

תקשורת מחשבים ואלגוריתמים מבוזרים



קורס מס' 202-2-1131

מתרגל: ד"ר גיא לשם leshemg@cs.bgu.ac.il

הרצאה ראשונה - מבוא

אדמיניסטרציה 1

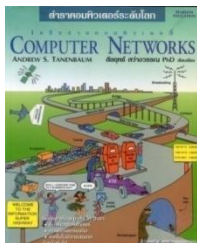
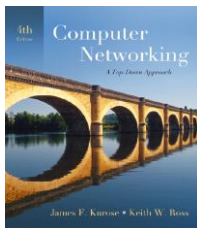
□ הרצאות:

■ יום רביעי בין השעות 11:00 – 11:45.

□ אתר המרצה: www.cs.bgu.ac.il/~leshemg

□ ספרים:

- Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet / Kurose-Ross
- Computer Networks / Tanenbaum



אדמ'ן'סטרצ'ה 2

- תירגול: חדר 129 בנין 90.
- שעות קבלה: חדר 502 בנין 37, ימים א'-ד', בתאום
טלפוני 057-8197701 או 052-2813942.
- תרגילים במהלך הקורס ינתנו ע"י המרצה.
- תרגיל תיכנותי אחד ינתן ע"י המתרגל בההלך הקורס.
- מעבדה אחת תנתן ע"י המתרגל לקראת סוף הקורס.

יצדי התיראול

□ ללמוד את הבסיס של תקשורת נתונים ורשתות מחשב
(Learn the basics of data communication and computer networks).

□ להבין את המושגים העיקריים ואת העיקרונות של
תקשורת (To understand the main concepts and principles of communication).

□ להציג את רשתות התקשורת המודרניות והיישומיים
שלם (To present modern communication networks and their applications).

תוכנית התיראול

□ מבוא (Introduction)

מבוא ראשוני לתקשורת וסקירה היסטורית של עולם הרשתות,
מודל שבע השכבות (The OSI layered network architecture).

□ השכבה הפיזית (Physical Layer)

האותות החשמליים המאפשרים את העברת הנתונים ועקרונות של מערכות תקשורת אופייניות

□ שכבת קישור נתונים (Data Link Layer)

איסוף מנות הנתונים ולסידורם לבלוקים קבועים, איתור ותיקון השגיאות ופרוטוקולים.

□ שכבת הרשת (Network Layer)

הגישות של OSI ושל ה-Internet, סוגיות בתכנון רשתות ופרוטוקולים, כגון IP(v4, v6), routing protocols.

□ שכבת ההובלה (Layer Transport)

הגישות של OSI ושל ה-Internet, סוגיות בתכנון וממשק המשתמש, תמיכה ב-TCP, UDP.

□ שכבת האפליקציה (Application Layer)

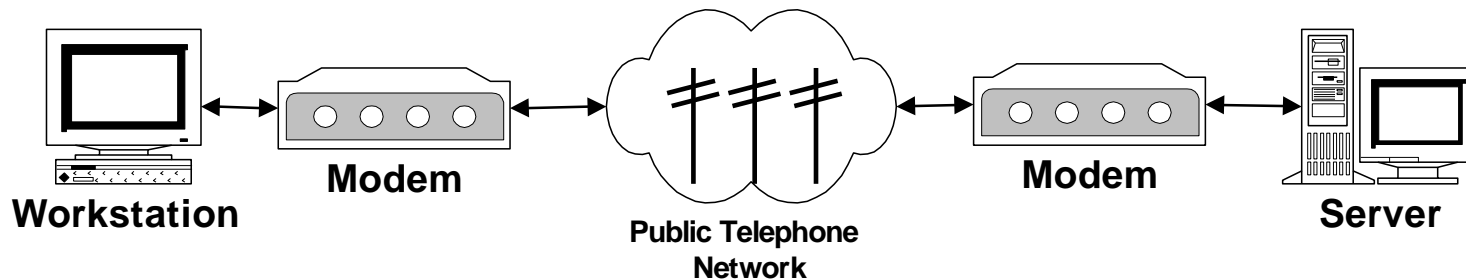
הגישות של OSI ושל ה-Internet, תמיכה באפליקציות הרשת: FTP, SMTP, HTTP, Mail, DNS.

□ מערכות מבוזרות (Distributed Systems)

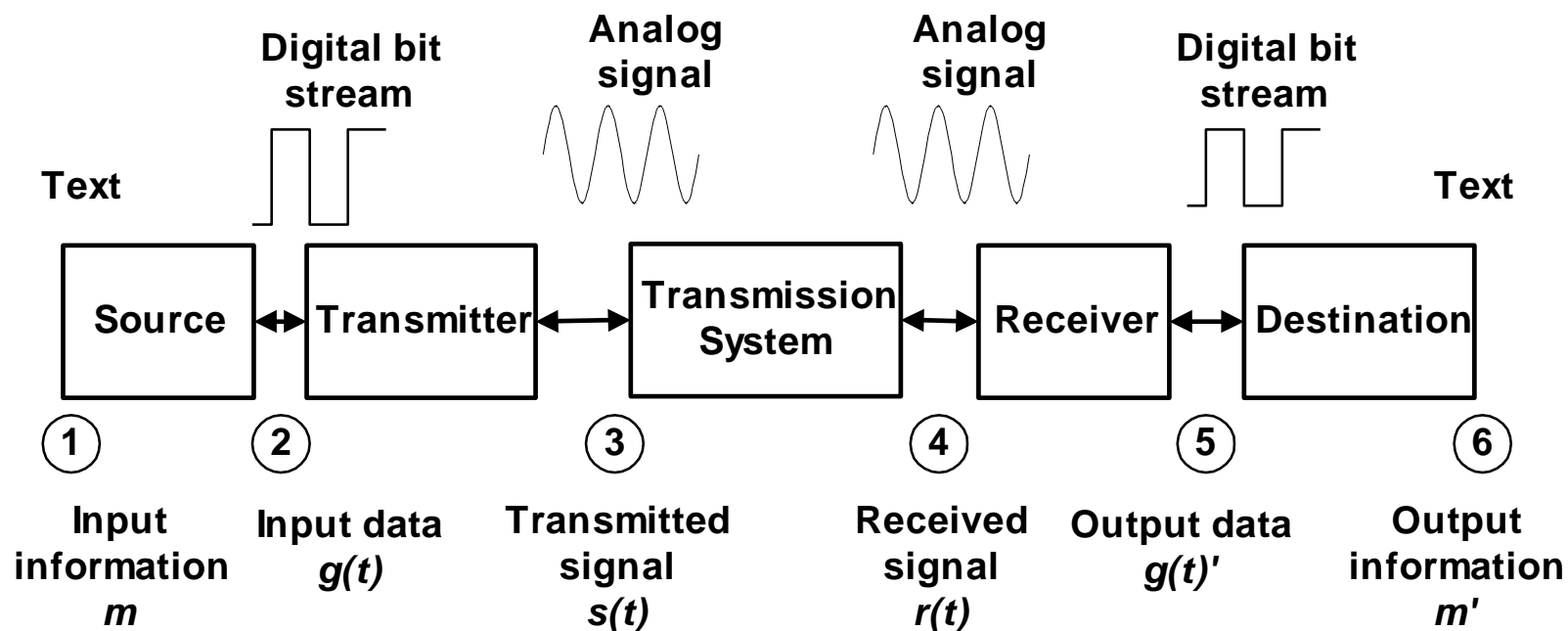
רשת מחשבים היא אוסף של מחשבים
אוטונומיים שמדברים זה עם זה דרך
תווך פיזי

A Computer Network is a collection
of ***autonomous*** computers,
interconnected through a physical
medium

מודל תקשורת מופשט



מודל תקשורת נתונים מופשט



אבל למה בכלל ?

□ שיתוף משאבים.

□ Reliability (גיבוי או ביזור).

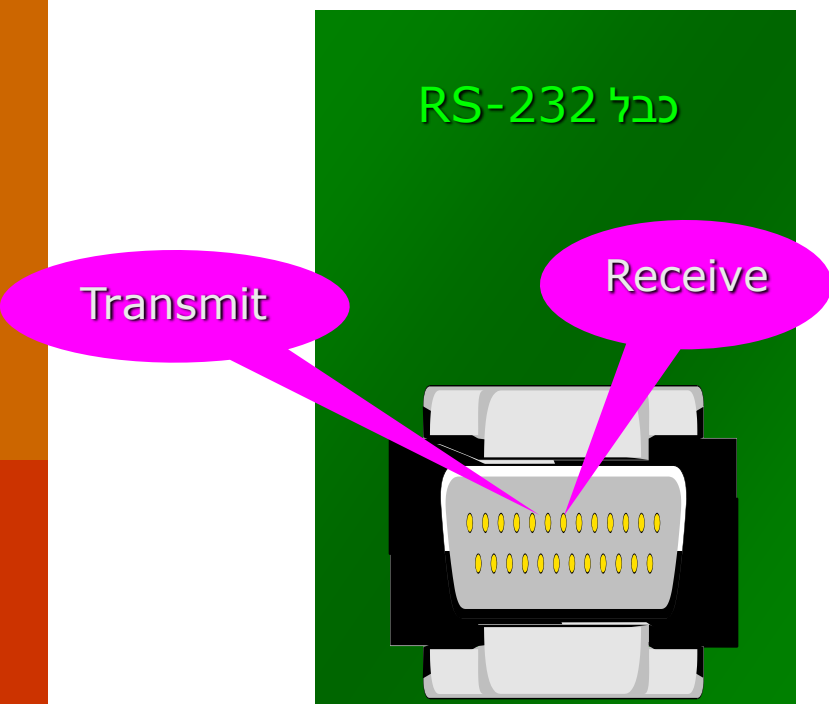
□ קל להגדיל את כוח החישוב.

□ יש דברים שיותר כיף בקבוצה.

מה צרכים
מחשבים
כדי שיוכלו
לדבר ?

תווק פילי

תקן יטן

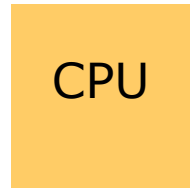


תקן חדש



חומרה במחשב

מעבד, יחידת העיבוד המרכזית (CPU - Central Processing Unit), הוא החלק המרכזי במחשב, שמבצע את הפקודות המאוחסנות בזיכרון המחשב.



CPU Bus

Cache

מטמון (cache) הוא רכיב לאחסון מידע שבו נשמרים נתונים כדי שניתן יהיה לאחזרם במהירות או בזול.

PCI (Peripheral Component Interconnect) - חיבור רכיבים היקפיים) הוא תקן לאפיק מחשב שפותח בחברת אינטל להוספת התקנים היקפיים ללוח אם של מחשב. התקנים אלה יכולים להיות מהצורה של:

- מעגלים משולבים המתאימים על לוח האם עצמו.
- כרטיסי הרחבה אשר מתאימים לשקעים.

Memory

PCI Controller

זיכרון מחשב (מכונה לעתים זיכרון) הוא רכיב מחשב, התקנים והתקני רישום המכילים מידע דיגטלי ומשמשים לחישובים בטווח זמן מסוים.

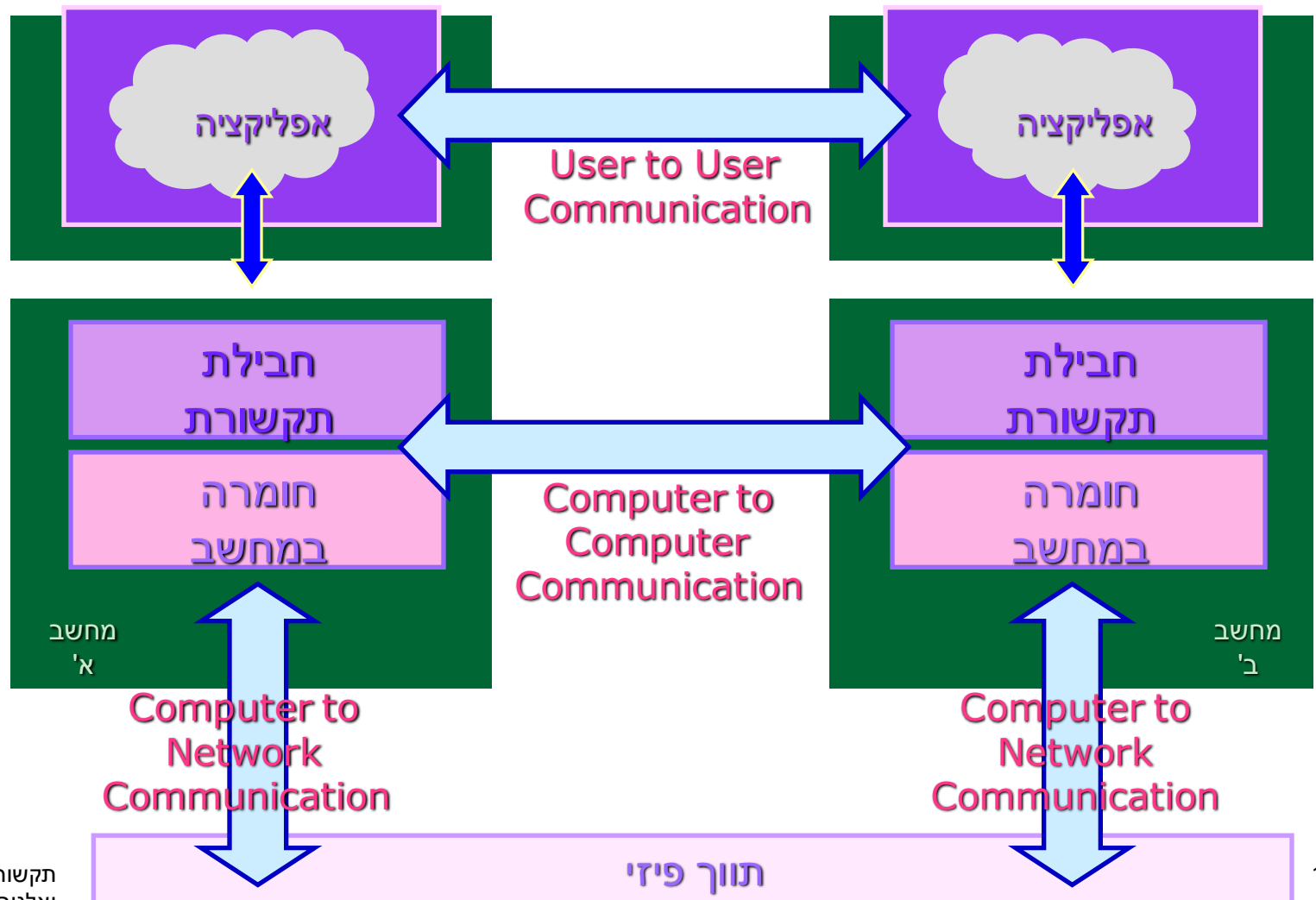
לוח האם הוא המעגל המודפס הראשי של מחשב. כל הרכיבים החיוניים לפעולתו של המחשב האישי מהווים חלק אינטגרלי מלוח האם, או מחוברים אליו ישירות דרך חריצי הרחבה שונים. רכיבים אלו כוללים את המעבד, הזיכרון, כרטיס המסך, כונני דיסקטים ותקליטורים ועוד. כל לוח אם מבוסס על ערכת שבבים (Chipset) שאחראית על הגישור בין הרכיבים השונים המרכיבים את המחשב. בנוסף לרכיבים החיוניים ניתן לחבר ללוח האם רכיבים נוספים, באמצעות חריצי הרחבה מסוגים שונים שהנפוצים בהם כרטיסי מסך, כרטיסי קול, כרטיסי רשת, כרטיסי מודם וכרטיסי וידאו.

Boards (e.g. Modem)

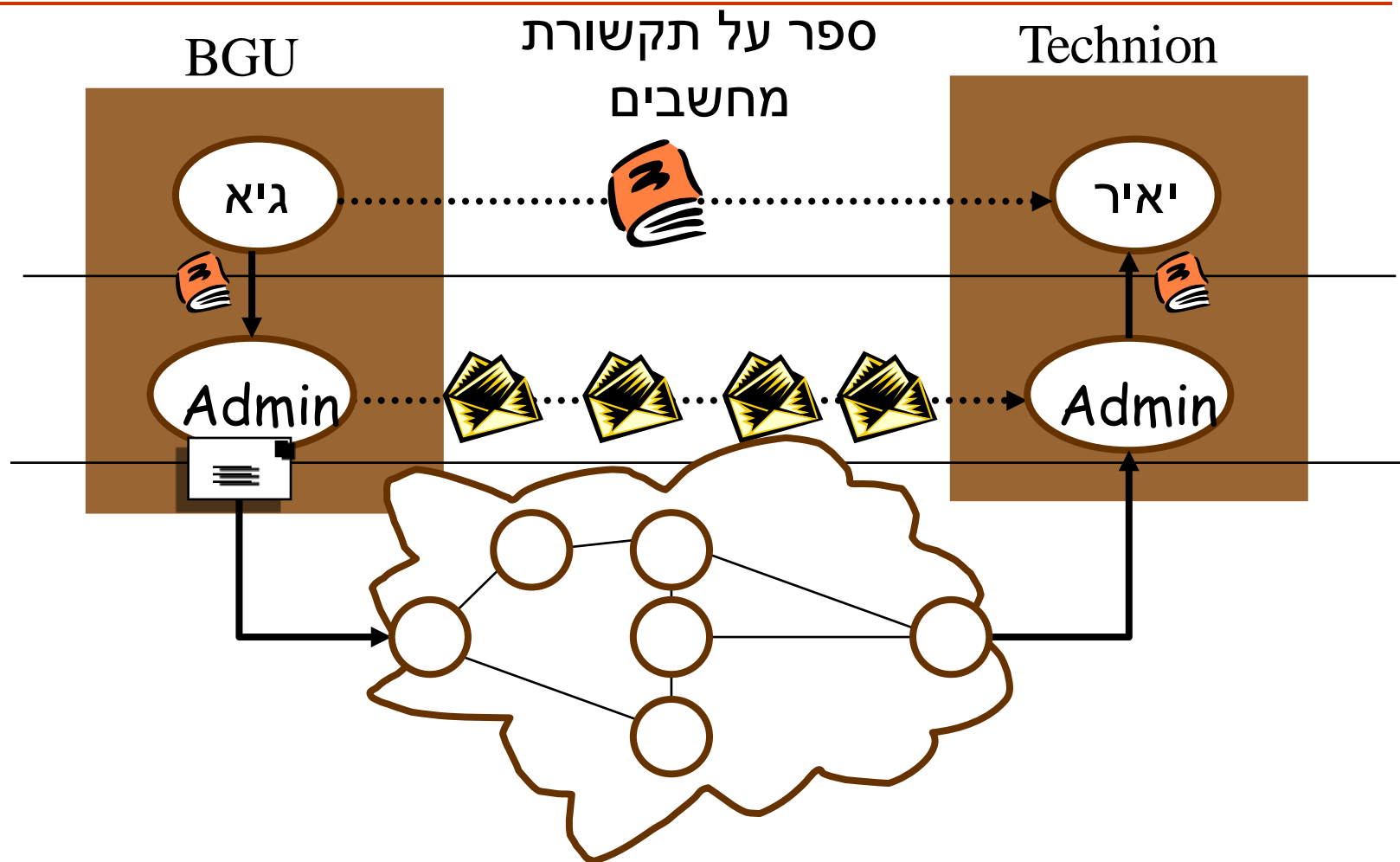
SCSI (Small Computer System Interface) תקן להעברת נתונים בצורה מקבילית שמאפשר קצבי העברת נתונים גבוהים בהרבה מאלה של היציאות הטוריות והמקביליות הקיימות במחשב. עוד יתרון ל-SCSI ניתן לחבר יותר מהתקן אחד לאותה היציאה

ISA (Industry Standard Architecture) הוא תקן לאפיק מחשב למחשבים אישיים תואמי IBM אשר הוצג ב-1984, והרחיב את ארכיטקטורת האפיק של XT ל-16 סיביות. הוא מתוכנן כדי לחבר כרטיסים של התקנים היקפים ללוח האם.

דוגמה לפרט 2 מחשבים



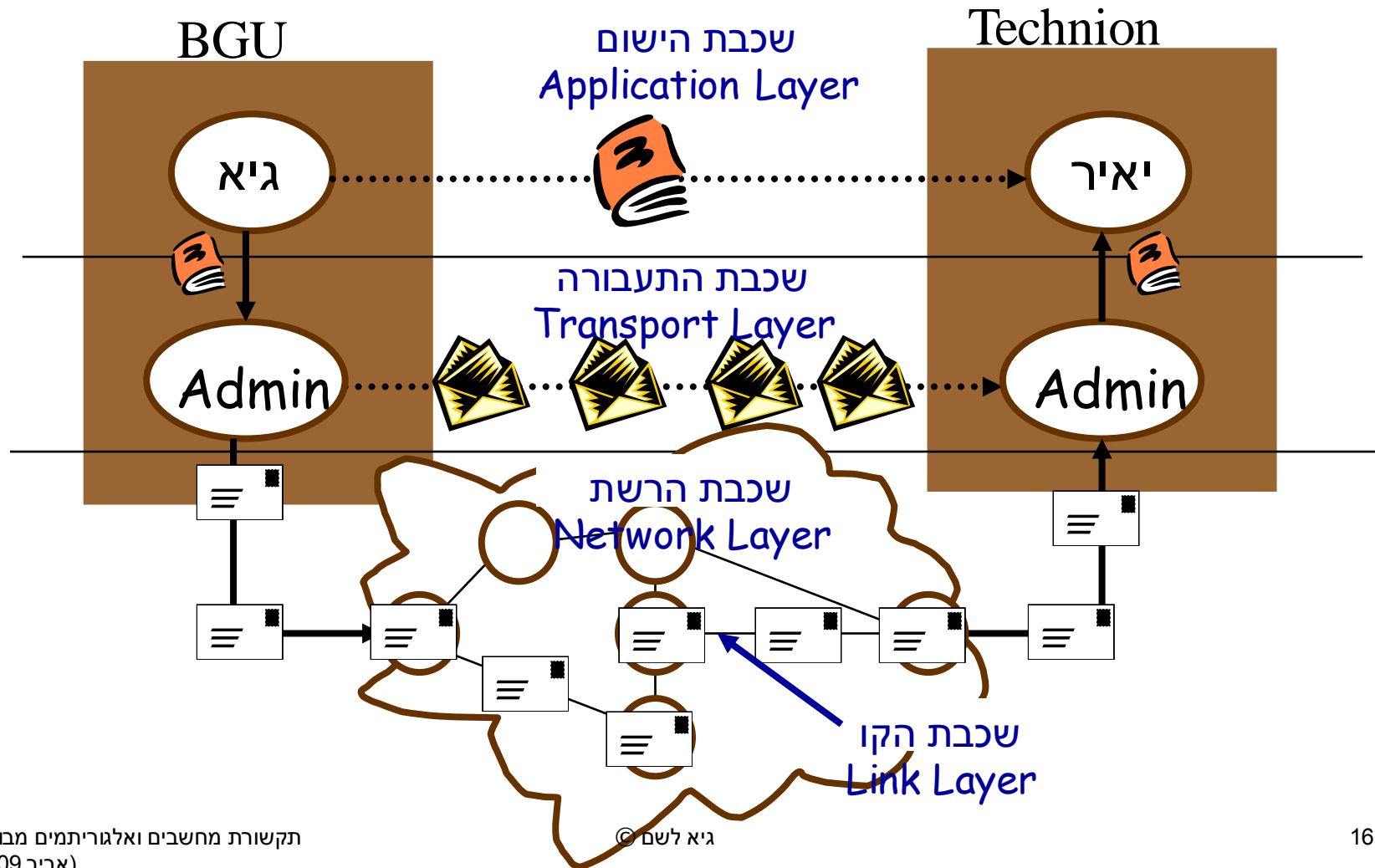
מבוא למערכת הדואר



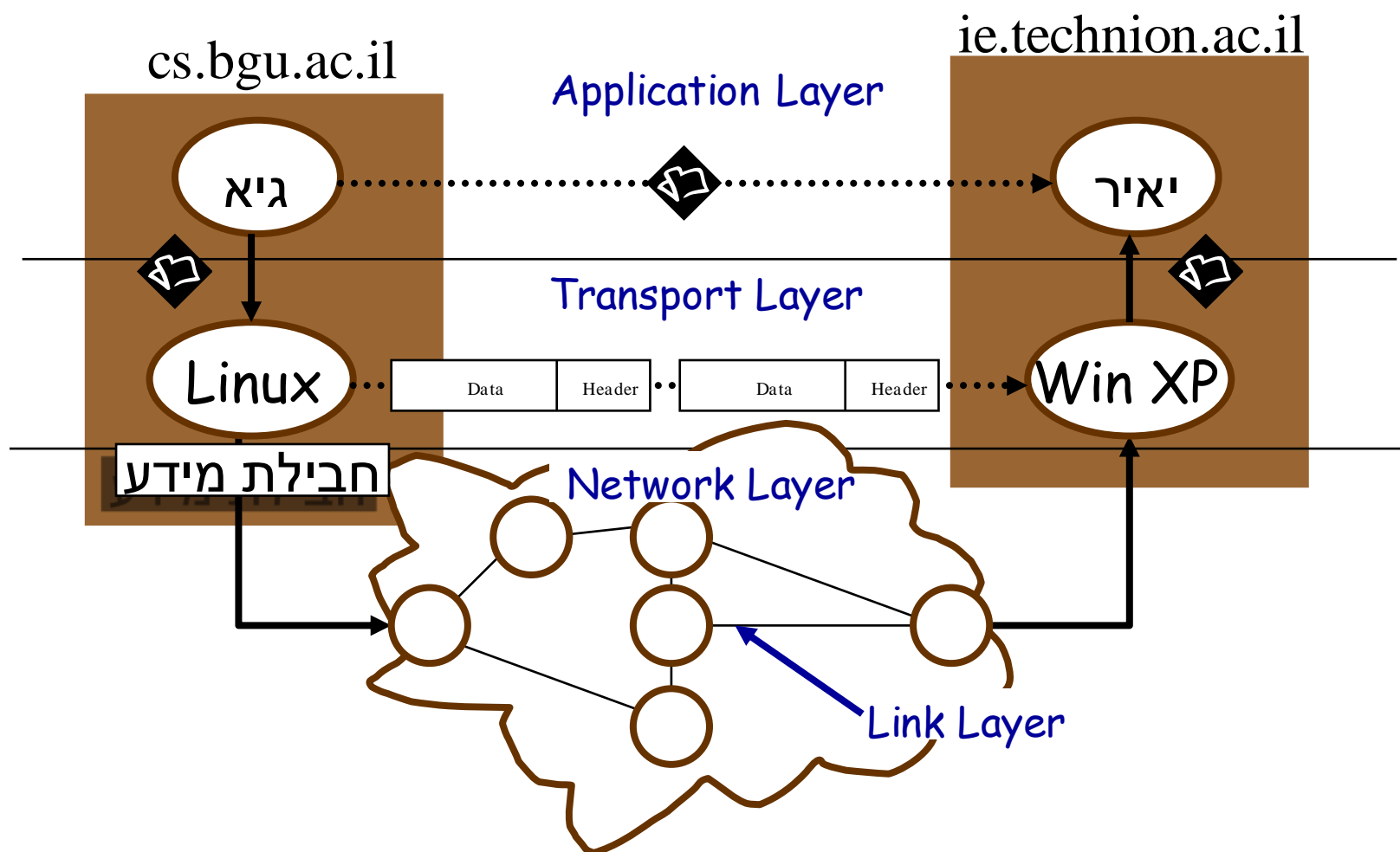
תכונות של מערכת הדואר

- ❖ כל מעטפה נשלחת בנפרד (Each envelope is individually routed).
- ❖ אין זמן מובטח למשלוח (No time guarantee for delivery).
- ❖ אין הבטחה לסדר השליחה (No guarantee of delivery in sequence).
- ❖ אין כלל הבטחה למשלוח ! (No guarantee of delivery at all !).
- דברים יכולים ללכת לאיבוד (Things get lost).
- כיצד אנו יכולים לאשר קבלת משלוח ? (How can we acknowledge delivery?)
- שליחה חוזרת (Retransmission):
 - ❖ אך נקבע מתי לשלוח מחדש ? פסק-זמן ? (How to determine when to retransmit? Timeout?)
 - ❖ נצטרך העתקים מקומיים של תוכן כל מעטפה (Need local copies of contents of each envelope).
 - ❖ כמה זמן צריך להחזיק כל אחד מן העתקים (How long to keep each copy).
 - ❖ מה אם האישור נאבד ? (What if an acknowledgement is lost?)

הקבלת מערכת הדואר למערכת תקשורת



מבוא לאינטרנט



תכונות *ef* מערכת תקשורת (אינטרנט)

- ❖ כל חבילה נשלחת בנפרד (Each packet is individually routed).
- ❖ אין זמן מובטח למשלוח (No time guarantee for delivery).
- ❖ אין הבטחה לסדר השליחה (No guarantee of delivery in sequence).
- ❖ אין כלל הבטחה למשלוח ! (No guarantee of delivery at all !)
- ❖ דברים יכולים ללכת לאיבוד (Things get lost).
- ❖ אישור על קבלה (Acknowledgements).
- ❖ שליחה חוזרת (Retransmission)
- ❖ אך נקבע מתי לשלוח מחדש ? פסק-זמן ? (How to determine when to retransmit? Timeout?)
- ❖ נצטרך העתקים מקומיים של תוכן כל חבילה (Need local copies of contents of each envelope)
- ❖ כמה זמן צריך להחזיק כל אחד מן העתקים (How long to keep each copy)
- ❖ מה אם האישור נאבד ? (What if an acknowledgement is lost?)

תכונות של האינטרנט (המשק)

- ❖ אין הבטחה לאמינות (או שלמות) הנתונים (No guarantee of integrity of data).
- ❖ חבילות יכולה להתחלק למספר חלקים (Packets can be fragmented).
- ❖ חבילה יכולה להיות משוכפלת (Packets may be duplicated).
- ❖ כל התכונות והשאלות הנ"ל נפתרות היום על ידי הרשתות המודרניות ומערכות התקשורת !

תקשורת נתונים

□ מעבר של מידע דיגיטלי בכל הרשת:

■ מעבר מידע ממערכת מחשב אחת לשניה

■ (Out of the computer from one system to another).

■ בדרך כלל עם שמירה על הסדר (Usually in a serial manner).

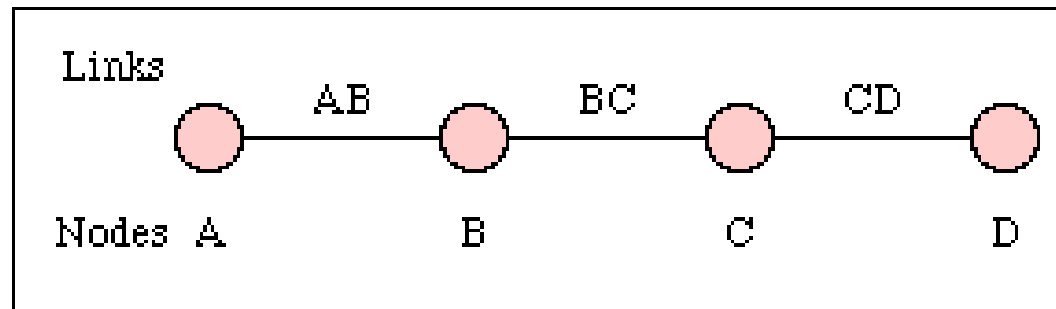
■ משתמשים בתווך ספציפי: סיבים אופטיים, כבלים, רדיו (Using a specific medium (fiber, cables, radio)).

■ אופציה של לעבור דרך "תחנות ביניים" (Option of passing through "intermediate stations").

■ טעויות אפשריות לפני להגיע ליעד (Possible errors before reaching to the destination).

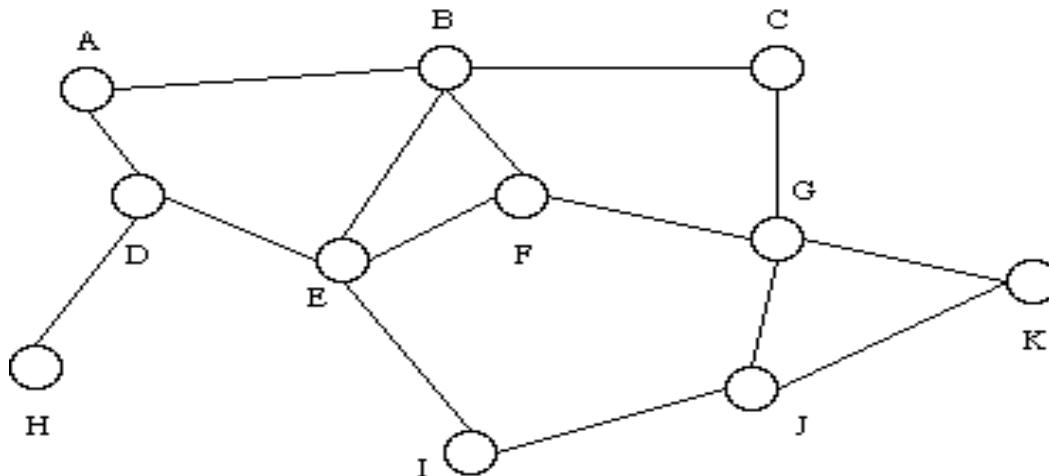
מצרכות תקשורת מוקדמות

- שני גביעי אשל וחוט שפגט.
(בצחוק, נא לא לרשום הערה זו)
- טלפון
- תקשורת ישירה בין נקודה לנקודה (נל"ן).
- חיבור ישיר של משתמשים הרוצים להתקשר יחד (מרכזיה).
- שימוש במעגל תקשורת הנבנה במיוחד למטרה זו.
- אם מרחק בין משתמשים מתרחב מעבר לאורך של הכבל, הקשר נוצר על ידי מספר חלקים המקשרים בין הקצה לקצה בטור.



מבט על רשתות תקשורת נתונים

- סידרה של צמתים מחוברים מחליפים מידע.
- שיתוף של מעגלי השידור = "Circuit Switching" (הרשתות מן הסוג הזה פועלות באמצעות יצירת קשר בין שתי נקודות קצה).
- הרבה צמתים מאפשרים יותר מנתיב אחד בין כל 2 צמתים.
- רשת חייבת לבחור את הנתיב המתאים לכל אחד דרישת תקשורת.
- דוגמא לרשת:



מהט עץ רשתות תקשורת נתונים (המשק)

חומרה: כיצד ניתן להפעיל (configure) קבוצה של מחשבים כרשת:

- **רשת מקומית** (Local Area Networks (LAN)) – היא רשת תקשורת המתפרסת בדרך כלל בתוך בניין אחד, או בניינים סמוכים.
- **רשת עירונית** (Metropolitan Area Networks (MAN)) – היא רשת תקשורת הפרוסה על פני עיר או קמפוס (של אוניברסיטה למשל).
- **רשת מרחבית** (Wide Area Networks (WAN)) – היא רשת תקשורת המחברת בין מספר רשתות עירוניות ורשתות מקומיות, אשר בדרך כלל ממוקמות במרחק ניכר זו מזו.
- **רשת (Internetworks)** – שילוב של הרבה רשתות.

תוכנה: זה מה שלמעשה עושה רשתות מחשב – לא הצידוד!

- שכבת האינטרנט מטפלת בניתוב של הודעות דרך רשת של רשתות או רב רשת (internetwork). ואך עושים זאת ?
- פרוטוקולים : מתארים איך שני צדדים השייכים לפעילות של העברת מידע מחליפים מידע ביניהם.

סיווג רשתות תקשורת לפי אורך

LAN	m0.1	Circuit Board	MAN
	1m	מערכת	
	m10	חדר	
	m100	בניין	
WAN	Km1	קמפוס	
	Km10	עיר	
	Km100	ארץ	
	Km1000	יבשת	
	Km10000	כדור הארץ	

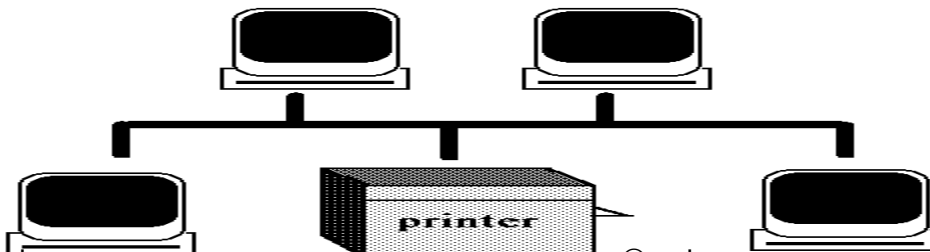
מבט על רשתות תקשורת נתונים (המשק)

- שירותים: מתאר מה שהרשת מציעה לצדדים שרוצים להתקשר.
- ממשקים: מתאר איך לקוח יכול לעשות שימוש בשירותי הרשת, ז"א איך השירותים יכולים להיות ברי גישה.
- התייחסות לאירגון של שני מודלים: הראשון, מודל של מערכת תקשורת פתוחה Open System Interconnection – OSI, אשר פותח ע"י ארגון התקינה הבינלאומי ISO (המודל נקרא מערכת פתוחה כי הוא תוכנן לאפשר תקשורת בין מערכות שונות), והשני מודל הרשתות של האינטרנט.

רשתות מקומיות (LAN)

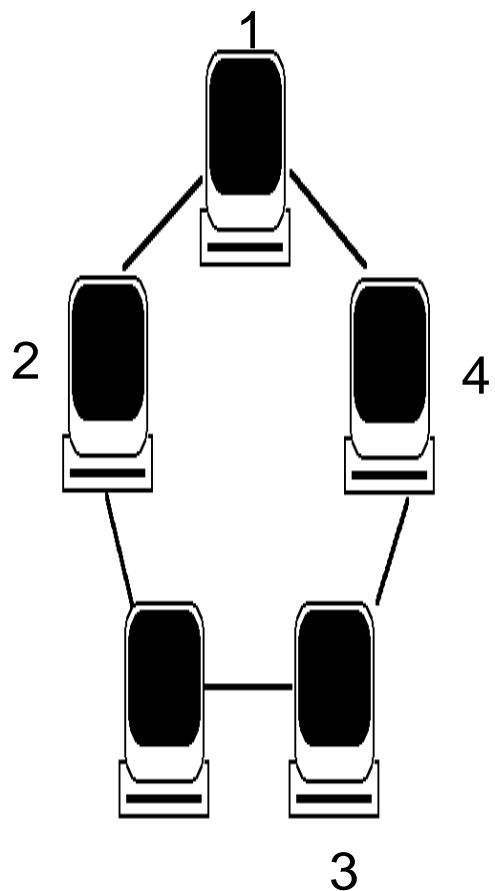
- רשת מקומית היא רשת מחשבים (או רשת של תקשורת הנתונים) מוגבלת.
- חוץ מהגודל, רשת מקומיות מבדילות את עצמם מרשתות אחרות על ידי שימוש בטכנולוגית שידור **broadcast**, ושימוש בטופולוגיות פשוטות.
- בדרך כלל משתמשים בשיטת Shared Media – ישנו כבל יחיד אליו מחוברים כל המחשבים.
- חיבור Bus – כל התחנות נמצאות על גבי bus משותף. ברגע שמחשב אחד משדר, אף אחד מהמחשבים האחרים לא יכול לשדר, ובכך בא לידי ביטוי חסרונה של טופולוגיה זו.

- קצבי שידור טיפוסיים:
10Mbps – 1Gbps



רשתות מקומיות (LAN)

Token-based אסימון (שהוא למעשה רק חבילה (Packet) קטנה) הנעה ברציפות לאורך בטבעת.



המחשב השולח

(1) ממתין עד שהאסימון עובר ואח"כ מסלק אתו.

(2) שולח את החבילה לאורך הטבעת.

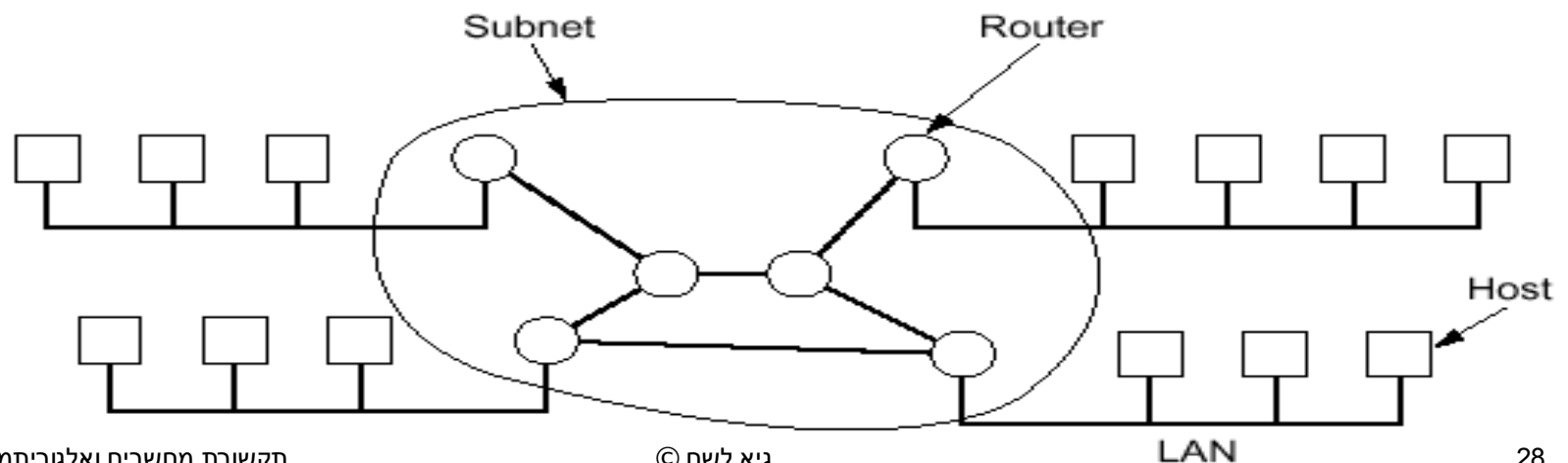
(3) ממתין עד אשר החבילה חוזרת.

(4) מכניס שנית את האסימון.

מדוע אנו זקוקים לאסימון ?

רשת ארחקית (WAN)

- WAN משתרע על תחום גאוגראפי גדול, כמו מדינה, פרובינציה או ארץ.
- WAN לעתים קרובות מחבר בין רשתות יותר קטנות כגון LANs.
- התקן רשת הנקרא ראوتر (router) מחבר את ה-LANs ל-WAN.
- קצב שידור סטנדרטי: 2.5Gbps-10Gbps



רשת (Internetworks)

□ ההנחה עד עכשיו היא שהרשת הומוגנית: יש בקושי בכל ווריאציה של הציוד והתוכנה. הלכה למעשה, רשתות גדולות יכולות רק להיבנות על ידי חיבור של סוגי רשתות שונות --> אינטרנט.

□ דוגמאות:

- חיבור אוסף של סוגי LANs שונים (חיבור Bus עם חיבור טבעת) באותה מחלקה.
- חיבור LANs לכל הרשתות האחרות דרך WAN. WAN מתפקד במקרה זה כתת רשת.
- חיבור WANs לכול הרשתות האחרות - אינטרנט

צנייני רשתות – אינטרנט

□ מיעון (Addressing) - שיטת פנייה למשאבים ברשת

IP addresses 132.66.48.37, Refer to a *host interface* = network number + host number

למשל - בכתובת 132.66.48.37 החלק 132.66.48 מייצג את הרשת והמספר 37 מייצג את המחשב המסוים.

□ ניתוב (Routing) – כיצד להגיע מהמקור ליעד

מיתוג חבילות (packet switching) – נניע חבילות של נתונים בין הנתבים (routers) מהמקור ליעד באופן עצמאי.

□ יחידות מידע (Information Units) – כיצד נשלח המידע

Self-descriptive data: packet = data + metadata (header).

רבי פרוטוקול (Protocol Layers)

□ דרך לארגן את מבנה ברשת

□ הרעיון: סידרה של צעדים או מבנים המשתמשים בפרוטוקולים:

■ פרוטוקול הוא קבוצה של כללים ותבניות אשר מפקחת על התקשורת בין עמיתים מתקשרים.

■ פרוטוקול נדרש עבור כל פעולה אשר דורשת שיתוף פעולה בין העמיתים.

■ דוגמאות לפרוטוקולים של תקשורת:

□ פרוטוקול ARP (Address Resolution Protocol) משמש להמרה בין כתובת IP לבין כתובת MAC.

□ פרוטוקול DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) משמש להקצאה אוטומטית של כתובת IP עבור מכשירים שלא הוגדרה להם מראש כתובת IP סטטית.

□ פרוטוקול DNS (Domain Name System) משמש לתרגום של שמות תחום מילוליים לכתובות IP.

רבי הפרוטוקול (Protocol Layers)

- הרשת אשר מספקת הרבה שירותים (לדוגמא, Web, VoIP, email, games, e-commerce, file sharing) זקוקה להרבה פרוטוקולים.
- חלק מן השירותים הם עצמאיים, אבל אחרים תלויים אחד בשני.
- פרוטוקול עשוי להשתמש בפרוטוקול אחר כצעד בתוך הביצוע שלו.
- צורה זו של תלות נקראת עריכת שכבה (layering) - פרוטוקול שכבה אחת "שוכב" (layered) מעל פרוטוקול שכבה שניה.

Open protocols and systems

□ קבוצה של פרוטוקולים היא פתוחה אם

- פרטיי הפרוטוקול גלויים וזמינים.
- השינויים מתנהלים ע"י אירגון אשר החברות בה והפרוטוקולים של ישיבותה פתוחים לציבור.

□ מערכת אשר מטמיע פרוטוקולים פתוחים נקראת מערכת פתוחה.

□ International Organization for Standards (ISO)

מבצעת סטנדריזציות לחיבור מערכות פתוחות.

■ *open system interconnect (OSI)*

□ יש השפעה גדולה לחשיבה על סידור של פרוטוקולים לפי שכבות.

ISO OSI reference model

□ מודל המקור

■ מגדיר באופן פורמלי למה מהתכוונים בשכבה, בשירות וכו'

□ ארכיטקטורת השירות

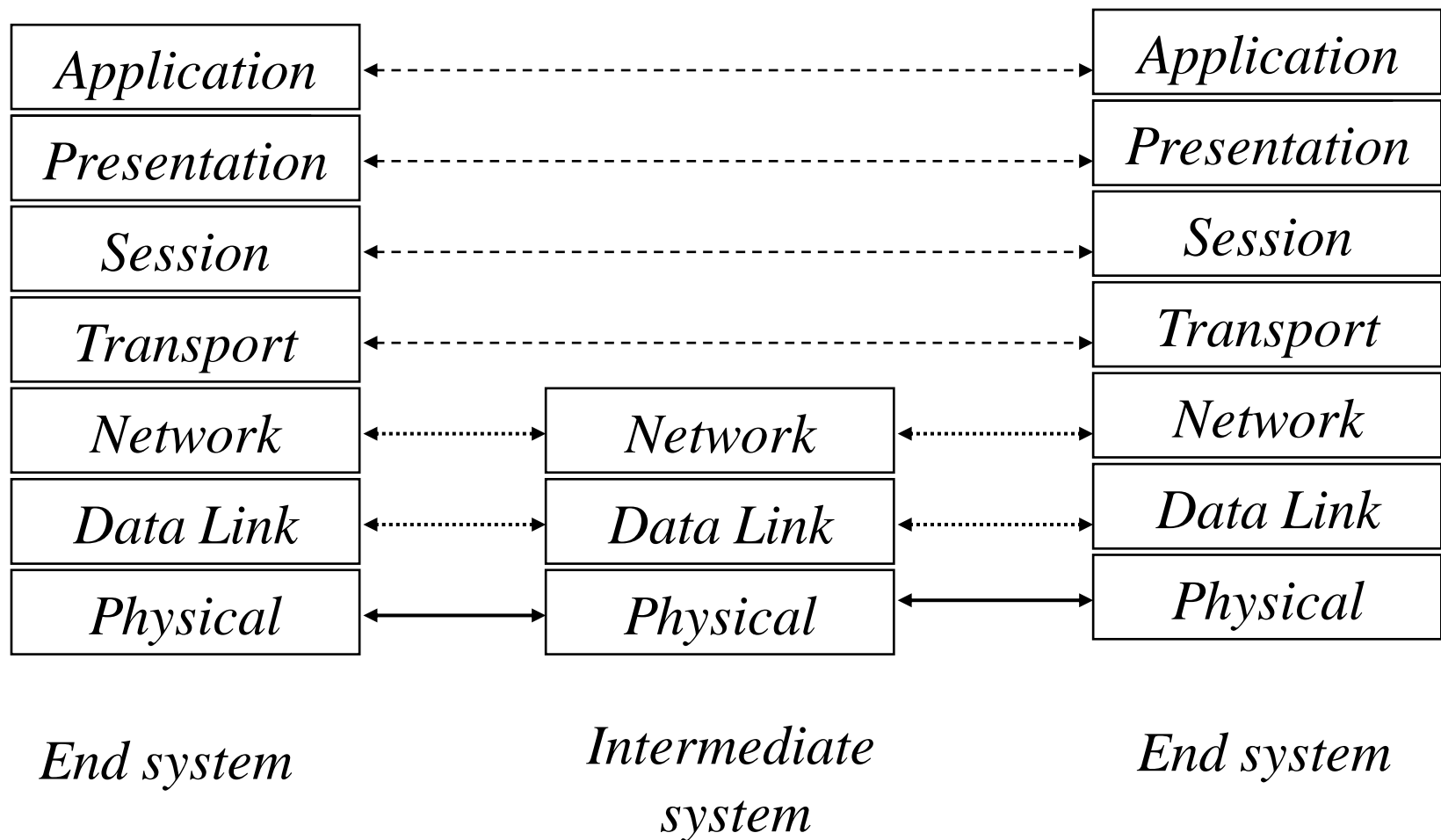
■ מתאר את השירות שמספקת כל שכבה ונקודות הממשק בין השכבות השונות.

□ ארכיטקטורת הפרוטוקולים

■ קבוצה של פרוטוקולים אשר מבצעת את ארכיטקטורת השירות.

□ קיבוץ יחד של כל הפרוטוקולים של השכבות השונות נקראת
"מחסנית פרוטוקולים - Protocol Stack"

מודל שכבות



שכבה פיזית - Physical layer

■ השכבה הפיזית מגדירה 4 תחומים של אמצעי קישוריות:

1. מוגדרים המאפינים המכניים של ממשק התקן התקשורת.
2. מוגדרים האותות החשמליים המאפשרים את העברת הנתונים.
3. מוגדרים התפקוד הלוגי של האותות החשמלים וסדר הופעתם על פני החוטים השונים בזמן נתון.
4. מוגדר הפרוטוקול השולט על תזמון הארועים והסדר המתאים שלהם, כדי שהשכבה הפיזית תוכל לאפשר תקשורת.

■ פרוטוקולים מיצגים:

- 802.11x-WiFi - למשפחה של תקנים לתקשורת אלחוטית (Wireless LAN) ברשתות מקומיות.
- 10Base-T - תקן יישומי של טכנולוגיית ה-Ethernet אשר מאפשר לתחנות קצה להתחבר זו לזו באמצעות כבל זוגות שזורים.
- Bluetooth - תקן של רשת אלחוטית במרחב האיש, בקשר רדיו בתדר 2.45 GHz (שהוא התדר שבין שידורי טלוויזיה לשידורי לוויין), בטווחים קצרים, בנפחים קטנים, ובהספק חשמל נמוך, המיועד בעיקר לשימושים אישיים, כמו קשר בין מחשב לאביזרים הקפיים ובין מכשירים חשמליים שונים בטווח קצר.
- DSL (קו מנוי דיגיטלי) - משפחה של טכנולוגיות לשידור מידע דיגיטלי באמצעות תשתיות הטלפון המקומיות.

שכבת הקישור הנתונים - Data link layer

□ לאחר שבוצעו החיבורים הפיסיים והחשמלים יש צורך לשלוט בזרם הנתונים. שכבת קישור נתונים פועלת כמפקח בתחנת רכבת המציב את הקורנות יחד ואוסף אותם לרכבת ממשית.

1. תפקיד שכבת קישור הנתונים הוא לאפשר את ניתוב הנתונים ברשת בצורה שקופה ואמינה לכל התקני התקשורת.

2. שכבת קישור הנתונים אחראית לאיסוף מנות הנתונים ולסידורם לבלוקים קבועים, בלוקים אלה מכונים מסגרות (*frame*).

3. שכבת קישור הנתונים מוסיפה בתים וסיביות לזיהוי כל שדה במסגרת הנתונה.

4. שכבת קישור הנתונים מגדירה פרוטוקול המאפשר את איתור ותיקון השגיאות הנוצרות בזמן העברת הנתונים.

□ פרוטוקולים מיצגים:

■ הכי נפוץ הוא האתרנט - טכנולוגיית המאפשרת לכל רכיב לשלוח אותות לתווך משותף בלי התראה מוקדמת, ומטפלת ביעילות בהתנגשויות.

■ Token ring - רשתות Token ring עושות שימוש באסימון בגודל 24 סיביות המועבר בין המחשבים ברשת, כאשר רק מחשב שברשותו האסימון יכול לשדר.

■ FDDI - ברשת FDDI קיימות שתי טבעות, ראשית ומשנית שמעבירות אסימון (Token ring) בכיוונים מנוגדים. במצב רגיל תעבורת הנתונים מתבצעת על הטבעת הראשית בלבד, הטבעת המשנית נכנסת לפעולה כאשר יש כשל בנקודה כלשהי ברשת.

שכבת הרשת – Network layer

- שכבת הרשת מאפשרת את ניתוב הנתונים מערכת המקור למערכת היעד.
- מחביאה את התנהגות שכבת שכתת הקישור הנתונים.
- שכבה זו מספקת את הכתובות הדרושות לשם כך.
- שכבה זו מחליטה מחליטה באיזה נתיב פיסי יעברו הנתונים בהתאם לתנאי הרשת, לקדימויות השירות ותנאים אחרים.
- נמצאת גם במערכות הקצה (מחשבים) וגם במערכות הקישור (נתבים).
- פרוטוקולים מיצגים:
 - IPv4 - Internet Protocol, או בקיצור IP, הוא פרוטוקול תקשורת המשמש להעברת נתונים ללא אימות הגעה או אימות נתונים, אך הוא מפצה על כך בהיותו יעיל ומהיר ביותר, ולכן הוא אחד הפרוטוקולים הנפוצים בשימוש ברשתות מחשבים, וביניהם ברשת האינטרנט.
 - IPv6 - פרוטוקול המשמש להעברת נתונים ברשתות מבוססות מיתוג מנות. גרסה 6 של פרוטוקול ה-IP היא הגרסה השלישית של הפרוטוקול לאחר גרסה 4 (IPv4).
 - ICMP - חלק מחבילת פרוטוקולי תקשורת באינטרנט. הודעות ICMP נוצרות בדרך כלל כתגובה לשגיאות בחבילות של פרוטוקול IP, או למטרות אבחון וניתוב.
 - RIP - פרוטוקול ניתוב המתבסס על ספירת צעדים (Hop Count) על מנת לבצע החלטות ניתוב.

שכבת התעבורה - Transport layer

- שכבת התעבורה אחראית למתן שירותים ואופטימיזציה של משאבים בקישור שתי מערכות.
- שכבה זו מספקת העברה של מידע מנקודת המוצא לנקודת היעד ברשת, כלומר תקשורת בין נקודות קצה, והיא אחראית על ניהול התקשורת, אמינות החיבור, ואמינות הנתונים.
- שכבת התעבורה נכללים מספר פרוטוקולים, שמיישמים את הפונקציות של השכבה בדרכים שונות. בנוסף, חלקם בוחרים ליישם או לא ליישם פונקציות מסוימות. לדוגמה: כל אפליקציה, מהשכבה שמעל, בוחרת את פרוטוקול התעבורה המתאים לה, לפי צרכיה. לדוגמה דפדפן האינטרנט: פרוטוקול HTTP משתמש בפרוטוקול התעבורה TCP כדי לשלוח מידע ברשת.
- פרוטוקולים מיצגים:
 - TCP (Transmission Control Protocol) - מספק בקרת שגיאות (error control), בקרת זרימה (flow control) והעברת מספר הודעות בו זמנית בערוץ אחד (multiplexing).
 - UDP (User Datagram Protocol) - מספק רק העברת מספר הודעות בו זמנית בערוץ אחד (multiplexing).

שכבת השיחה - Session layer

- תומכת בקישוריות שבין שתי מערכות פתוחות הרצות לקיים ביניהן "שיחה".
- שכבה זו מנהלת את הדיאלוג בין המערכות ותלויה בשכבת התעבורה, בכך שכל קישור ברמת השיחה מתבצע ע"י נקודת קישור אחת ברמת התעבורה (מספר קישורים ברמת השיחה יכולים להתבצע בנקודת אבל לא בו זמנית).
- שכבת השיחה מבצעת את הפונקציות, המאפשרות לשני יישומים (או לשני חלקים של יישום אחד) ליצור קשר על גבי רשת התקשורת תוך ביצוע פעולות אבטחה, זיהוי שם, הצטרפות למערכת וניהול פעולות אחרות. פעולות אלו כוללות זירמת נתונים דו כיוונית וסיכרון של נתונים בין מערכות.
- אינטרנט: לא קיימת שכבת שיחה.
- פרוטוקולים מיצגים:
 - PPTP - פרוטוקול המאפשר ליישם רשת פרטית וירטואלית (VPN) בין המשתמש הפרטי לספק שירותי האינטרנט באופן מאובטח מעל גבי TCP/IP.
 - SSH - פרוטוקול המאפשר ביצוע פעולות על מחשב מרוחק לאחר תהליך הזדהות (login). הוא נועד להחליף את telnet, rlogin ו-RSH ולאפשר תקשורת מאובטחת ומוצפנת בין שני מחשבים לא תלויים ברשתות לא מאובטחות, SSH פועל מעל TCP.
 - SSL - פרוטוקול המאפשר תקשורת מאובטחת ומוצפנת בין שני יישומים מתקשרים.

שכבת התצוגה - Presentation layer

- אחראית לבקרה על תחביר הנתונים (פורמט) הנוצרים בשתי מערכות פתוחות, ועל המרת הנתונים אלה בצורה מובנת.
- אחראית לביצוע תרגום מתאים בין המערכות כדי לאפשר העברה אמינה של נתונים ביניהם. לדוגמא אם מערכת פועלת בפורמט ASCII ושניה בפורמט EBCDIC מחייבת שכבת התצוגה שימוש בתוכנת המרה של ASCII ל-EBCDIC.
- שכבת התצוגה מכילה את נתוני העריכה של הנתונים (formatting data) כדי להבטיח פלט נכון ורצוי שלהם בהתקנים המתאימים (מסך, מדפסת וכו').
- שכבה זו עוסקת במיפוי המסך וטיפול בתוכנות התצוגה של תווים שונים. לדוגמא יישום שנכתב עבור מסוף IBM מחייב שינוי פורמט של נתונים כדי לאפשר קליטתם על מסוף אחר.
- אינטרנט: לא קיימת שכבת תצוגה.
- פרוטוקולים מיצגים:
 - ASCII - קוד לייצוגם של תווים (ספרות, אותיות האלפבית, סימני פיסוק ועוד) בזיכרון מחשב ובקובצי מחשב.
 - Unicode - תקן בינלאומי לייצוג טקסט במערכות מחשב. התקן מגדיר מערכת תווים המקיפה את כל מערכות הכתב הנמצאות כיום בשימוש פעיל בשפות העולם, וכן מערכות כתב ותווים נוספים שבהם נעשה שימוש בתחומים מדעיים וטכניים.
 - MIME - תקן אשר מרחיב את יכולות העברת המידע בדואר אלקטרוני על ידי הוספת היכולות הבאות:
 - טקסט שאינו בקיוד ASCII פשוט.
 - קבצים מצורפים (Attachments) שאינם טקסטואליים.
 - הודעות הבנויות ממספר חלקים שונים.
 - כותרות הודעה (-Header) שאינן ב-ASCII.
 - כמעט כל הדואר האלקטרוני כיום נשלח בפורמט MIME.

שכבת היישום - Application layer

- שכבת היישום היא השכבה העליונה שבה נמצאות התוכניות השייכות למשתמש.
- כאן נמצאים מערכת הפעלת רשת התקשורת וכל היישומים עצמם ובכלל זה ניהול קבצים, יצירת תורי הדפסה, דואר אלקטרוני ועוד.
- שכבה זו לא מספקת שירות לכל שכבה אחרת.
- פרוטוקולים מיצגים:
 - HTTP - פרוטוקול תקשורת שנועד להעברת דפי HTML ואובייקטים שהם מכילים (כמו תמונות, קובצי קול, סרטוני פלאש וכו') ברשת האינטרנט.
 - FTP - פרוטוקול תקשורת מבוסס TCP להעברת קבצים בין מחשבים.

ההרצאה הבאה

□ השכבה הפיסית:

- עקרונות בסיסים של עיבוד אותות.

- כלל נייקוויסט.

- יחס בין קצב העברה לרוחב פס בערוץ תקשורת.

- כלל שאנון.

- מקסימום קיבולת של ערוץ תקשורת בנוכחות רעש.

- מושגי יסוד בסכמות קידוד וטכניקות אפנון.