור בלולאה אין סופית. משימה זו שמורה לפרוטוקול אחר,

פרוטוקול TCP- Transmission Control Protocol

TCP מספק תשדורת אמינה של נתונים בסביבת IP. TCP מקביל לשכבה הרביעית במודל OSI. בין השירותים ש- TCP מספק נמצאים: העברת רצף של נתונים, אמינות, בקרת זרימה יעילה, עבודה דו-סטרית מלאה ו- multiplexing.

תכונה זו של העברת רצף של נתונים(stream data transfer) מאפשרת ל- TCP לשלוח רצף של בייטים המזוהים ע"י מספור סדרתי. שירות זה מטיב עם אפליקציות מאחר שהאפליקציות עצמן אינן נדרשות לחתום את בלוקי המידע לפני מסירתם ל- TCP. במקום, TCP מקצץ המידע למקטעים (Segments), ומעביר אותם ל- IP לשם שליחתם.

TCP מספק אמינות מאחר שהנו תלוי-קשר (connection oriented), ולכן מספק תשדורת אמינה של מידע מקצה לקצה על גבי הרשת. זה נעשה ע"י מספור סדרתי של הבייטים המציינים ליעד מהו הבייט הבא שהמקור מצפה לקבל. בייטים שלא קיבלו אישור תוך פרק זמן על קבלתם, נשלחים מחדש. מכניזם האמינות של TCP מאפשרת להתקנים להתעסק באיבוד, השהייה, הכפלה או מנות שפורשו לא כהלכה. מכניזם ה- time-out מאפשר להתקנים לגלות מנות אבודות ולבקש שידור מחדש.

TCP מציעה בקרת זרימה אפקטיבית, ז"א, כאשר נשלח אישור קבלה
(acknowledge) בחזרה למקור, תהליך TCP המקבל בוחן את המספר הסדרתי הגבוה ביותר שהוא יכול לקבל מבלי להציף את החוצצים הפנימיים שלו.
בפעולת Full-duplex , הכוונה היא שתהליכי TCP יכולים הן לקבל והן לשדר בו זמנית.
לבסוף, בריבוב(TCP Multiplexing) TCP הכוונה היא שמספר תהליכים בשכבות גבוהות יוכלו להיות מרובבים על גבי קשר יחיד.

תהליך הקמת קשר

כדי להשתמש בשירותי תעבורה אמינים, תחנות TCP חייבת להשתמש בתהליך תלוי-קשר ביניהם. הקמת הקשר נעשית ע"י שימוש במכניזם "handshake three-way".
מכניזם three-way handshake מסנכרן את שני קצוות הקשר ע"י נתינת האפשרות לשני התחנות להסכים ביניהם על המספרים הסידוריים הפנימיים.
מכניזם זה מוודא גם, ששני הצדדים מוכנים לשדר מידע ושכל אחד יודע על מוכנותו של השני לשדר. זה הכרחי כדי שלא ייווצר מצב שבו תחנה תשדר או תבצע שידור מחדש בעת תהליך הקמת הקשר, או לאחר שהקשר יסתיים.

כל תחנה בוחרת מספר סידורי רנדומלי כדי למספר את הבייטים בתוך רצף הנתונים שהיא שולחת או מקבלת. לאחר מכן מכניזם three-way handshake ממשיך בסדר הבא:

תחנה A יוזמת קשר ע"י שליחת מנה בעלת מספר סידורי (X) ומציינת בביט SYN את הבקשה שלה לקשר. תחנה B המקבלת את הודעת SYN , זוכרת את המספר סידורי המצוין ב- SYN(X), ושולחת בחזרה אישור קבלה ובו מצוין ACK=X+1, דהיינו B מצפה לקבל מ-A להבא בית עם מספר סידורי X+1. בנוסף B מצרפת להודעה את מספרה הסידורי (SEQ=Y). ACK=20 מציין שהתחנה קיבלה בייטים 0 עד 19 והיא מצפה לקבל את בייט 20. טכניקה זו נקראת acknowledgment forward. תחנה A מאשרת קבלה של כל הבייטים שתחנה B שלחה עם acknowledgment forward שמציין את הבייט הבא ש-A מצפה לקבל מ- B(ACK=Y+1). בסיום התהליך, העברת נתונים בין התחנות מתחילה.