

## TCP/IP – חלק ראשון

מסמך זה הורד מהאתר <http://underwar.livedns.co.il>.  
אין להפיץ מסמך זה במדיה כלשהי, ללא אישור מפורש מאת המחבר.  
מחבר המסמך איננו אחראי לכל נזק, ישיר או עקיף, שיגרם עקב השימוש במידע  
המופיע במסמך, וכן לנכונות התוכן של הנושאים המופיעים במסמך. עם זאת,  
המחבר עשה את מירב המאמצים כדי לספק את המידע המדויק והמלא ביותר.

כל הזכויות שמורות לניר אדר

Nir Adar

Email: [underwar@hotmail.com](mailto:underwar@hotmail.com)

Home Page: <http://underwar.livedns.co.il>

אנא שלחו תיקונים והערות אל המחבר.

TCP/IP

TCP/IP זוהי מערכת פרוטוקולים שמיועד לתמיכה בתקשורת רשתות. שתי שאלות עולות מהמשפט הקודם והן:

1. מהו פרוטוקול
2. מהי רשת

נתחיל מהשאלה השניה.

רשת היא אוסף של מחשבים או התקנים דמויי מחשבים היכולים לתקשר ביניהם באמצעות *מדיית העברה* משותפת (Transmission Medium). מדיית העברה יכולה להיות כבל רשת, מודם ועוד. הרשת קיימת על מנת שהמחשבים יוכלו להעביר ביניהם מידע. *פרוטוקול רשת* הוא מערכת של חוקים שעוזרים להגדיר איך תבוצע הפעולה המורכבת של העברת המידע בין המחשבים. המידע עובר בין תוכנה במחשב אחד, אל התקן הרשת של אותו המחשב, משם אל מדיית ההעברה, אל התקן הרשת של המחשב השני, מחשב היעד, ומשם אל התוכנה במחשב ההוא שמחכה למידע מהרשת.

TCP/IP זוהי מערכת של פרוטוקולים המגדירים את חוקי התקשורת ברשתות IP/TCP.

*TCP/IP implementation* זהו רכיב התוכנה שמבצע את הפונקציות שמאפשרות למחשב לקחת חלק ברשת TCP/IP.

TCP/IP כוללת בתוכה אפשרויות רבות, הבאות לפתור בעיות שונות:

1. כתובות לוגיות.
2. ניתוב.
3. שירות שמות.
4. בדיקת שגיאות ושליטה בזרם הנתונים.
5. תמיכה בתוכנות.

כתובות לוגיות

לכל התקן רשת יש כתובת פיסית ייחודית משלו. הכתובת הפיסית היא מספר שניתן להתקן, כאשר הוא יוצר במפעל. ברשתות מקומיות קטנות לעיתים העברת המידע נעשית על פי הכתובת הפיסית של התקן הרשת.

ישנן שיטות שונות להעברת המידע. ב-Ethernet (סוג של רשת) למשל, כל התקן מקשיב לכל ההודעות המתקבלות, ובודק האם ההודעה המתקבלת מיועדת בשבילו. ברשתות גדולות, כמוכן, לא אפשרי שכל התקן רשת יקשיב לכל ההודעות העוברות ברשת. TCP/IP מציעה פתרון בדמות *כתובות לוגיות*. כתובת לוגית ניתנת להגדרה על ידי תוכנה. הכתובת הלוגית נקראת IP Address. (לעיתים מכונה בקיצור IP). IP כולל בתוכו:

- מספר רשת (network ID Number), המזהה רשת.
- מספר תת רשת (subnet ID Number), המזהה תת רשת ברשת הגדולה.
- מספר מחשב (host ID Number), המזהה מחשב מסוים בתת הרשת.

## ניתוב

**נתב** (router) הוא התקן מיוחד הקורא כתובת לוגית ומכוון את המידע דרך הרשת אל היעד שלו. נתב יכול להעביר מידע בין מחשבים ברשת מקומית, או בין מחשבים ברשת מקומית אל רשת גדולה יותר.

## שירות שמות

למרות ש-IP יותר ידידותי למשתמש מהכתובות הפיסיות של ההתקנים, לאנשים עלולה להיות בעיה לזכור מספרים כגון 111.121.131.142 או 111.121.131.135 לדוגמא. TCP/IP, לכן, כוללת פרוטוקול בשם DNS (Domain Name Service). מחשבים מיוחדים שנקראים שרתי שמות (name servers) מקשרים בין שמות שניתנים למחשבים, לדוגמא [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com) ובין כתובת ה-IP שלהם.

## בדיקת שגיאות ושליטה בזרם הנתונים

TCP/IP מספק אפשרויות בדיקה שהמידע שהתקבל התקבל בצורה תקינה. כמו כן הוא כולל אפשרויות של חלוקת המידע למספר קטעים, שליחת המידע, קבלתו והרכבת המידע מחדש בסדר הנכון.

## תמיכה בתוכנות

מערכת הפרוטוקולים כוללת ממשק לתמיכה בתוכנות במחשב כך שהתוכנות יוכלו לקבל גישה אל הרשת בעזרת הפרוטוקולים השונים.

## מערכת הפרוטוקולים של TCP/IP

מערכת הפרוטוקולים מבוססת על רבדים, הכוונה לחלוקת הפרוטוקולים השונים למספר קבוצות, בהתאם לנושא בהם הם עוסקים. כל רובד הוא עצמאי ואינו תלוי באחרים.

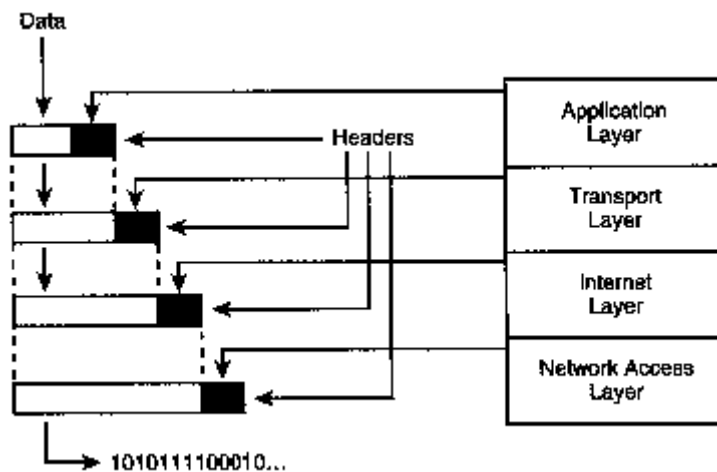
הרבדים של מערכת פרוטוקולי TCP/IP:

רובד התוכנה
רובד ההעברה
רובד האינטרנט
רובד גישת הרשת

רובד גישת הרשת (Network Access Layer) מספק ממשק עם הרשת הפיסית. הוא אחראי להעברת המידע אל מדיית ההעברה ולחלוקת המידע לכתובות הפיסיות. רובד האינטרנט (Internet Layer) מספק כתובות לוגיות כך שניתן להעביר מידע על נת רשתות עם חומרה שונה. הפרוטוקול מקשר את הכתובות הפיסיות אל הכתובות הלוגיות.

רובד ההעברה (Transport Layer) מספק שליטה בהעברת המידע, בדיקת שגיאות ואישור קבלת מידע.  
 רובד התוכנה (Application Layer) – מספק לתוכנות השונות שירותים כולל העברת קבצים, שליטה מרחוק, טיפול בבעיות רשת ותעבורת אינטרנט. כמו כן תומך רובד זה בממשק לתכנות שמאפשר יצירת תוכנות חדשות שמשתמשות ברשת.

חבילת המידע שנוצר על ידי התוכנית נקראת *ההודעה*. חבילת המידע שנוצרת בידי רובד התעבורה, העוטפת את *ההודעה*, נקראת *segment*.  
 כל רובד מוסיף כותרת משלו למידע שמועבר ברשת.



## מערכת הפרוטוקולים של TCP/IP

### רובד גישת הרשת

רובד גישת הרשת הוא הרובד הפחות אחיד מבין הרבדים של TCP/IP. באופן בסיסי, רובד זה מנהל את כל השירותים והפונקציות הדרושים כדי להכין את המידע למעבר ברשת הפיסית. שירותים אלו כוללים:

1. שימוש כממשק עם מתאם הרשת של המחשב.
2. בקרת שליחת הנתונים.
3. עיצוב הנתונים ליחידות הנקראות frames והמרת frames לרצף של פולסים אלקטרוניים שעוברים דרך מדיית ההעברה.
4. בדיקת שגיאות למידע המתקבל.
5. אישור קבלת מידע ובקשה נוספת של המידע במקרה שהמידע לא התקבל.

רובד גישת הרשת הוא כמעט לגמרי בלתי נראה למשתמש היום-יומי ברשת. הדרייבר של מתאם הרשת במשותף עם מערכת ההפעלה ותוכנות נוספות מנהלים את רוב פעילות רובד זה מבלי לערב את המשתמש.

### תהליך בניית Frame

- כאשר תוכנת רשת מקבלת מידע מרובד האינטרנט, היא יוצרת frames על מנת להעביר אותו. התוכנה מבצעת את הפעולות הבאות:
1. חלוקת המידע מרובד האינטרנט לחלקים קטנים יותר, אם יש בכך צורך, שישלחו אל הרשת המקומית. גודל כל חלק ינוע בין 64 ל-1518 בתים (לא כולל header).
  2. ארגון כל אחד מהחלקים בסעיף הקודם לתוך frame, וזאת על ידי הוספת header, הוספת כתובת למשלוח, כתובת המקור ממנו התקבל המידע, אורך המידע שנשלח, וכן מספר בן 4 ביטים שמשמש לבדיקת תקינות המידע בצד השני.
  3. שליחת המידע.

## רשתות מקומיות

ישנם סוגים שונים של רשתות מקומיות. הרשתות המקומיות הנפוצות ביותר הן:

1. Ethernet שכולל מספר סוגים שונים בתוכו.

2. Token Ring

### Ethernet

Ethernet זוהי טכנולוגיית הרשת המקומית הנפוצה ביותר. Ethernet נהפכה לרשת הפופולרית ביותר עקב מחירה הזול. כבלי Ethernet אינם יקרים וקלים להתקנה. ברשת Ethernet כל המחשבים מחוברים לאותה מדיית ההעברה. Ethernet משתמשת בשיטה שקרויה CSMA/CD כדי לגלות מתי המחשב יכול לשלוח מידע אל מדיית ההעברה. כל המחשבים ברשת עוקבים אחרי מדיית ההעברה כדי למצוא זמן פנוי לשלוח את המידע. אם שני מחשבים מתחילים לשלוח מידע באותו זמן, שניהם מפסיקים, ואחרי זמן אקראי הם מנסים שוב לשלוח את המידע. Ethernet עובדת טוב במערכות קטנות עד בינוניות, אך נכשלת במערכות גדולות יותר. הסוגים השונים של רשת Ethernet נבדלים במקסימום גודל הרשת, במהירות העברת הנתונים ברשת ובחומרה הנדרשת לרשת.

### Token Ring

Token Ring זוהי שיטה שונה לחלוטין לרשת מקומית. שיטה זו משתמשת בטכנולוגיית הקרויה Token Passing. בשיטה זו כל הזמן יש רק מחשב אחד ששולח את הנתונים. כאשר המחשב מסיים לשלוח את הנתונים, הוא מעביר את הזכות לשלוח נתונים למחשב הבא ברשת. הזכות לשלוח נתונים נמסרת על ידי הודעת רשת מיוחדת המכונה token. רק המחשב אליו נשלחה הtoken יכול לשלוח נתונים ברשת. ברשת מסוג Token Ring בנויים מנגנונים שונים שדואגים שהרשת לא תיתקע במקרה של אובדן מידע, אובדן הtoken וכדומה. באופן כללי הקמת ותחזוקת רשת מסוג Token Ring יקרה יותר מרשת Ethernet.

## רובד האינטרנט

ברובד האינטרנט מצויים שלושה פרוקוטולי מפתח של TCP/IP. שלושה הם IP, ARP ו ICMP, כאשר לכל אחד מהם מטרה ושימוש מוגדר.

### Internet Protocol (IP)

אחת מהסיבות לפופולריות של TCP/IP היא שכל מליוני המחשבים המשתמשים ב TCP/IP נעזרים בסכמת כתובות משותפת הקרובה IP Addressing. Internet Protocol משתמש ב IP Address כדי לשלוח במהירות מידע ממחשב מסוים למחשב אחר במקום כלשהו בעולם.

כתובת ה IP אינה מושפעת מהרשת הפיסית בה נמצא המחשב, כלומר, יתכן שהמידע העובר ברשת יעבור שינויים במבנהו בדרכו אל יעדו, בהתאם לחומרה דרכה הוא עובר, אולם כתובת ה IP של היעד ושל המקור יישארו ללא שינוי. כאשר המידע מגיע לרשת היעד, נכנס לפעולה הפרוטוקול ARP עליו אדבר בהמשך, שמתרגם בין ה IP לכתובת הפיסית של המחשב אליו צריך להישלח המידע.

Internet Protocol זוהי תוכנה שמבצעת מספר פעולות. היא אחראית ליצירת חבילות נתונים ולתזוזתם ברשת. היא מבצעת פעולות שונות על המידע המתקבל והנשלח, בהתאם לשלושה שדות שיש ב header של המידע:

- IP Address Field - מספר בן 32 ביטים שמציין את כתובת המחשב.
- Subnet Mask field - תבנית בת 32 ביטים שמודיעה ל IP איך לקבוע איזה חלק מכתובת ה IP שייך לרשת ואיזה חלק מציין את כתובת המחשב.
- Default Gateway field - מספר אופציונלי שאם קיים, מספק ל IP את הכתובת של router, דרכו ישלח המידע.

כאשר IP שולח מידע הוא מברר האם המידע נמצא על אותה הרשת או ברשת אחרת. אם זוהי רשת מקומית, IP יכול ליצור קשר ישיר בין המחשבים. אחרת, IP נאלץ להשתמש ב router כדי לשלוח את המידע. הוא מעביר את המידע אל הראוטר, שמעביר את המידע לרשת היעד דרך רובד גישת הרשת. כאשר המידע מגיע לרשת היעד, רובד גישת הרשת בודק את תקינות המידע שהגיע ושולח אותו לכתובת הפיסית הנכונה, מוריד ממנו את נתוני רובד גישת הרשת, ומשאיר את רובד האינטרנט.

כאן שוב נכנס לפעולה רובד האינטרנט, הפעם במחשב היעד. מתרחשת בדיקה נוספת ברובד האינטרנט כדי לבדוק את תקינות המידע שהתקבל. לאחר מכן נבדק האם ה IP של היעד זהה ל IP של המחשב בו התקבל המידע, ולאחר מכן IP מבצע פעולות שונות, בהתאם למידע שיש בחבילת המידע שהגיעה.

0 1 2 3	4 5 6 7	1 1 8 9 0 1	1 1 1 1 2 3 4 5	1 1 1 1 6 7 8 9	2 2 2 2 0 1 2 3	2 2 2 2 4 5 6 7	2 2 3 3 8 9 0 1
Version	IHL	Type of Service	Total Length				
Identification				Flags	Fragment Offset		
Time to Live	Protocol		Header Checksum				
Source IP address							
Destination IP address							
IP data payload (many bytes)							

### מבנה של IP Header

Version זוהי הגרסה של IP שבשימוש. בזמן כתיבת מסמך זה השיטה הנפוצה ביותר היא 4, למרות שכבר קיימת גרסה 6.

IHL - Internet Header Length - גודל ה-Header. בדרך כלל אורך ה-Header הוא 5 מילים של 32 ביטים, ולכן בדרך כלל התבנית הבינרית של שדה זה תהיה 0101.

Type of Service - סוג השירות. מקור המידע יכול לבקש שהמידע ישלח עם מידע העברה מיוחד, כגון עם השעיה נמוכה או גבוהה, כמות נמוכה או גבוהה של העברת נתונים וכו'. שדה זה קובע את הפרמטרים הדרושים לכך.

Total Length - שדה זה מודיע מה הגודל הכולל של יחידת המידע.

Identification - מספר הגדל עם כל יחידת מידע שנשלחת, שניתן ליחידת המידע על ידי המקור השולח.

Flags - דגלים המציינים את פיצול המידע. הדגל הראשון חסר שימוש. הדגל השני הוא DF. אם הוא נקבע, לא ניתן לפצל את יחידת המידע. אם הוא 0, ניתן לפצל את יחידת המידע. הדגל השלישי הוא MF. אם ערך דגל זה הוא 1, יחידת המידע מפוצלת.

Fragment Offset - במקרה שיחידת המידע מפוצלת, שדה זה אומר למחשב היעד איפה היחידה הנוכחית שהתקבלה צריכה להשתלב ביחידה שתורכב בסוף.

Time to Live - מגדיר את כמות הזמן שיש ליחידת המידע לחיות ברשת (בשניות או בכמות שרתים שהיא עוברת בדרך) עד שהיא תיזרק כיחידה ללא מוצא.

Protocol - מודיע נתונים של איזה פרוטוקול מועברים ביחידת המידע. האפשרויות הן:

ייצוג	שם פרוטוקול
1	ICMP
6	TCP
17	UDP

Header Checksum - מספר בן 16 ביטים שבודק את תקינות הheader.  
Source IP Address - הכתובת אליו תוחזר תשובה למידע שהתקבל.  
Destination IP Address - כתובת היעד של יחידת המידע.  
IP Data payload - המידע עצמו שמועבר. המידע יכול לנוע בין ביטים בודדים לאלפי ביטים.

### כתובות IP

מטרתן של כתובות IP, בדומה לכתובות של מקומות במציאות, היא לדאוג שהמידע יגיע אל היעד אליו הוא צריך להגיע. כתובת דואר כוללת גם שם רחוב וגם מספר בית, אליו צריך להגיע הדואר. בדומה לכך כתובת IP כוללת גם כתובת רשת וגם מספר מחשב אליו צריך להגיע המידע.  
לכל מחשב שמשתמש בTCP/IP יש כתובת של 32 ביטים.  
הכתובת הזו מחולקת לשני חלקים - כתובת הרשת וכתובת המחשב.  
ישנם מספר סוגים של כתובות IP, הידועים בתור מחלקה A, מחלקה B ומחלקה C.  
במחלקה A כתובת הרשת היא שמונה ביטים, כלומר יכולים להיות עד 126 רשתות ממחלקה A. כתובות ממחלקה A ניתנות בדרך כלל למדינות או לחברות ענק, שיש להן צורך במספר עצום של כתובות.  
במחלקה B כתובת הרשת היא 16 ביטים. יתכנו 16000 רשתות ממחלקה B.  
במחלקה C כתובת הרשת היא 24 ביטים. יתכנו יותר משתי מיליוני רשתות כאלו, אולי מספר הכתובות שיוכלו להיות בכל רשת מצומצם יחסית.

### Address Resolution Protocol (ARP)

פרוטוקול זה הוא השני מבין שלושת הפרוטוקולים החשובים של TCP/IP ברובד האינטרנט. מטרתו של פרוטוקול זה היא לקבל את הכתובת הפיסית של המחשב מתוך כתובת IP. ARP מקבל מהמחשבים ברשת מקומית את כתובת החומרה שלהם. כאשר מחשב ברשת המקומית מבקש לשלוח מידע למחשב כלשהו ברשת, בודק ARP אם כתובת ה-IP מזוהה אצלו כבר כשייכת לכתובת פיסית כלשהי. אם לא, ARP שולח הודעה לכל הרשת המקומית, ובה כתובת ה-IP. כל מחשב בודק את כתובת ה-IP. אם הכתובת מתאימה, הוא שולח את הכתובת הפיסית שלו אל המחשב ששלח את הבקשה. לאחר מכן יכול להיווצר ברשת המקומית קשר ישיר בין שני המחשבים.

Internet Control Message Protocol (ICMP)

פרוטוקול זה זהו פרוטוקול המפתח השלישי ברובד האינטרנט. ראוטרים הם המשתמשים העיקריים בפרוטוקול זה. כאשר יש לראוטר בעיה בשליחת מידע, הוא שולח הודעת שגיאה בעזרת פרוטוקול ICMP.

ההודעות העיקריות של פרוטוקול זה מפורטות להלן:

1. Echo Request and Echo Reply - כאשר מבצעים את פקודת הPING הידועה, בעצם שולחים הודעת ICMP עם ההודעה Echo Request. פקודה זו מיועדת לבדוק את הקשר בין שני מחשבים. המחשב שקיבל את ההודעה, מחזיר את ההודעה Echo Reply.
2. Source Quench - הראוטר שולח הודעה זו למחשב ששולח מידע, במידה שהמחשב שולח מידע בכמות גדולה יותר מזו שהראוטר מסוגל לעבד. הודעה זו אומרת למחשב המקבל את ההודעה להאט בקצב שליחת הנתונים.
3. Destination Unreachable - אם הראוטר אינו מסוגל לשלוח את המידע אל מחשב היעד, הוא שולח הודעה זו למחשב שממנו נשלח ההודעה, על מנת להודיע לו על הכישלון. הסיבה לכישלון יכולה להיות אי קיום היעד, בעיה ברשת ועוד.
4. Time Exceed - במקרה שהפרמטר Time To Live בHeader של הIP מגיע לאפס, ההודעה אינה מועברת הלאה, והודעת ICMP זו נשלחת למחשב המקור, להודיע לו על כשלון שליחת המידע.
5. ICMP - Fragmentation Needed - שולח הודעה זו אם התקבלה יחידת מידע בה DF קבוע ל1, אולם יש צורך לפצל את יחידת המידע, על מנת לשלוח אותה ברשת.

זהו סוף החלק הראשון בנושא TCP/IP. בשנה הקרובה צפוי להופיע חלק המשך. בין הנושאים שיכללו בחלק המשך: רובד ההעברה, רובד התוכנה, נתבים, תוכנות המשתמשות ב-TCP/IP.

EOF