מודל ה- TCP/IP

השקפים המסומנים ב- מהווים חומר הרחבה.

התוכן המובא בשקפים אלו <u>אינו</u> מהווה חלק מהחומר המחייב לבחינה בקורס.

בהרצאות הקודמות ראינו כי רשת תקשורת מחשבים {נכון להיום, ולמעשה בלמעלה מ- 40 השנים האחרונות}, מאופיינת על ידי:

- מיתוג מנות [= packet switching]
- אוסף של פרוטוקולים שידוע/מוכר תחת השם TCP/IP
  - מדובר במאות, ואלפים, של פרוטוקולים.
  - וכל האוסף הגדול הזה נקרא TCP/IP
  - כאשר TCP ו- IP הם שני פרוטוקולים, חשובים ומשמעותיים מאוד} בתוך האוסף הגדול הזה.

- הפרוטוקולים השונים 'עובדים ביחד' [= קיימת ביניהם אינטראקציה הדוקה] כדי 'לספק'/לממש את התפקוד הכולל של הרשת
  - הערה: לא בין כל הפרוטוקולים מתקיים 'שיתוף פעולה ישיר'

קיימות, נכון להיום, רשתות תקשורת שונות:
רשת הטלפונים {הקווית}
רשת סלולר דור 3
רשת סלולר דור 4
רשת סלולר דור 5

- המשותף לכולן: מבוססות על העברה 'באמצעות' גלים אלקטרו-מגנטיים
- <u>ההבדל המשמעותי/המובהק ביניהן: אוסף פרוטוקולים ייחודי שמשמש לצורך מימוש התפקוד הכולל של הרשת.</u>
  - לא {!!} סוגי המידע שהן מעבירות
  - וגם לא {!!!} סוגי השירותים [services =]

רשתות מחשבים הראשונות 'הופיעו' לאחר רשת הטלפונים
'החליפו' מודל העברה: packet switching במקום circuit switching
ניתוח מאפייני התעבורה ברשתות מחשבים, וניתוח 'מדידת ההתאמה' של תעבורה זו לשיטת ה- circuit switching, הביאו למסקנה כי circuit switching 'ממש לא מתאים' לתעבורה האופיינית ברשתות מחשבים.
חוסר התאמה זה היה נכון אז {= רשתות המחשבים הראשונות} ונכון גם היום.

'חוסר התאמה' = ניצול מאוד לא יעיל של משאבי הרשת.
חוסר ניצול קיצוני
המשאבים לא מנוצלים ב- 90% עד 99% מהזמן.

'תוצאות' הניתוח הזה הביאו בהכרח למסקנה כי חייבים לבסס את התעבורה על שיטה אחרת מ- circuit switching
והשיטה שהוצעה, לאחר ניתוח מתמטי עמוק היא: packet switching

הערה:
*המאפיינים הקונספטואליים {= המתמטיים של השיטה} קרויים **statistical multiplexing***
*המימוש ההנדסי נקרא **packet switching***

על מודל ה- TCP/IP

אוסף הפרוטוקולים TCP/IP מאורגן/מחולק ל- 5 שכבות [= Layers]
כל אחד מהפרוטוקולים בקבוצה המאוד גדולה הזו 'שייך' לאחת השכבות
שכבה מספר 5 – שכבת האפליקציה [= application layer]
שכבה מספר 4 – שכבת התעבורה [= transport layer]
שכבה מספר 3 – שכבת הרשת [= network layer]
שכבה מספר 2 – שכבת הערוץ [= link layer]
שכבה מספר 1 – השכבה הפיזית [= physical layer]

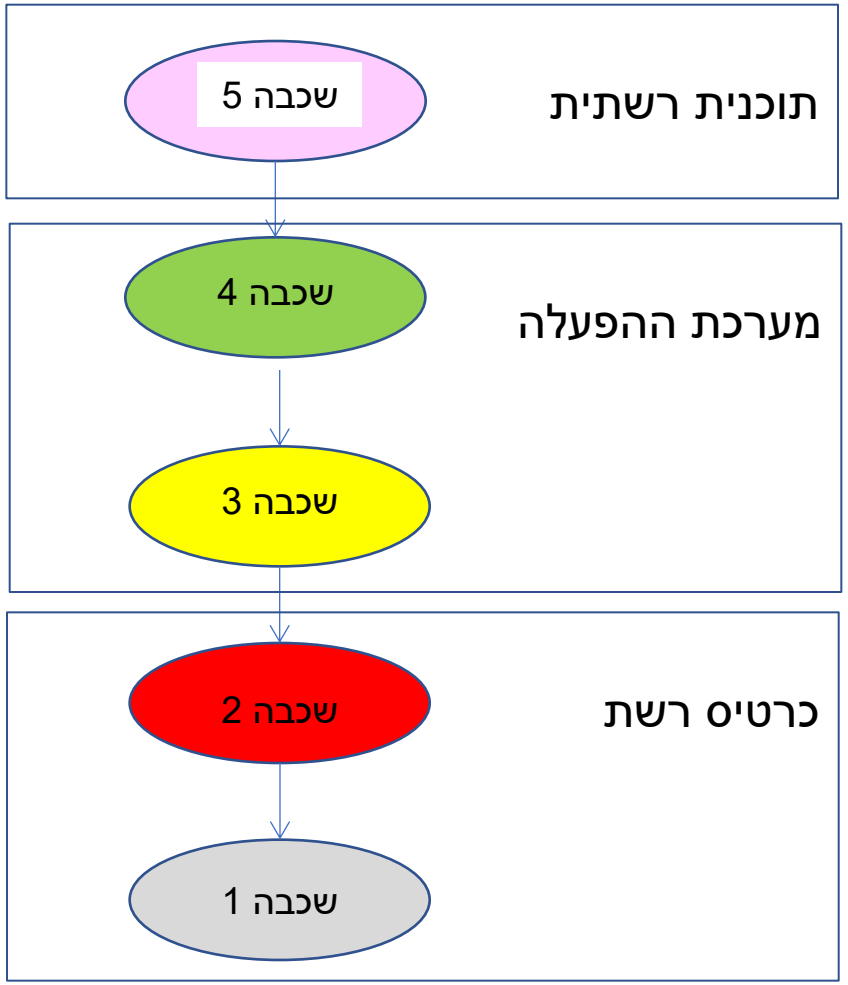
Layer 5: Application Layer (protocols)

Layer 4: Transport Layer

Layer 3: Network Layer

Layer 2: Link Layer

Layer 1: Physical Layer


תוכנית רשתית
שכבה 5
מערכת ההפעלה
שכבה 4
שכבה 3
כרטיס רשת
שכבה 2
שכבה 1

פרוטוקולי שכבה 5, 4 ו- 3 ממומשים בתוכנה

פרוטוקולי שכבה 5 ממושים כחלק {'בתוך'} תכנית הלקוח ותוכנית השרת

תזכורת: 'מיקדנו' את הדיון בקורס לאפליקציות רשתיות שממומשות על פי מודל הלקוח-שרת

פרוטוקולי שכבה 4 כוללים 2 פרוטוקולי: TCP ו- UDP
הם, כאמור, ממומשים בתוכנה
כחלק ממכלול הקוד של תכנית מערכת ההפעלה
ה- kernel של מערכת ההפעלה

פרוטוקולי שכבה 3 כוללים 'הרבה' פרוטוקולים
בין היתר הם כוללים את IPv4 ו- IPv6
ואת ICMP
ועוד

גם הם, כמו פרוטוקולי TCP ו- UDP, ממומשים בתוכנה
כחלק ממכלול הקוד של תכנית מערכת ההפעלה
ה- kernel של מערכת ההפעלה
או של התוכנת המותקנת ורצה בציודי התקשורת. switches ו- routers.

קבוצת פרוטוקולי שכבה 2 כוללת:
'סוגים' {גרסאות} שונות של פרוטוקול שנקרא Ethernet.
ש'מיועד' עבור ערוצים פיזיים קווים. חשמליים או סיבים אופטיים.
'סוגים' {גרסאות} שונות של פרוטוקול שנקרא WiFi.
ש'מיועד' עבור ערוצים פיזיים אלחוטיים {= האוויר}.

פרוטוקולים נוספים.
ממומשים בחומרה. לא בתוכנה.
היינו על ידי מעגלים אלקטרוניים.

פרוטוקולים אלו, של שכבה 2, ממומשים גם במארחים וגם בציודי התקשורת {= switches ו- routers}
כמה פרוטוקולי שכבה 2 מממומשים במארח?
תלוי, בין, היתר ב'סוג' המארח
לדוגמא ב- desktop ממומש פרוטוקול אחד. Ethernet. 'בתוך' ה- NIC היחידי של ה- desktop
בלאפטופ טיפוסי ממומשים לפחות 2 פרוטוקולי שכבה 2: Ethernet ו- WiFi
בטאבלט טיפוסי ממומש בד"כ פרוטוקול אחד: WiFi.

כמה פרוטוקולי שכבה 2 מממומשים בציוד תקשורת?
תלוי ב'סוג' ציוד התקשורת
'router' ביתי
access switch שנקרי
ה- backbone switch השנקרי
AP [= Access Point]
...

קבוצת פרוטוקולי שכבה 1 כוללת פרוטוקולים ש'מגיעים' בצמידות לפרוטוקולי שכבה 2.
למשל פרוטוקול שכבה 2 מסוג Ethernet לערוץ חשמלי מסוג twisted pair
או: פרוטוקול שכבה 2 מסוג Ethernet לסיב אופטי

על פרוטוקולי שכבת האפליקציה {L5}

2 פרוטוקולי שכבה 5 מחליפים ביניהם הודעות [= message]
במיקוד שלנו {= אפליקציות רשתיות 'מבוססות' מודל client-server} : צד הלקוח וצד השרת של פרוטוקול שכבה 5 מחליפים ביניהם הודעות

- צד הלקוח וצד השרת, כמובן, של אותו הפרוטוקול {!!}.
- לא של צד הלקוח והשרת של פרוטוקולי שכבה 5 שונים !

הודעה = מספר כלשהו של בתים
לא מספר קבוע
גם לא מספר 'חסום' {= גודל ההודעה, בבתים, לא יכול להיות גדול מירכך מקסימום מסוים}

תוכן ההודעה {= 'סוג' המידע המועבר בה} יכול להיות:

- טקסט [= סדרת תווים]
- Video
- Audio
- Voice
- היברידי

נקודה חשובה:
כאמור הודעה שמוחלפת בין 2 הצדדים של פרוטוקול שכבה 5 היא למעשה אוסף, באורך/גודל כשלהו של בתים.

ש: מה 'המשמעות' של בתים אלו?
היינו, מה תוכן ההודעה 'מייצג'
האם התוכן הוא טקסט או שמא או וידאו או אודיו וכו'
לדוגמא:
אם התוכן של הודעה מייצג טקסט אזי כל בית בהודעה מייצג תו אחד
אם התוכן של הודעה מייצג תמונה, אזי כל מספר, מסוים, של בתים מייצגים פיקסל.
ופיקסל מייצג צבע מסוים. גוון צבע.
אם התוכן של הודעה מייצג אודיו, אזי כל מספר, מסוים, של בתים מייצגים דגימה [= sampling] של גל קול

את המשמעות/הפרשנות של תוכן ההודעה 'נותנות' התוכניות שהן חלק מהאפליקציה הרשתית.
רק התוכנית השולחת והמקבלת 'יודעות' מה מייצגת סדרת הבתים [= ההודעה, או חלק הודעה] המוחלפים ביניהן.
וגם: רק עבורן, עבור התוכנית השולחת והמקבלת, ה'הבנה' של משמעות הבתים היא משמעותית/חשובה/הכרחית.

כלומר <u>מבחינת 'החלקים האחרים ברשת התקשורת, אין שום חשיבות להבין מה בדיוק מייצגת סדרת הבתים.</u>
זה לא חשוב: לא ל- TCP, ולט ל- UDP, ולא ל- IP, ולא ל- NICs, ולא לערוצי התקשורת הפיזיים, ולא לציודי התקשורת, וכו' !!!

הערה: במקרים מסוימים ציודי התקשורת 'צריכים' לדעת שמדובר במידע מסוג טקסט או וידאו וכו', אבל ממש 'לא מעניין אותם' מה בדיוק המידע מייצג.
אלו תווים למשל.

על פרוטוקולי שכבת התעבורה {L4}

לגבי הפרוטוקול TCP:
המידע מוחלף
בין פרוטוקול TCP שמותקן, כחלק ממערכת ההפעלה, במחשב שבו רצה תכנית הלקוח
לבין פרוטוקול TCP שמותקן, כחלק ממערכת ההפעלה, במחשב שבו רצה תכנית השרת
יחידות המידע הן packets
והן נקראות סגמנטים [segments =]
לסגמנט יש גודל מקסימלי אפשרי של בתים
גודל זה קרוי MSS [Maximum Segment Size =]
ה- MSS לא כולה על מספר קטן של אלפי בתים

לגבי הפרוטוקול UDP:
המידע מוחלף
בין פרוטוקול UDP שמותקן, כחלק ממערכת ההפעלה, במחשב שבו רצה תכנית הלקוח
לבין פרוטוקול UDP שמותקן, כחלק ממערכת ההפעלה, במחשב שבו רצה תכנית השרת
יחידות המידע הן packets
והן נקראות UDP datagrams
ל- UDP dg יש גודל מקסימלי אפשרי של בתים
שלא עולה על 2^16 [=]65, 536 בתים

ז"א, UDP dg 'יכול' לכלול הרבה יותר בתים מאשר TCP segment

על פרוטוקול IP {ששייך ל- L3}

המידע מוחלף בין:
פרוטוקול IP שמותקן במארח לבין כזה שמותקן בציוד תקשורת אליו 'מחובר' {פיזית !} המארח
פרוטוקול IP שמותקן בציוד תקשורת A לבין כזה שמותקן בציוד תקשורת B, אשר 'מחוברים' {פיזית !} ביניהם

יחידות המידע הן packets
והן נקראות datagrams. או IP datagrams.

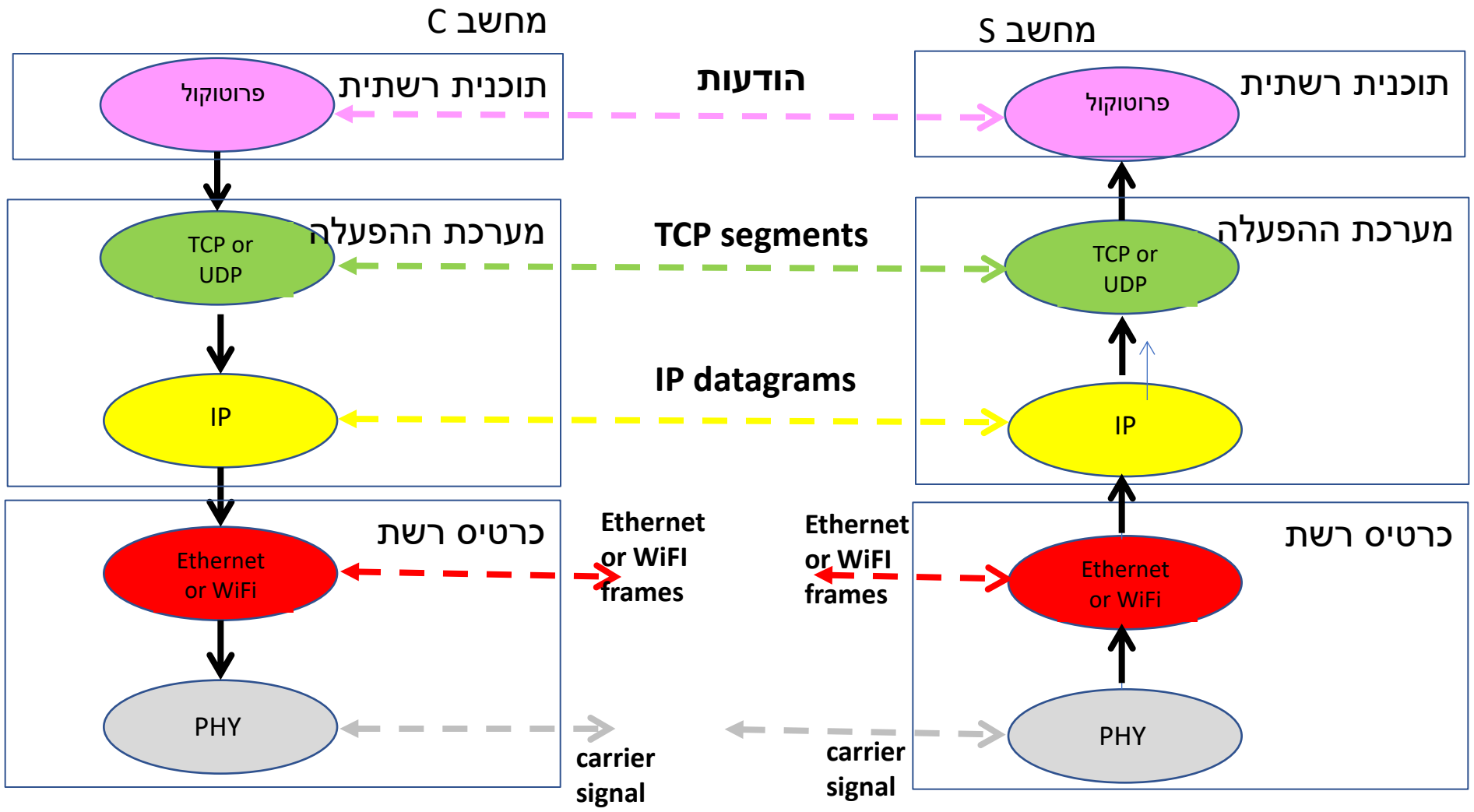
על פרוטוקולי שכבת הערוץ והשכבה הפיזית
{L2 & L1}

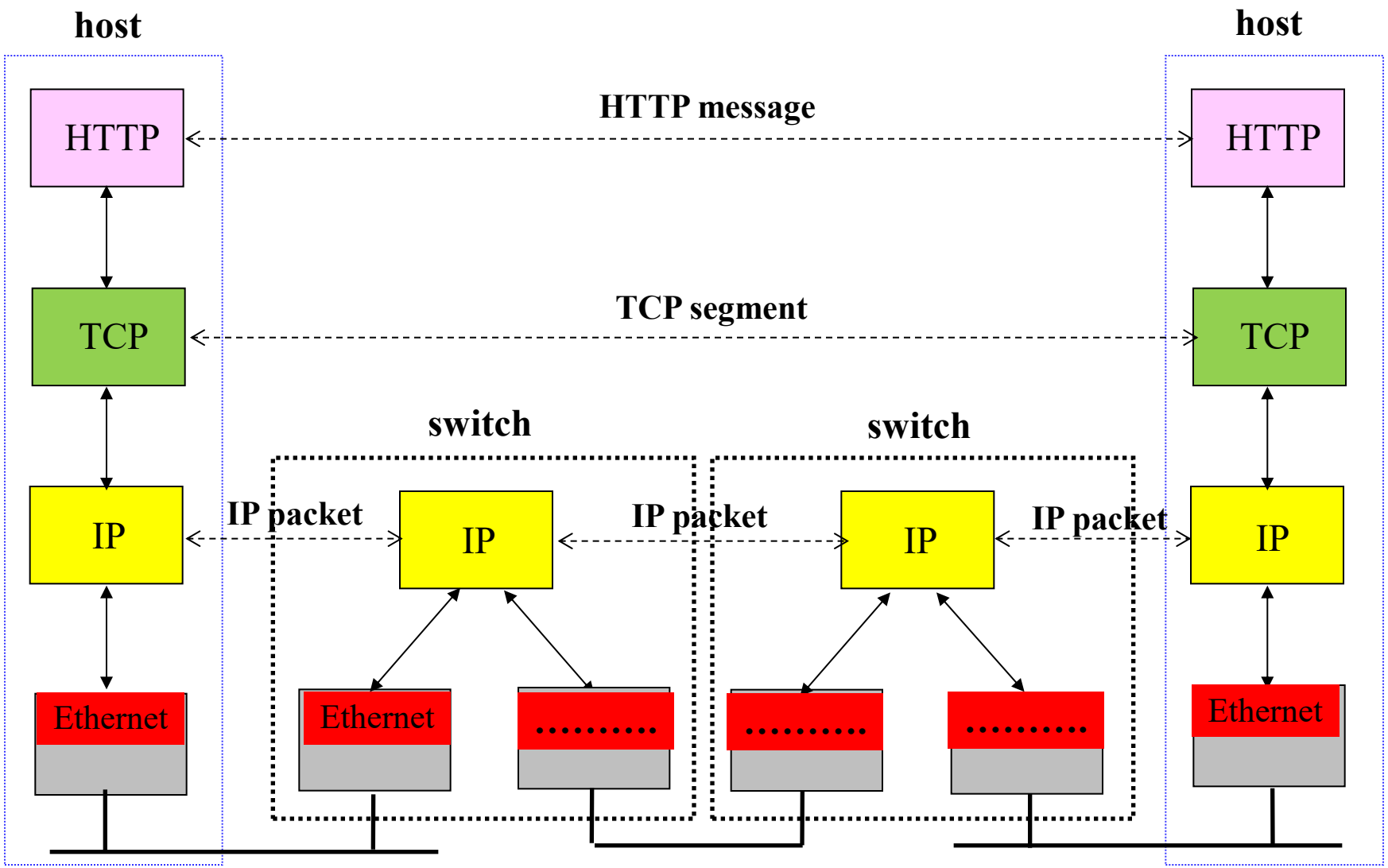
כותרת

המידע מוחלף בין 2 כרטיסי רשת, A ו- B
שמחוברים ביניהם פיזית
קווית {חשמלית או אופטית}
או אלחוטית
בין פרוטוקול שכבה 2 שממומש ב- A לבין פרוטוקול שכבה 2 שממומש ב- B
בין פרוטוקול שכבה 1 שממומש ב- A לבין פרוטוקול שכבה 1שממומש ב- B

בין 2 פרוטוקולי שכבה 2 מוחלפות כמובן packets
הן נקראות **מסגרות** [= **frames**]

בין 2 פרוטוקולי שכבה 1 מוחלף כמובן carrier signal


מחשב C
מחשב S
תוכנית רשתית
פרוטוקול
הודעות
תוכנית רשתית
פרוטוקול
מערכת ההפעלה
TCP or UDP
TCP segments
מערכת ההפעלה
TCP or UDP
IP datagrams
IP
IP
כרטיס רשת
Ethernet or WiFi
Ethernet or WiFI frames
Ethernet or WiFI frames
כרטיס רשת
Ethernet or WiFi
PHY
carrier signal
carrier signal
PHY

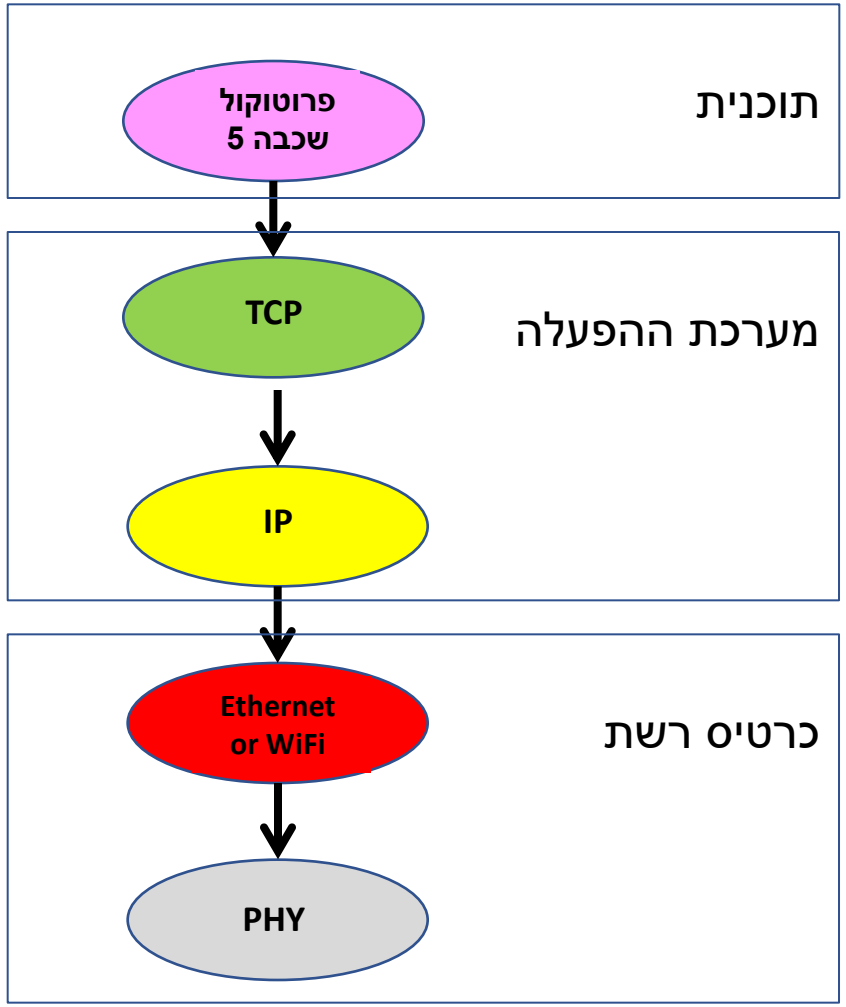

host
host
HTTP
HTTP message
HTTP
TCP
TCP segment
TCP
switch
switch
IP
IP packet
IP
IP packet
IP
IP packet
IP
Ethernet
Ethernet
.....
.....
.....
Ethernet

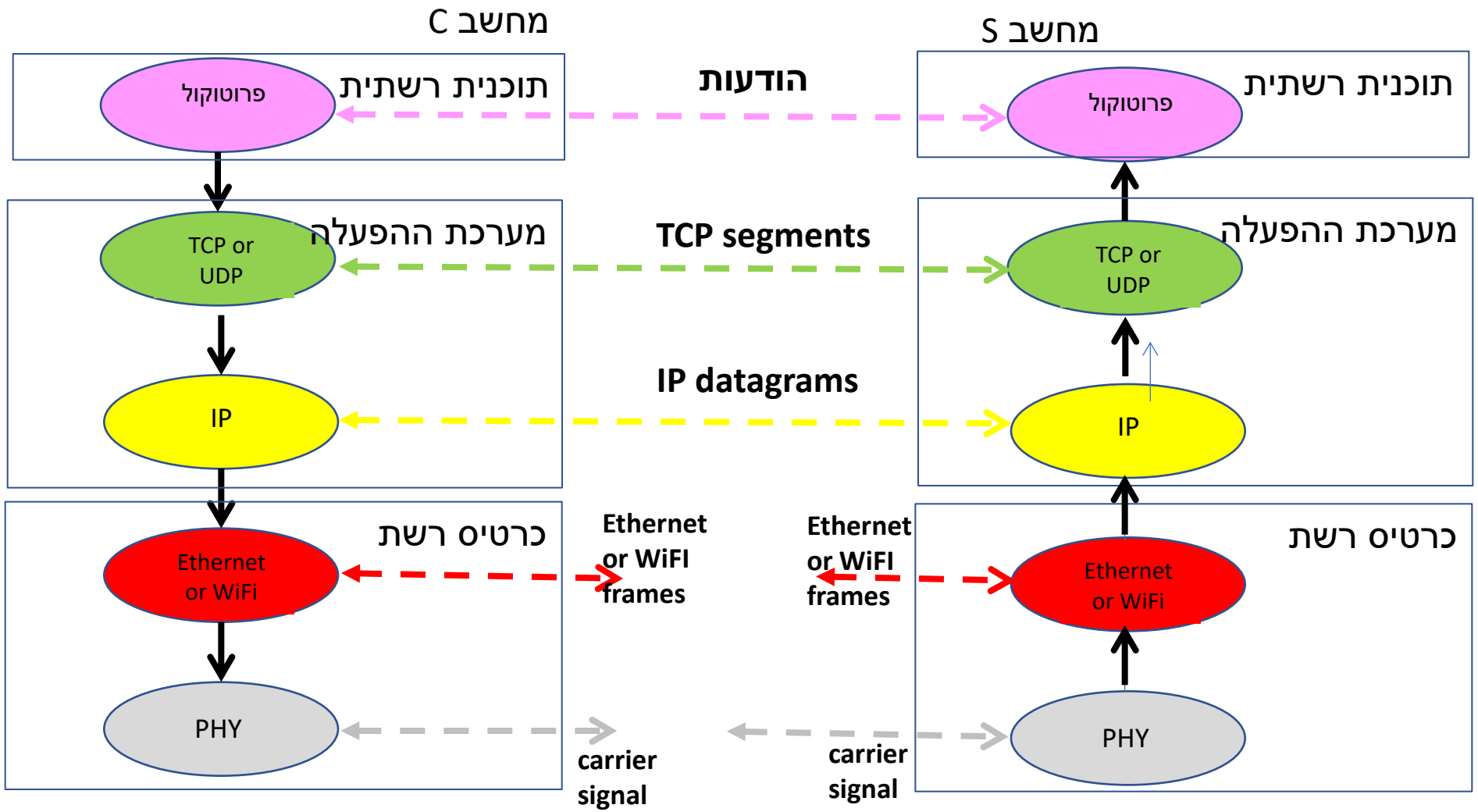
The Interrelations Between The TCP/IP Layers

יחסי הגומלין בין השכבות

- הטיפול שנעשה בתוך מחשב C לצורך שליחת הודעה למחשב S נעשה על ידי 5 פרוטוקולים שונים ב- C:
  - פרוטוקול שכבה 5 (שהוא חלק מתוכנית רשתית)
  - TCP או UDP (שהוא חלק מערכת ההפעלה של C)
  - IP (שהוא חלק מערכת ההפעלה של C)
  - Ethernet או WiFi (שהוא חלק מכרטיס הרשת של C)
  - PHY (שהוא חלק מכרטיס הרשת של C)

יחסי הגומלין בין השכבות




מחשב C
מחשב S
תוכנית רשתית
פרוטוקול
הודעות
מערכת ההפעלה
TCP or UDP
TCP segments
IP
IP datagrams
כרטיס רשת
Ethernet or WiFi
Ethernet or WiFi frames
PHY
carrier signal

פרוטוקולי שכבה 5

- פרוטוקול שכבה 5, שכבת היישום, תמיד מוּבְנֶה (= built in) כחלק מתוכנית רשתית.
- כל תוכנית רשתית מכילה מימוש של לפחות פרוטוקול שכבה 5 אחד.
- כל פרוטוקול 'מייצר' יחידות מידע שנקראות הודעות (= messages).
- 'הודעה' = יחידת מידע בעלת אורך כלשהו.

Packet's names

•פרוטוקול שכבה 5 – יחידת המידע: 'הודעה'

•פרוטוקולים שכבה 4 , 3 ו- 2 – יחידת המידע באופן כללי נקראית מנה (= packet)

•ובאופן ספציפי:

- Packet של TCP נקרא segment
- Packet של UDP נקרא UDP datagram
- Packet של IP נקרא IP datagram או בקצרה datagram
- Packet של Etrhernet או של WiFi נקרא frame

כותרת

- שמות 'מקוצרים':
- segment – מנה של פרוטוקול TCP (פרוטוקול שכבה 4)
- UDP datagram (פרוטוקול שכבה 4)
- datagram – מנה של פרוטוקול שכבה 3 (לדוגמא, IP)
- frame (מסגרת) – מנה של פרוטוקול שכבה 2

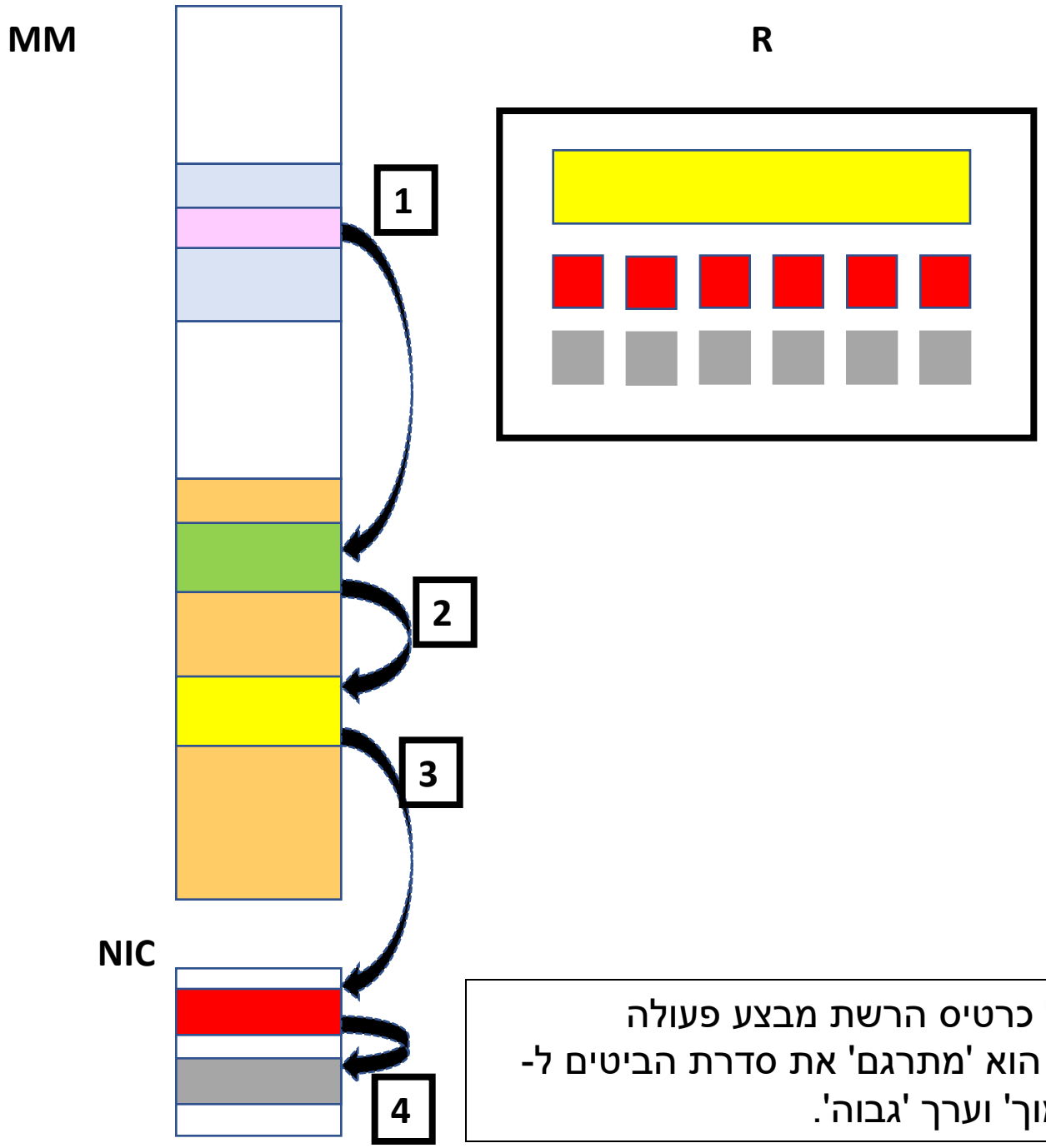
כותרת

- התוכן של ההודעות יכול להכיל:
  - טקסט (= סדרות של תווים) כמו שמקרה של http או של SMTP.
  - voice כמו במקרה של skype
  - וידאו כמו למשל במקרה של skype
- סוג התוכן של ההודעות תלוי כמובן תוכנית.

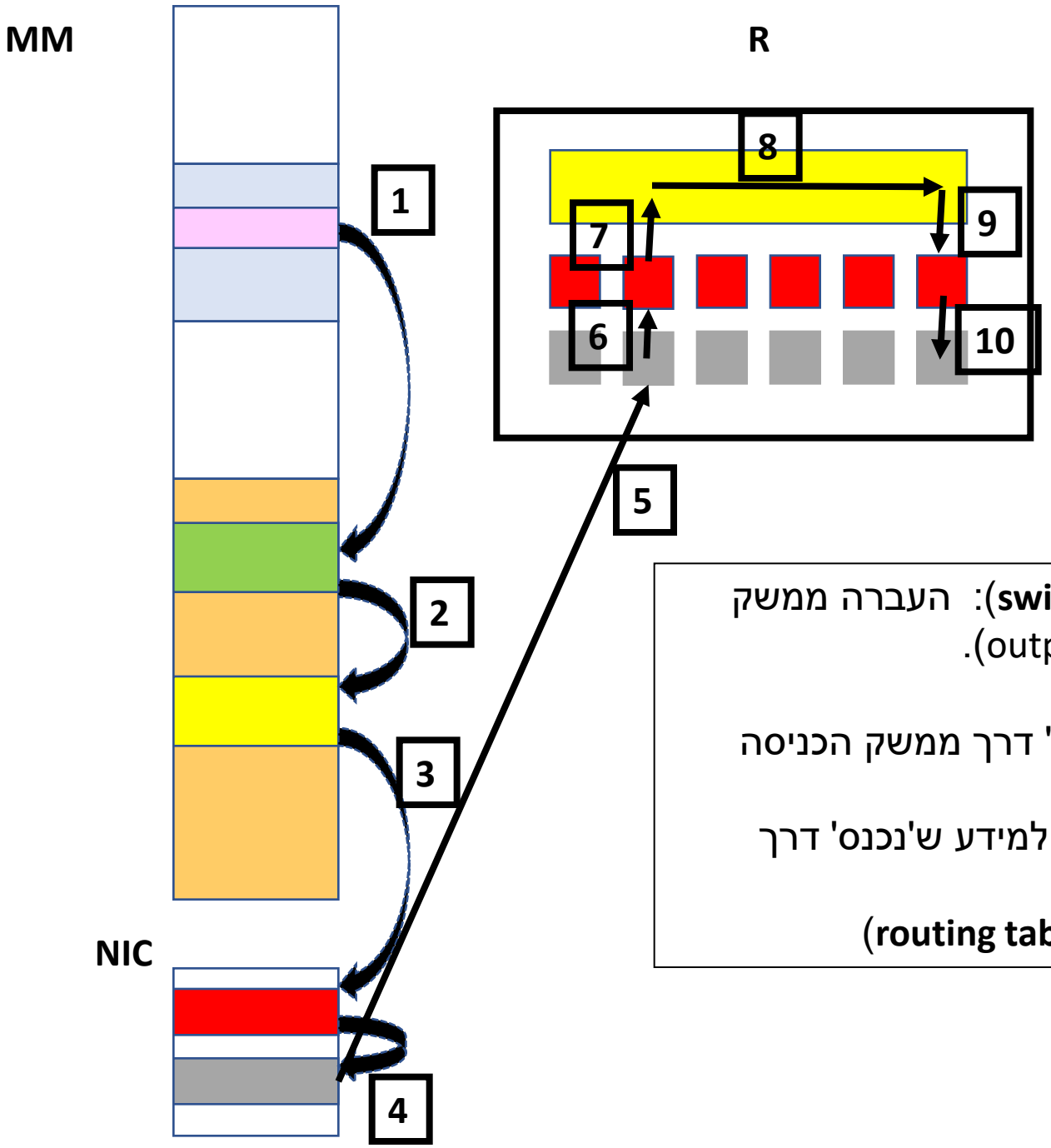
כותרת

- פרוטוקול שכבה 5 נעזר בפרוטוקול שכבה 4 לצורך משלוח ההודעות שהוא מייצר.
- לאחר שפרוטוקול שכבה 5 מסיים לייצר הודעה, הוא מעביר אותה להמשך טיפול לפרוטוקול שכבה 4.
- ז"א, פרוטוקול שכבה 5 מעביר ההודעות שהוא יוצר או ל- TCP או – UDP.
- הבחירה בין TCP לבין UDP אינה שרירותית, והיא נקבעת על פי מגוון שיקולים.
  - העיקרי שבהם הוא האם חייבים להעביר ההודעה בצורה אמינה.
  - שיקול נוסף: מהירות ההעברה הנדרשת.
  - שיקולים נוספים, כדוגמת ידע טכני, מוכנות להתאמץ וכו'.

steps carried out within a host that is connected to a switch



פרוטוקול שכבה 1 {השכבה 'האפורה'} של כרטיס הרשת מבצע פעולה שנקראת **DTA** (= **Digital To Analog**) ובה הוא 'מתרגם' את סדרת הביטים ל-carrier signal שיש בו שני ערכים: ערך 'נמוך' וערך 'גבוה'.



צעד 8 בתסריט המתואר בציור נקרא **מיתוג** (= **switching**): העברה ממשק כניסה (input interface) לממשק יציאה (output interface).

ההחלטה לאיזו ממשק יציאה למתג את המידע ש'נכנס' דרך ממשק הכניסה נעשית לפי:

- כתובת ה- IP של היעד (הנמען). כתובת זו מצורפת למידע ש'נכנס' דרך ממשק הכניסה.
- מידע ששמור במבנה נתונים שקרוי **טבלת ניתוב** (**routing table**)

סיכום ביניים

סיכום ביניים

- שליחת מידע מתכנית לקוח שרצה ביחידת קצה C לתכנית שרת, נעשית ע"י שת"פ בין 5 'גורמים' [= 5 פרוטוקולים] ב- C:

1. אפליקציה רשתית ש'בתוכה' [= חלק מהקוד שלה] ממומש פרוטוקול שכבה 5
   - לפחות אחד
2. שכבה 4 שממומשת 'בתוך' מ"ה [חלק מהקוד של מ"ה]
   - פרוטוקול TCP או UDP
3. שכבה 3 שממומשת אף היא 'בתוך' מ"ה [חלק מהקוד של מ"ה]
   - פרוטוקול IP

סיכום ביניים

4. שכבה 2, אשר בניגוד לכל שלשת הנ"ל ממומשת בחומרה ולא בתוכנה
- ממומשת 'בתוך' כרטיס רשת [= Network Interface Card = NIC]
- מימוש בחומרה פירוש: מימוש כאוסף של מעגלים אלקטרוניים
- ה- NIC מממש:
- 'וריאנט' {גרסה מסוימת} של פרוטוקול Ethernet
- הפרוטוקול הספציפי אותו מממש ה- NIC מכתיב את ערוץ התקשורת הפיזי אותו 'מותר' {ניתן} לחבר ל- NIC
- או: 'וריאנט' {גרסה מסוימת} של פרוטוקול WiFI

- הערה: חלק מהמעגלים ב- NIC:
- מממשים משדר [= transmitter]
- מממשים מקלט [= receiver]

סיכום ביניים

- שכבה 1, אשר גם היא, כמו שכבה 2 ממומשת בחומרה
- 'בתוך' אותו כרטיס הרשת בה ממומשת שכבה 2
- חלק מהמעגלים של שכבה זו מממשים משדר [= transmitter]
- חלק מהמעגלים של שכבה זו מממשים מקלט [= receiver]

- המשדר הוא זה שבפועל 'מוציא' את המידע שצריל לשלוח מ- C {אל S} כגל א"מ
- היינו כ- carrier signal
- הוא מממש את ה- DTA [= Digital To Analog] ויותר גל א"מ בעל צורה ריבועית שמקודד נכון את המידע [= הביטים] אותם יש לשלוח מ- C !

סיכום ביניים

- בדרך ל- S המידע יעבור דרך 'תחנות ביניים' [= ציודי תקשורת]
- שיטפלו בו לצורך המשך מסעו הנכון אל היעד S [= ולא אל יעד אחר !]

- יש תחנות ביניים [= ציודי תקשורת] שונות ומגוונות.
- שנבדלות זו מזו ב:
  - 'סוג הטיפול' שהן נותנות למידע
  - מהירות הטיפול
  - ועוד

- לדוגמא:
  - ציוד מסוג נתב [router] 'מסתכל רחוק' בבואו להחליט לאן כדאי להפנות מידע שמגיע אליו
  - ואילו ציוד אחר, מתג [switch] 'מסתכל רק על הסביבה הקרובה לו'