

# רשתות מחשבים

פרק 3א- מודל חמש השכבות

ברק גונן

מבוסס על ספר הלימוד "רשתות מחשבים" מאת

עומר רוזנבוים

# מודל 5 השכבות – היסטוריה



- ▶ מתחילת ימי האינטרנט ועד סוף שנות ה-70 לא הוגדר מודל עבודה של רשת האינטרנט
  - מודל- המלצה, אפשר לסטות ממנו
  - מודל הוא בסיס לפיתוח תקן (אוסף של הגדרות מחייבות)

# מדוע יש צורך בתקן לרשת תקשורת?

- ▶ חישבו- מה המשמעות של חוסר בתקן לציוד תקשורת?
  - אילו בעיות עלולות להיגרם?
  - לכל יצרן יש רכיבים משלו
  - החלטנו להקים מערכת עם ספק מסוים - נתקענו איתו
  - ציוד של יצרנים שונים לא בהכרח עבד יחד
  - דמיינו שאי אפשר היה להתקשר מ-iPhone ל-Galaxy...



# המענה- מודל שמבוסס על שכבות Layers



- ▶ נפרק את פעולת רשת התקשורת למשימות
- ▶ כל משימה תוגדר היטב- מה מקבלת ומה התוצר
  - נקרא לה "שכבה", או Layer
- ▶ כעת:
  - יצרני תקשורת יכולים לפתח רכיבים לשכבה ספציפית
  - אפשר לשלב בין רכיבים של יצרנים שונים: שכבה 1 של יצרן א' עם שכבה 2 של יצרן ב' וכו'

# דוגמה לעבודה ב"שכבות"- טיסה לחו"ל

▶ תחילה נסקור את כל תהליכי הטיסה על ציר הזמן



# טיסה לחו"ל - מודל של שכבה אחת

▶ הבה נדמיין מה היה קורה אילו לא היו "שכבות" בטיסה לחו"ל, אלא רק שכבה אחת- חברת התעופה:

◦ חברת התעופה אחראית על כל שלבי הטיסה, כולל:

• החתמת דרכון

• בידוק בטחוני

• תשלום מכס

◦ לכל חברת תעופה יש תהליך נפרד:

• חותמת שונה בדרכון

• בידוק ביטחוני שונה

• תהליך מכס שונה

◦ בעיות:

• בזבוז כח אדם, מייקר את עלות הטיסה

• חוסר תאימות- איך מבצעים connection בין חברות תעופה?



# טיסה לחו"ל – מודל של מספר שכבות

▶ מודל עבודה של שכבות מאפשר לכל גורם לבצע משימה מוגדרת. לדוגמה:

- בדיקת המזוודות על ידי גורמי בטחון
- החתמת הדרכון על ידי משרד ההגירה / הפנים
- מכס על ידי פקחי רשות המיסים
- הטסה על ידי חברת התעופה



# "שכבות" של טיסה לחו"ל - סיכום

- ▶ כל שכבה פועלת באופן עצמאי
  - לפקיד המכס לא משנה עם איזו חברת תעופה טסתם
- ▶ כל שכבה מניחה שהשכבה הקודמת עשתה את עבודתה
  - הדיילת שמבצעת צ'ק אין למזוודות מניחה שעברתם בידוק ביטחוני
- ▶ אפשר לשנות את אופן ביצוע המשימה בלי להשפיע על יתר השכבות
  - אם יוחלט לשים שתי חותמות בדרכון במקום אחת, לא יהיה צורך לשנות את יתר תהליכי הטיסה



# מודל שכבות בעולם התקשורת- הקדמה



- ▶ המודל מתאר את הפונקציונאליות והשירותים של כל שכבה
- ▶ המודל לא מתאר את המימוש
  - כלומר, אפשר להחליף את המימוש של שכבה מסויימת בלי להשפיע על יתר השכבות
- ▶ כל שכבה מספקת שירותים לשכבה שמעליה
- ▶ כל שכבה מקבלת שירותים מהשכבה שמתחתיה

## מודל 5 השכבות



- ▶ להלן מודל של השכבות השונות ברשתות תקשורת. מיד נדון בכל שכבה בנפרד
- ▶ נראה איך כל שכבה מבצעת תפקיד מוגדר
- ▶ צירוף השכבות מאפשר את קיום האינטרנט המוכר לנו

# השכבה הפיזית – Physical layer

- ▶ הבעיה אותה פותרת השכבה הפיזית: יש לנו שני מחשבים, ואנחנו רוצים להעביר ביניהם ביט בודד
- ▶ מה אנחנו צריכים?
  - חיבור, שמאפשר להעביר בכל פעם ביט: אפס או אחד



```

01010100 01101000 01101001 01110011
00100000 01101001 01110011 00100000
01110100 01101000 01100101 00100000
01110100 01110101 01110100 01101111
01110010 01101001 01100001 01101100
00100000 01110100 01101111 00100000
01101100 01100101 01100001 01110010
01101110 00100000 01100010 01101001
01101110 01100001 01110010 01111001
00101110 00100000 01001001 00100000
01101000 01101111 01110000 01100101
00100000 01111001 01101111 01110101
00100000 01100101 01101110 01101010
01101111 01111001 00100000 01101001
    
```



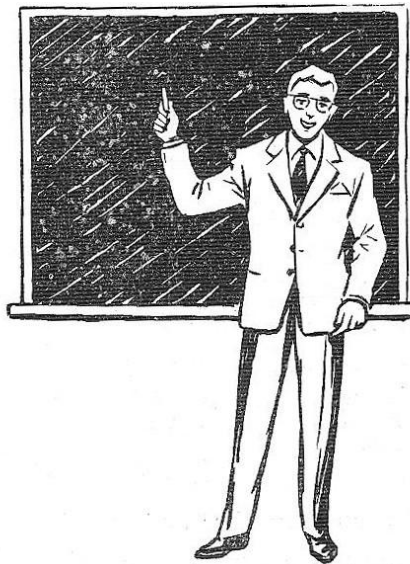
# השכבה הפיזית – Physical layer

- ▶ השכבה הפיזית עוסקת בייצוג של אחדות ואפסים על גבי תווך תקשורת נתון (נקרא ערוץ, או Channel)
  - ערוץ כבל נחושת: 0 ו-1 ייוצגו על ידי רמות שונות של מתחים
  - ערוץ אלחוטי: 0 ו-1 ייוצגו ע"י גלים אלקטרומגנטיים שונים
  - ערוץ כבל אופטי: 0 ו-1 ייוצגו ע"י תבניות שונות של אור



# השכבה הפיזית- המחשה

- ▶ מורה ותלמידים משוחחים בכיתה
- ▶ השכבה הפיזית היא האוויר עליו עוברים גלי הקול
- ▶ המורה והתלמידים מקודדים את האוויר באמצעות שינויי לחץ אוויר, שמייצגים אותות מוסכמים



# שכבת הקו – Data Link

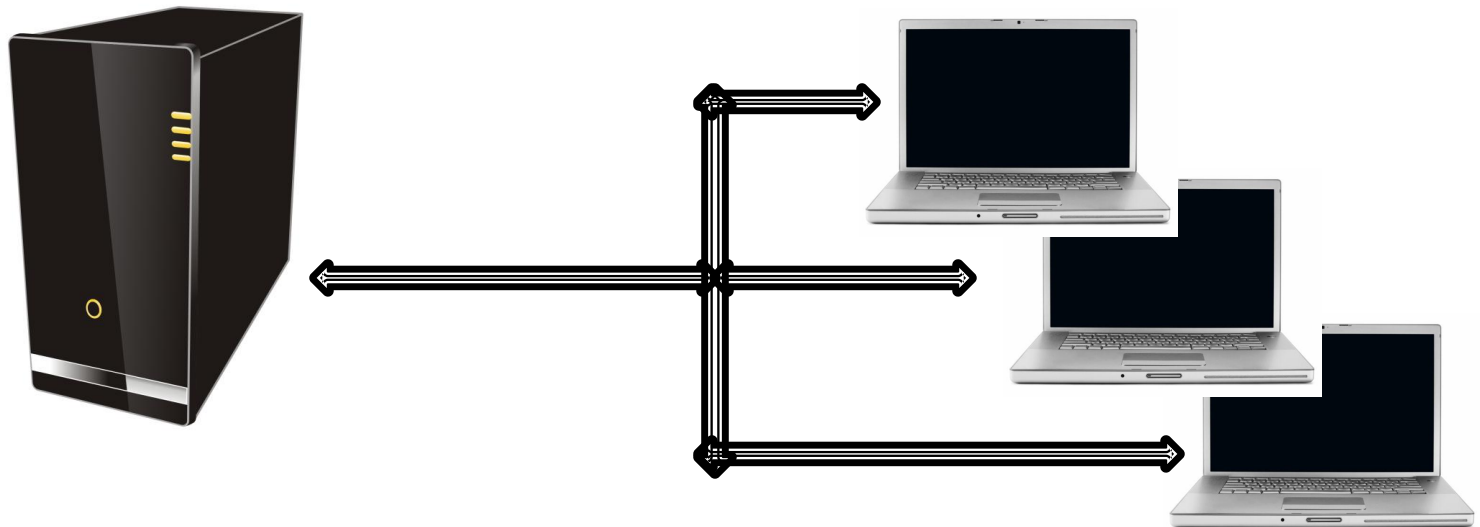
▶ הבעיות אותן פותרת שכבת הקו:

◦ העברת גוש מידע (להבדיל מביטים בודדים)

◦ יש ערוץ שיכול להעביר אחדות ואפסים. כיצד לנצל אותו לטובת

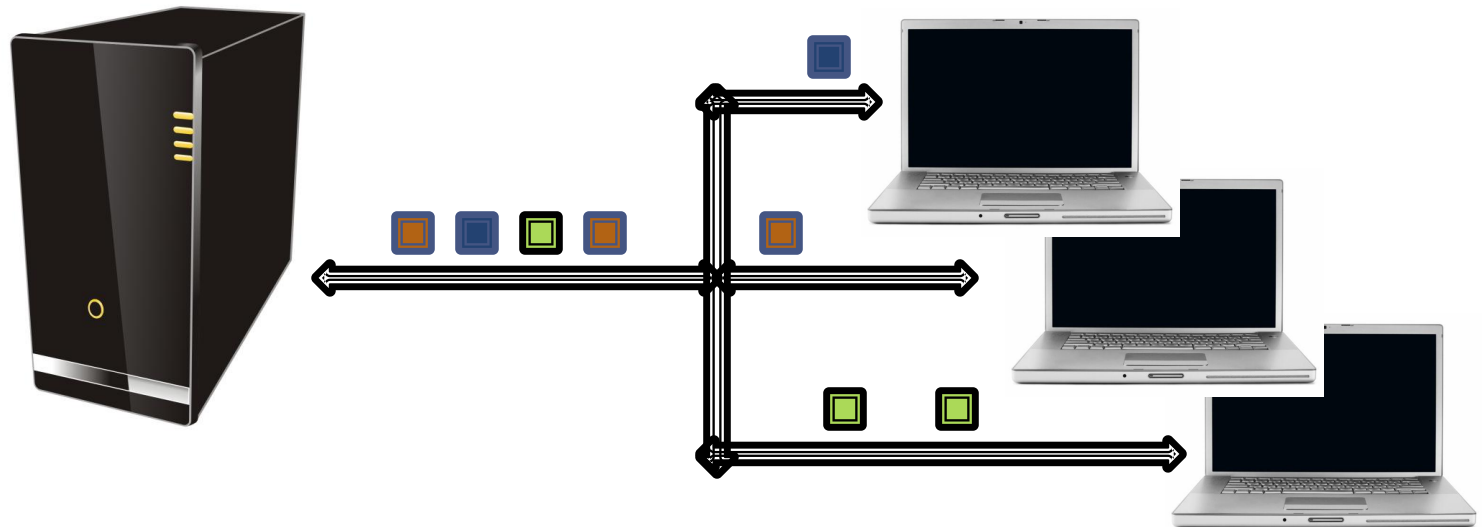
יותר ממשמש אחד?

• לדוגמה: נקודת גישה של WiFi, שצריכה לשרת כמה משתמשים על ערוץ אלחוטי אחד



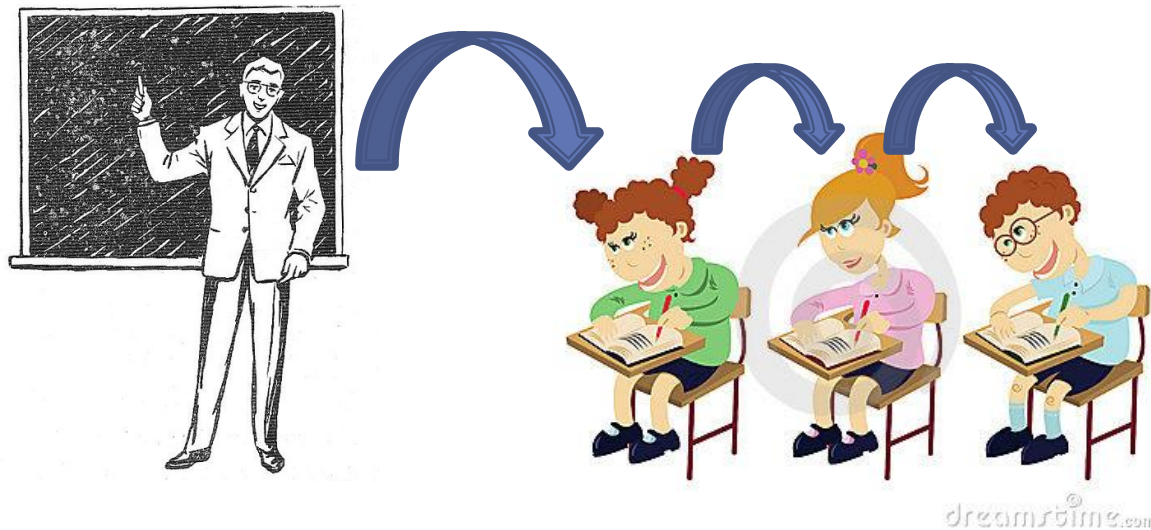
# שכבת הקו – Data Link

- ▶ שכבת הקו עוסקת בהעברה של מידע בין מספר משתמשים שחולקים את אותו ערוץ
- ▶ שכבת הקו מארגנת את הביטים בגושי מידע, שנקראים Frames בעברית- מסגרות
- ▶ פתרון נפוץ לריבוי משתמשים הוא חלוקת משאבים- כל משתמש מקבל את התווך הפיזי לזמן קצוב, ומעביר בו Frame



# שכבת ה-data link - המחשה

- ▶ מורה פונה לתלמיד שמחוץ לטווח השמיעה שלו
- ▶ ההודעה עוברת בין מספר תלמידים עד שמגיעה לתלמיד שאליו פנה המורה
- ▶ כל שני אנשים שמעבירים את ההודעה הם hop



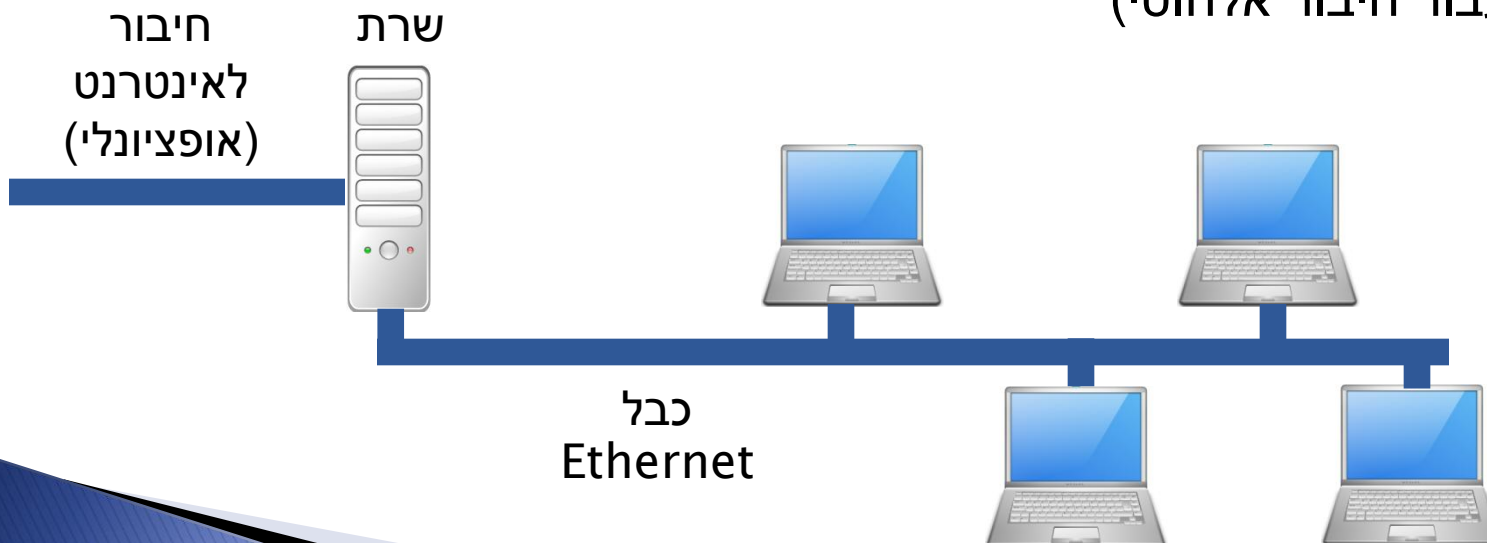
[dreamstime.com](http://dreamstime.com)



# LAN ופרוטוקולים נפוצים בשכבת הקו

‣ השילוב של Data Link layer עם Physical layer מספיק ליצירת רשת תקשורת

- כולם חולקים את אותו ערוץ- Physical layer משותף
- רשת תקשורת זו נקראת (LAN) Local Area Network
- ברשתות LAN נפוץ השימוש בפרוטוקולים:
  - Ethernet (עבור חיבור בכבלים)
  - WiFi (עבור חיבור אלחוטי)



# שכבת הרשת - Network

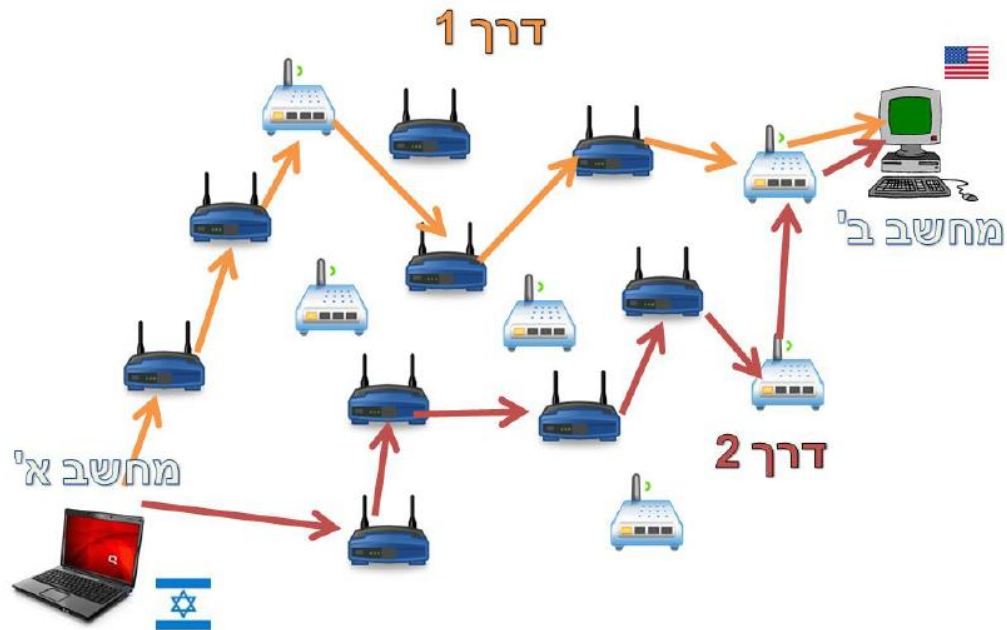
- ▶ הבעיה אותה פותרת שכבת הרשת: כיצד לקשר בין מחשבים שאינם חלק מאותה LAN (כלומר אין להם ערוץ פיזי משותף)
- דוגמה: איך להעביר מידע ממחשב א' ל-ב'?



# שכבת הרשת - Network

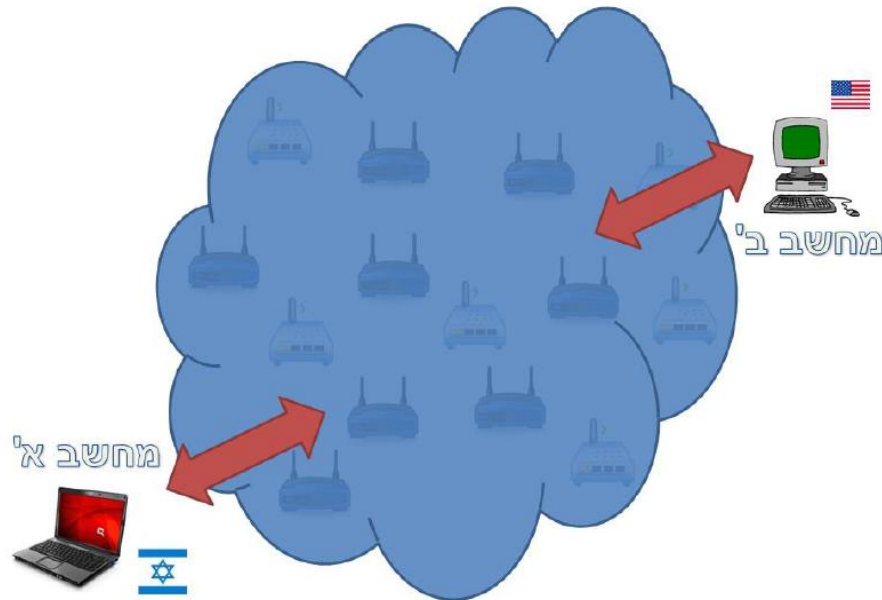
▶ שכבת הרשת עוסקת בניתוב (Routing): בחירת הנתיב הטוב ביותר להעברת חבילות מידע (Packets)

- היזכרו ב-TraceRoute
- כמו אפליקציית waze, אבל לפקטות 😊
- דוגמה: האם עדיפה דרך 1 או דרך 2?



# שכבת הרשת - Network

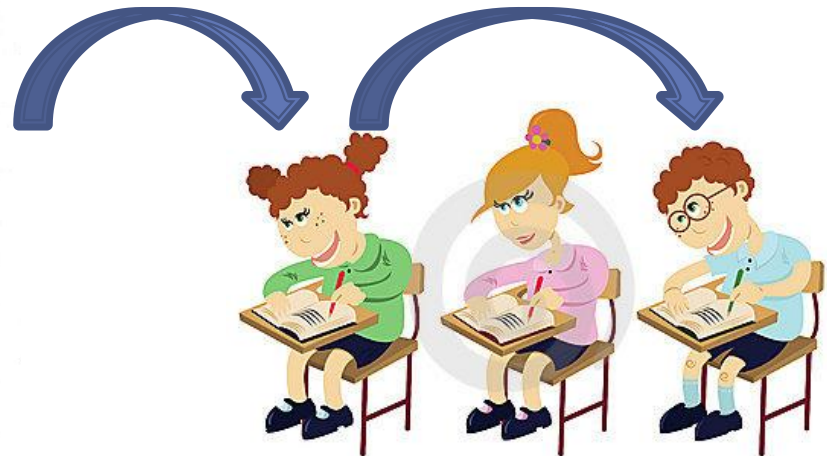
- ▶ שכבת הרשת יוצרת עבור השכבה שמעליה מסלול לתקשורת
- מבחינת השכבה הבאה, מחשב א' ומחשב ב' יכולים להיות מחוברים בכבל באותו חדר או מקושרים דרך רשת מחשבים בין יבשתית



- ▶ הבעיה: המסלול אינו בהכרח אמין (למשל באינטרנט) - פקטות הולכות לאיבוד

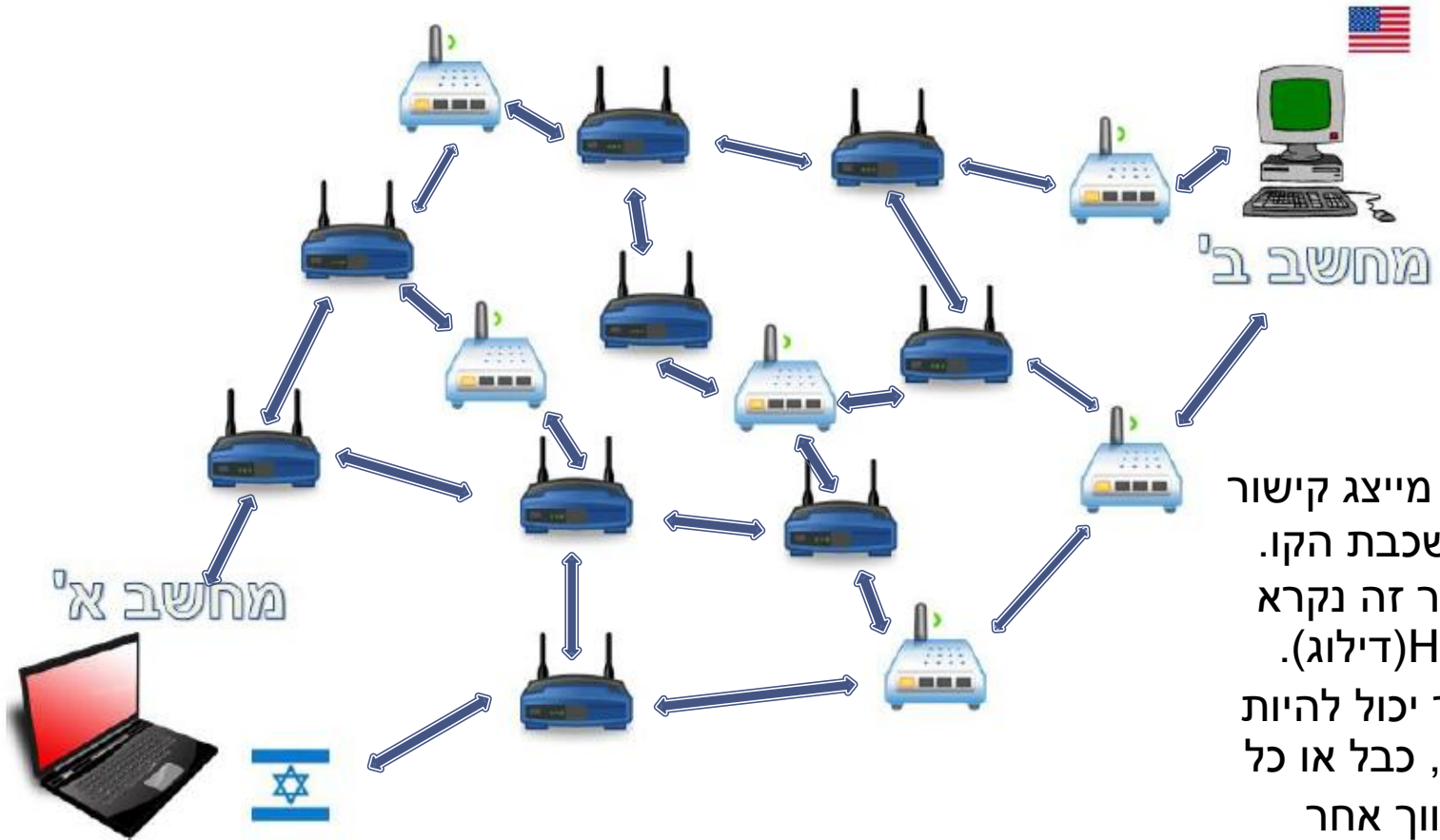
# שכבת ה-network, המחשה

- ▶ המורה נזקק לכמה סוּחִים כדי להגיע לתלמיד שמחוץ לטווח השמיעה שלו
- ▶ יש יותר ממסלול אחד מהמורה אל התלמיד הנ"ל
- ▶ שכבת הרשת קובעת את המסלול
- ▶ כל מי שמעביר את ההודעה אומר "זו הודעה מהמורה לתלמיד ששמו ... " (המורה - ip מקור, התלמיד - ip יעד)



# סיכום ביניים- שכבת הקו והרשת

איפה נמצאת שכבת הקו? ▶

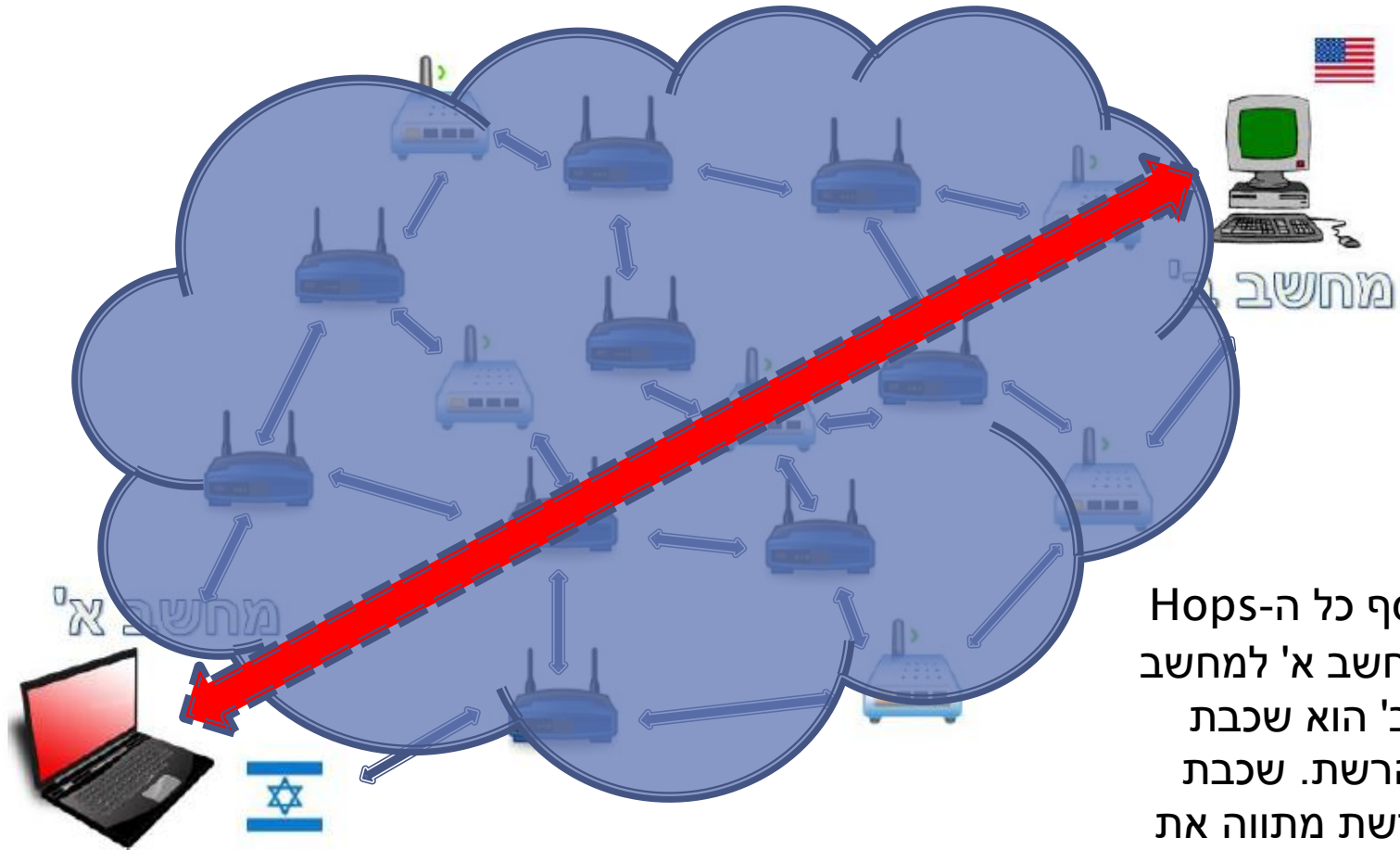


כל חץ מייצג קישור של שכבת הקו. קישור זה נקרא Hop (דילוג). קישור יכול להיות WiFi, כבל או כל תווך אחר



# סיכום ביניים- שכבת הקו והרשת

איפה נמצאת שכבת הרשת?



אוסף כל ה-Hops ממחשב א' למחשב ב' הוא שכבת הרשת. שכבת הרשת מתווה את המסלול.

# שכבת התעבורה - Transport

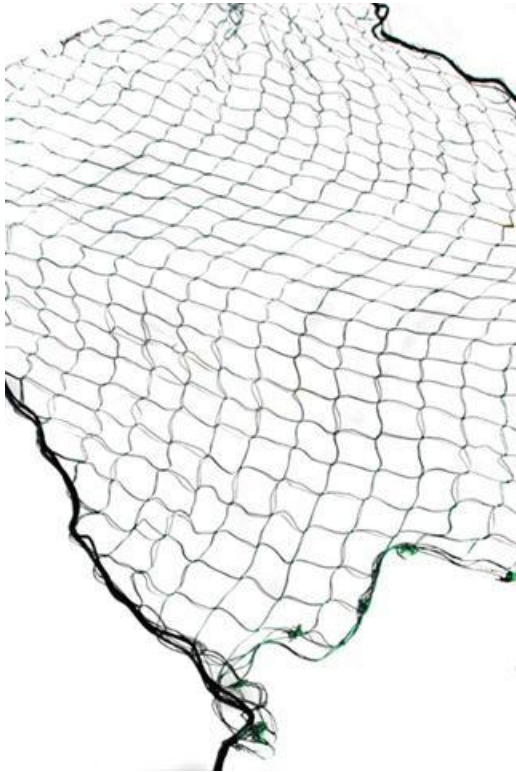
▶ הבעיות אותן פותרת שכבת התעבורה:

- שכבת הרשת מעבירה את המידע אל מחשב היעד, אבל לא יודעת לאיזו תוכנה המידע יועד

- מחשב א' מריץ גם שרת מייל וגם שרת web. מחשב ב' שלח בקשה ל-א'. לאן הבקשה מיועדת?

- שכבת הרשת אינה בהכרח אמינה

- מידע יכול ללכת לאיבוד
- מידע יכול להגיע פעמיים
- מידע יכול להגיע בסדר לא נכון
- מידע יכול להגיע תקול





# שכבת התעבורה - Transport



▶ שכבת התעבורה מאפשרת פניה לתוכנה

מבוקשת במחשב היעד

◦ חישוב - כיצד?

• שימוש ב-port

• כל תוכנה מאזינה ב-port אחר

▶ שכבת התעבורה מאפשרת (אופציונלי)

יצירת קישור אמין על גבי רשת לא אמינה

◦ חישוב - כיצד?

• כל פקטה מקבלת מספר סידורי בצד השולח

• הצד המקבל יכול לעקוב אחרי סדר הפקטות

ולבקש שליחה חוזרת של פקטות שאבדו

# שכבת ה-transport, המחשה



▶ התלמיד אליו פנה המורה מבצע כמה פעולות:

- ביד ימין כותב
- ביד שמאל מתופף על השולחן
- וכו'

▶ ההודעה של המורה צריכה להיות מועברת אל האיבר הנכון (איבר- כמו port)

# אמינות בשכבת הקו מול שכבת התעבורה



▶ **חישובו: אם שכבת הקו אמינה, מדוע צריך אמינות בשכבת התעבורה?**

- משום שאמנם כל קו סופג בפני עצמו הוא אמין, אך יכול להיות שחבילה נפלה בדרך או שהנתיב שנבחר על ידי שכבת הרשת לא תקין

▶ **חישובו: אם שכבת התעבורה אמינה, מדוע צריך אמינות בשכבת הקו?**

- משום שאם היינו מגלים חבילות תקולות רק במחשב היעד, היינו מבזבזים משאבי רשת על העברה שלהן דרך כל הרכיבים שבדרך

# שכבת האפליקציה - Application

▶ הבעיה אותה פותרת שכבת האפליקציה: איך לגרום לתוכנות שאנחנו משתמשים בהן לעבוד מול תוכנה במחשב מרוחק?

◦ דוגמאות:

- תוכנת הורדת קבצים שפונה לשרת הורדת קבצים
- תוכנת אימיילים שפונה לשרת אימיילים
- דפדפן שפונה לשרת web



# שכבת האפליקציה - Application

- ▶ שכבת האפליקציה מגדירה פרוטוקולים לעבודה בין תוכנה במחשב מקומי למחשב מרוחק
  - לכל אפליקציה מוגדר פרוטוקול משלה
- ▶ היזכרו בתרגילים של פרק התכנות ב-socket:
  - פתחנו socket בין שרת ולקוח- צינור להעברת מידע
  - ה-socket מימש עבורנו את השכבות 4 ומטה
  - מעל ה-socket הגדרנו פרוטוקול, וכך יצרנו אפליקציה!



# שכבת האפליקציה, המחשה



- ▶ התלמיד מריץ ביד שמאל "אפליקציה" של תיפוף על השולחן
- ▶ המורה יכול לבקש מהאפליקציה לתופף יותר חלש, יותר חזק, לשנות קצב וכו'

# הקשר בין socket למודל 5 השכבות

- ▶ כאמור socket הוא מימוש של שכבות 1-4
- ▶ כדי לפתוח socket צריך להעביר לו פרמטרים שנדרשים על ידי השכבות השונות
- ▶ ניזכר בפקודות לפתיחת socket:

```
server_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)  
server_socket.bind(('123.42.53.12', 80))  
server_socket.connect(('123.42.53.12', 80))
```

שכבת התעבורה (Transport Layer)  
שכבת הרשת (Network Layer)

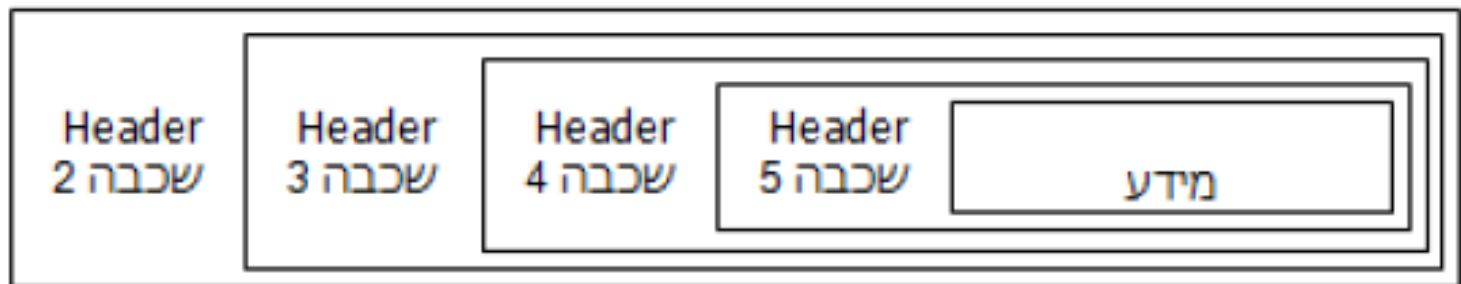
# מודל 5 השכבות - סיכום

שם של גוש מידע	פרוטוקול לדוגמא	מטרה (בקצרה)	שם השכבה	מספר השכבה
ביט (bit, סיבית)		העברת המידע ביט אחר ביט - 0 או 1 בכל פעם	השכבה הפיזית (Physical Layer)	1
מסגרת (frame)	Ethernet	תקשורת בין ישויות סמוכות זו לזו	שכבת הקו (Data Link)	2
פקטה (packet, חבילה)	IP	החלטה על המסלול שתעבור חבילת מידע בין המקור אל היעד	שכבת הרשת (Network Layer)	3
סגמנט (segment)	TCP	ריבוב אפליקציות על אותה ישות (תמיד) + מתן אמינות לקישור (אופציונאלי)	שכבת התעבורה (Transport Layer)	4
* אין שם מיוחד *	HTTP	שימושים שונים בהתאם לאפליקציה	שכבת האפליקציה (Application Layer)	5



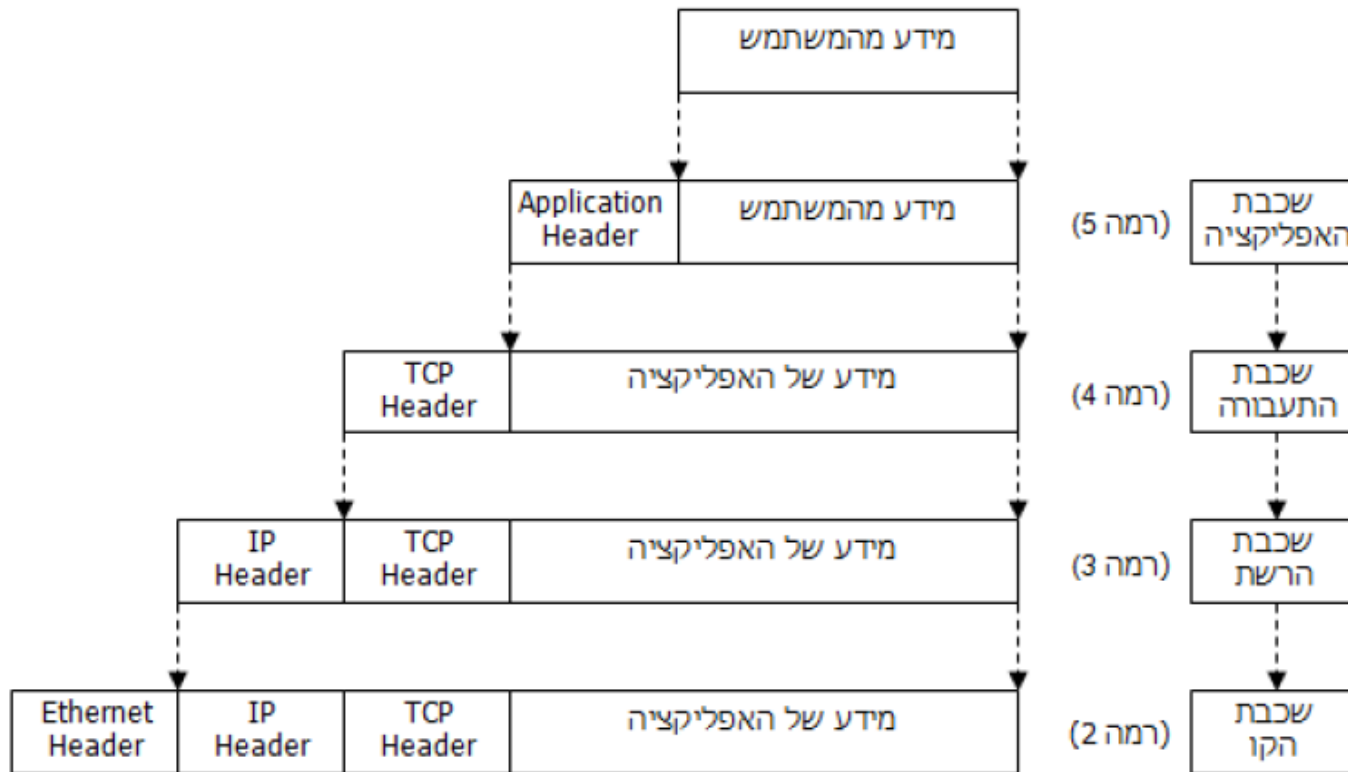
# כימוס - Encapsulation

- נבחן ממה בנויה חבילת מידע ברשת האינטרנט - פקטה
- כל שכבה מוסיפה לפקטה את המידע שלה (המידע שקשור לשירות אותו היא מספקת). מידע זה נמצא בתחילית-Header בשליחה, כל שכבה מוסיפה עטיפה למידע שהגיע מהשכבה שמעליה ומעבירה לשכבה שמתחתיה
  - בקבלה, כל שכבה מורידה את העטיפה מהמידע שהגיע מהשכבה שמתחתיה ומעבירה לשכבה שמעליה



# כימוס - Encapsulation

תהליך הכימוס:



- ▶ בפרק זה למדנו אודות מודל 5 השכבות
  - הבנו מדוע יש צורך בעבודה בשכבות (מודל טיסה לחו"ל)
  - סקרנו את תפקיד השכבות השונות ברשת תקשורת
  - לא נכנסנו לפרטים - כיצד כל שכבה ממומשת
  - בפרק הבא נבצע ניתוח רשת בעזרת כלי wireshark ונבחן את החלוקה לשכבות

