תקשורת נתונים - שיעור 2

נושא 1: מודלים של שכבות בתקשורת (OSI ו-TCP/IP)

הסבר מקוצר:

מודלי השכבות הגדירו את השלבים והתהליכים הסטנדרטיים שעובר המידע ברשת מרגע יצירתו במחשב השולח ועד להצגתו במחשב היעד. מודל TCP/IP הוא המודל המעשי והפופולרי כיום, המהווה גרסה מעודכנת ומאוחדת של מודל OSI המקורי.

הסבר מורחב:

מודל OSI ההיסטורי מורכב מ-7 שכבות נפרדות, שנוצרו בראשית ימי עולם התקשורת כדי לפרק את תהליך העברת המידע לקונספטים ברורים. עם התפתחות האינטרנט, הפך מודל TCP/IP למודל המוביל ברשתות המודרניות. מודל TCP/IP מבוסס על אותם שלבים ועקרונות, אך הוא מאחד כמה שכבות מתוך מודל OSI כדי ליצור מבנה יעיל יותר : הוא לקח את שלוש השכבות העליונות (Application, Presentation, Session) וחיבר אותן לשכבה אחת הנקראת שכבת האפליקציה (Application). באופן דומה, הוא איחד את שתי השכבות התחתונות (Physical-ו Data Link) לשכבה אחת המכונה Network Access. הבנת המודלים האלו מאפשרת לדעת מה קורה למידע בכל שלב, אילו תוספות מוצמדות אליו וכיצד רכיבים שונים ברשת מבינים זה את זה.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **סטנדרטיזציה בתקשורת**: קיומם של תקנים ופרוטוקולים אחידים המאפשרים לכל המכשירים והדפדפנים בעולם לתקשר באותה שפה. ללא סטנדרט קבוע, מכשירים של יצרנים שונים לא יוכלו לפענח את המידע.
- **ההבדל בין המודלים (שאלה קלאסית למבחן)**: מודל OSI מכיל 7 שכבות, בעוד מודל TCP/IP מאחד חלק מהשכבות הללו (העליונות והתחתונות) לכדי מודל מצומצם וישים יותר.

דוגמאות:

- **אנלוגיית שליחת מכתב בדואר**: התהליך דומה למנהל שרוצה לשלוח מכתב עסקי ליפן. המידע המקורי נכתב (Data) , העוזר מתרגם אותו ליפנית ומנסח אותו בפורמט סטנדרטי (Presentation) , המזכירות מכניסות אותו למעטפה ורושמות כתובת מקור ויעד (Session/Network) , מרכז הדואר ממיין את המכתבים לפי מדינות (Transport/Network) , והמכתב מועמס פיזית על משאית או מטוס ליעד (Physical).

שאלות הבנה:

1. מהו הצורך המרכזי בחלוקת תהליך התקשורת לשכבות שונות?
2. אילו שכבות ממודל OSI המקורי אוחדו בתוך שכבת ה-Application של מודל TCP/IP?
3. מה עלול לקרות אם חברה מסוימת תפתח פרוטוקול ייחודי משלה שאינו עומד בסטנדרטים הבינלאומיים?

נושא 2: שכבות האפליקציה, הפרזנטציה והסשן (Application, Presentation, Session Layers)

הסבר מקוצר:

שלוש השכבות העליונות במודל OSI (המאוחדות לשכבה אחת ב-TCP/IP) אחראיות על יצירת המידע, הגדרת הפרוטוקול שלו, קידודו והצפנתו, וניהול "שיחת התקשורת" מול היעד.

הסבר מורחב:

- **שכבת האפליקציה (Application - שכבה 7)**: מהווה את הממשק הישיר מול המשתמש או התוכנה (כמו דפדפן אינטרנט או תוכנת מייל). בשכבה זו פועלים פרוטוקולים מוכרים כגון HTTP/HTTPS לגלישה באתרי אינטרנט , SMTP להעברת דואר אלקטרוני , ו-FTP להעברת קבצים.
- **שכבת ההצגה (Presentation - שכבה 6)**: אחראית על האופן שבו המידע מיוצג ומקודד. מכיוון שמחשבים מבינים רק מספרים, השכבה מתרגמת תווים וטקסט לקודים מספריים סטנדרטיים (כמו קוד ASCII או UTF-8).
- **שכבת השיחה (Session - שכבה 5)**: מנהלת את ה"סשן" (מפגש התקשורת) בין שני הקצוות. היא מאפשרת לבצע זיהוי משתמש (אימות), לפתוח את השיחה, לשמור עליה רציפה לאורך זמן, ולסגור אותה בסיום. בשכבה זו מיושמים גם מנגנוני הצפנה ואבטחה (כמו פרוטוקול SSL/TLS) כדי להבטיח שרק מי שמחזיק במפתח הפענוח הנכון יוכל לקרוא את המידע, בעוד שאחרים יראו רק רצף תווים לא מובן (ג'יבריש).

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **פרוטוקול DNS (Domain Name Service)**: שירות קריטי ברמת האפליקציה המתקדם לתרגום כתובות שמית (כמו שם של אתר) לכתובות IP מספריות שהמחשב מסוגל להבין, מאחר ובני אדם זוכרים שמות אך הרשת פועלת לפי מספרים.
- **קוד ASCII**: תקן בינלאומי המעניק לכל תו, אות או סימן ערך מספרי קבוע מאחורי הקלעים (למשל האות 'A' מיוצגת על ידי המספר 65).

דוגמאות:

- **הצפנת קיסר (Caesar Cipher)**: שיטת הצפנה בסיסית (סימטרית) שבה מקדמים כל אות במספר צעדים קבוע. אם נרצה להצפין את המילה "Hello" ונחליט לקדם כל אות בצעד אחד קדימה באלפבית, היא תהפוך לרצף "IFMMP". ללא היכרות עם "המפתח" (החוק לפיו מזיזים את האותיות חזרה), המידע יישאר חסוי לחלוטין.
- **התחברות לאתר המכללה**: המשתמש מזין שם וסיסמה, המערכת מזהה אותו ומאותו רגע נוצר Session. בזכות ה-Session הזה, המערכת זוכרת את המשתמש בכל מעבר דף ואינה דורשת ממנו להזדהות מחדש בכל לחיצה.

שאלות הבנה:

1. מדוע שירות ה-DNS נחשב לפרוטוקול ברמת שכבת האפליקציה?
2. מהו ההבדל המהותי בין תפקיד שכבת ה-Presentation לתפקיד שכבת ה-Session?
3. כיצד הצפנה בשכבות העליונות מגינה על מידע שעובר בתוואי רשת ציבורי?

נושא 3: שכבת התעבורה (Transport Layer) - אמינות מול מהירות

הסבר מקוצר:

שכבת התעבורה (שכבה 4 במודל OSI) אחראית על העברת הנתונים בין שני קצוות התקשורת (Host to Host). בשכבה זו מתקבלת ההחלטה הקריטית לגבי אופן ניהול השיחה: מתן עדיפות לאמינות ושלמות המידע (TCP) או למהירות השידור (UDP).

הסבר מורחב:

שכבת התעבורה משמשת כמנהל הלוגיסטי של חבילות המידע. השיקול המרכזי בשכבה זו הוא האיזון בין מהירות לבין רמת אמינות:

- **פרוטוקול TCP (Transmission Control Protocol)**: פרוטוקול הממוקד באמינות מוחלטת. המחשב השולח מחלק את המידע לחלקים, שולח אותם וממתין לקבלת אישור הגעה (Acknowledgment) מהצד השני עבור כל פיסת מידע. אם חבילה מסוימת לא הגיעה או נפגמה, השולח ישלח אותה שוב. מנגנון זה מייצר "פינג-פונג" קבוע של אישורים המבטיח שהמידע יגיע במלואו ובשלמותו, אך הוא מאט את קצב התעבורה.
- **פרוטוקול UDP (User Datagram Protocol)**: פרוטוקול הממוקד במהירות ובזמן אמת. הוא פועל בשיטת "שגר ושכח" – המידע נשלח ברצף מהיר ללא צורך באישורי קבלה וללא בדיקה האם הצד השני אכן קלט את החבילות. הוא אינו מבטיח אמינות של 100%, אך הוא קריטי ליישומים שבהם עיכוב (Latency) הוא הרסני.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **מתי נשתמש ב-TCP**: ביישומים שבהם איבוד של אפילו ביט אחד של מידע יגרום לשיבוש מוחלט, כגון טעינת דפי אינטרנט (HTTP), העברת קבצים (FTP) או שליחת אימיילים.
- **מתי נשתמש ב-UDP**: ביישומי הזרמת מדיה (Streaming), שיחות וידאו בזמן אמת (כמו Zoom) או שידורי אודיו, שבהם עדיף לאבד פריים בודד מאשר לעצור את כל השידור לצורך שליחה חוזרת.

דוגמאות:

- **אנלוגיית מספר הטלפון (TCP)**: אדם המכתיב מספר טלפון קריטי לחברו ומבקש אישור על כל ספרה: "אפס? רשמת? חמש? רשמת?". התהליך איטי, אך אין סיכוי לטעות במספר.
- **תופעת ה"קוביות" במסך (UDP)**: בעת צפייה בסרט בנטפליקס או במהלך שיחת זום, לעיתים מופיעים עיוותים גרפיים ("קוביות") או קיפאון רגעי (Freeze). הדבר מעיד על חבילות מידע (פריימים) של וידאו שנאבדו בדרך, אך השידור ממשיך הלאה מיד מבלי לעצור כדי להביא אותן שוב.

שאלות הבנה:

1. מדוע פרוטוקול TCP אינו מתאים לשימוש ביישומי שיחות קוליות או וידאו בזמן אמת?
2. מה קורה בפרוטוקול TCP כאשר חבילת מידע מסוימת הולכת לאיבוד בדרך?
3. הסבירו את המושג "שגר ושכח" בהקשר של פרוטוקול UDP.

נושא 4: שכבת הרשת, ה-Data Link והשכבה הפיזית (Network, Data Link, Physical Layers)

הסבר מקוצר:

שלוש השכבות התחתונות במודל OSI אחראיות על הניתוב הגלובלי של המידע בעולם (Network) , התאמת המידע לסוג התשתית המקומית (Data Link) , והמרתו הסופית לאותות פיזיים של אפס ואחד הרצים על גבי חוטים או גלי רדיו (Physical).

הסבר מורחב:

- **שכבת הרשת (Network - שכבה 3)**: אחראית על ניתוב המידע מקצה לקצה ברמה העולמית. בשכבה זו פועל רכיב ה-Waze של הרשת (נתבים ופרוטוקולי ניתוב) המוצאים את הנתיב הקצר והמהיר ביותר בין צמתים, רשתות ומדינות שונות. השכבה מבוססת על כתובות מספריות גלובליות הנקראות **כתובות IP**.
- **שכבת ערוץ הנתונים (Data Link - שכבה 2)**: מקשרת בין התוכנה הלוגית לתוואי הפיזי המקומי. תפקידה לארוז את המידע בצורה שמתאימה לסוג המדיה הספציפית שעליה הוא עומד לנדוד (למשל רשת אלחוטית WiFi או סיב אופטי). בשכבה זו נעשה שימוש בכתובת החומרה הצרובה של כרטיס הרשת – **כתובת MAC**.
- **השכבה הפיזית (Physical - שכבה 1)**: מטפלת ברכיבי החומרה הממשיים – כבלים, כרטיסי רשת, מתחים חשמליים, תדרי רדיו או פעימות אור. בשלב זה, כל המידע והעטיפות שנוספו לו מתורגמים לרצף בינארי טהור של **0 ו-1** (יש מתח / אין מתח, יש אור / אין אור) הזורם בתוך קווי הרשת.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **כתובת IP**: כתובת לוגית, מספרית וחד-ערכית בעולם המוקצית למכשיר על ידי ספק האינטרנט. לפיה ניתן לדעת באיזו מדינה ובאיזו רשת המכשיר נמצא. לא יכולות להיות שתי כתובות IP זהות פעילות ברשת הגלובלית.
- **כתובת MAC**: כתובת פיזית קבועה וחד-ערכית הצרובה על גבי כרטיס הרשת על ידי היצרן.
- **פקודת Ping**: כלי תוכנה (פרוטוקול ICMP) המשמש לבדיקת תקינות הקשר הפיזי והלוגי מול יעד מסוים. המחשב שולח חבילת בדיקה וממתין לתגובה; אם מוחזר Request Timeout, המשמעות היא שיש נתק בתקשורת.

דוגמאות:

- **התנהגות המידע לפי תוואי (Physical/Data Link)**: מהירות הגלישה ואיכותה ישתנו לחלוטין אם אדם גולש דרך סיב אופטי מהיר, רשת סלולרית במדבר סהרה דרך לוויין, או בתוך ממ"ד בטון סגור שחוסם ומחליש את קליטת גלי הרדיו של ה-WiFi. כרטיס הרשת נדרש להתאים את קצב השידור והעוצמה בהתאם למגבלות התשתית הפיזית הזו.

שאלות הבנה:

1. מהו ההבדל המרכזי בין כתובת IP לכתובת MAC מבחינת תפקידן ברשת?
2. כיצד רכיבי השכבה הפיזית מייצגים את הערכים הבינאריים 0 ו-1 בסיב אופטי לעומת כבל נחושת?
3. מה ניתן ללמוד מתוצאת פקודת Ping שמחזירה ערכי זמן (במילישניות) לעומת תוצאת Request Timeout?

נושא 5: תהליך הכימוס (Encapsulation) ושמות חבילות המידע

הסבר מקוצר:

תהליך הכימוס (Encapsulation) מתאר את האופן שבו המידע המקורי של המשתמש "נארז" ומתעטף בכותרות (Headers) ייעודיות בכל שכבה שבה הוא יורד במודל, כאשר החבילה משנה את שמה הרשמי בכל שלב.

הסבר מורחב:

כאשר המשתמש מייצר פעולה (כמו פתיחת אתר), המידע הטהור נקרא **Data**. כשהמידע יורד לשכבת התעבורה, הפרוטוקול (TCP או UDP) מצמיד לו כותרת (Header) המכילה נתונים כמו פורטים, והחבילה כולה נקראת כעת **Segment**. משם החבילה יורדת לשכבת הרשת, שמצמידה כותרת נוספת המכילה את כתובות ה-IP של המקור והיעד; בשלב זה היא נקראת **Packet**. בשכבת ה-Data Link מתווספת עטיפת המדיה המכילה את כתובות ה-MAC, והחבילה מקבלת את השם **Frame**. ה-Frame הוא זה שמפורק בסוף לאפסים ואחדים בשכבה הפיזית ונשלח על הקו.
בצד המקבל קורה תהליך הפוך לחלוטין (De-encapsulation): המחשב קולט את האותות, מרכיב את ה-Frame, מקלף את כותרת ה-Data Link, בודק את ה-Packet בשכבת הרשת, מקלף את כותרת ה-IP, מעביר את ה-Segment לשכבת התעבורה, ולאחר קילוף הכותרת האחרונה נחשף ה-Data המקורי והנקי עבור האפליקציה של משתמש הקצה.

[redacted]

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **כימוס (Encapsulation)**: תהליך דינמי שבו כל שכבה במחשב השולח מתייחסת לכל החבילה שהגיעה מהשכבה שמעליה כאל מידע נקי, ומוסיפה לו את כותרת הבקרה הנדרשת לה (Header).
- **התאמת השמות לשכבות**: יש לזכור במדויק כי בשכבה 4 המידע נקרא Segment, בשכבה 3 הוא נקרא Packet, ובשכבה 2 הוא נקרא Frame.

דוגמאות:

- **אנלוגיית הקפסולה הרפואית**: החומר הפעיל והתרופה עצמה (ה-Data) מוכנסים לתוך עטיפת פלסטיק

מגינה (קפסולה) כדי שהגוף ידע איך לספוג אותה ובאיזה קצב. הקפסולה הזו מגינה על התרופה בדיוק כפי שהכותרות מגינות ומנווטות את המידע ברשת.

שאלות הבנה:

1. מדוע חבילת המידע צריכה לשנות את שמה (מ-Segment ל-Packet וכו') במהלך הירידה בשכבות?
2. מהו המידע המרכזי שמתווסף לחבילה כדי להפוך אותה מ-Segment ל-Packet?
3. תארו מה קורה לחבילת מידע שהגיעה למחשב היעד, מרמת הביטים הפיזיים ועד להצגתה בדפדפן.

טבלה מסכמת של הנושאים

נושא	הגדרות והרחבות מסכמות
מודלים של שכבות (OSI vs. TCP/IP)	מודלים המפרקים את תהליך התקשורת לשלבים מוגדרים. מודל OSI כולל 7 שכבות, ומודל TCP/IP המעשי כולל 4 שכבות ומאחד את שכבות הקצה (אפליקציה וגישה לרשת).
השכבות העליונות (5-7)	שכבות האפליקציה, הפרזנטציה והסשן. אחראיות על ממשק המשתמש (HTTP/SMTP) , קידוד המידע למספרים (ASCII) , הצפנה (SSL) וניהול זיהוי המשתמש והשיחה.
שכבת התעבורה (Layer 4)	מנהלת את העברת המידע בין מחשבים (Host to Host). מאזנת בין אמינות ושלמות (פרוטוקול TCP הדורש אישור קבלה על כל חבילה) לבין מהירות וזמן אמת (פרוטוקול UDP הפועל בשיטת שגר ושכח).
שכבות הרשת והתשתית (1-3)	שכבת הרשת מנתבת גלובלית באמצעות כתובות IP חד-ערכיות. שכבת ה-Data Link מתאימה את החבילה לסוג המדיה באמצעות כתובות MAC. השכבה הפיזית משדרת הכל בפועל כאותות בינאריים של 0 ו-1.
תהליך הכימוס (Encapsulation)	תהליך שבו המידע (Data) נעטף בכותרת (Header) בכל שכבה בה הוא יורד. שלבי השמות: Data (שכבות עליונות) $\leftarrow$ Segment\$ (שכבה 4) $\leftarrow$ Packet\$ (שכבה 3) $\leftarrow$ Frame\$ (שכבה 2).

נספח: תשובות לשאלות ההבנה

תשובות לנושא 1 (מודלים של שכבות):

1. החלוקה לשכבות מפרקת מערכת מורכבת מאוד לחלקים קטנים וממוקדים. היא מאפשרת למפתחים ומהנדסים לעבוד על שכבה מסוימת (למשל שיפור כבל פיזי או כתיבת אפליקציה חדשה) מבלי להצטרך לשנות את כל שאר רכיבי הרשת.
2. השכבות שחוברו הן: שכבת האפליקציה (Application - 7), שכבת ההצגה (Presentation - 6) ושכבת השיחה (Session - 5).
3. אם חברה תסטה מהתקן, המוצר שלה יהיה מבודד. מכשירים, נתבים ודפדפנים סטנדרטיים בעולם לא ידעו כיצד לקרוא או לפרק את כותרות המידע שלו, והתקשורת תיכשל.

תשובות לנושא 2 (אפליקציה, פרזנטציה וסשן):

1. פרוטוקול DNS מופעל ישירות על ידי יישומים ותוכנות קצה (כמו דפדפן) כאשר המשתמש מזין כתובת שמית. הוא מהווה שירות תוכנתי שמספק את המידע ההתחלתי הנדרש לאפליקציה כדי להתחיל את תהליך השליחה, ולכן הוא שייך לשכבה העליונה.
2. שכבת ה-Presentation עוסקת ב**תוכן ובמבנה** של המידע הבודד (תרגום שפה, פורמט, קוד ASCII והצפנת תווים). שכבת ה-Session עוסקת ב**ניהול הזמן והקשר הדינמי** שבין המחשבים (פתיחת שיחה, אימות סיסמה ושמירה על רצף החיבור).
3. ההצפנה משנה את המידע המקור לערכים מעורבלים בהסתמך על אלגוריתם מתמטי (מפתח). גם אם גורם עוין יקשיב לקו הפיזי בשכבה 1 ויאסוף את החבילות, הוא יראה רצף תווים חסר משמעות (ג'יבריש) ולא יוכל להבין את תוכן התקשורת.

תשובות לנושא 3 (שכבת התעבורה):

1. שיחות קוליות ווידאו חייבות לזרום ברצף מהיר ובזמן אמת כדי שבני אדם יבינו זה את זה. אם נשתמש ב-TCP, כל פריים קטן שהיה הולך לאיבוד היה עוצר את כל השידור וממתין לשליחה חוזרת, מה שהיה יוצר השהיות כבדות (Lag) והופך את השיחה לבלתי אפשרית.
2. כאשר חבילה הולכת לאיבוד, המחשב המקבל אינו שולח עליה אישור (ACK). המחשב השולח, שמנהל מנגנון מעקב, מבחין שעבר הזמן המוקצב והאישור לא הגיע, ומבצע אוטומטית שליחה חוזרת (Retransmission) של אותה חבילה ספציפית.
3. "שגר ושכח" (UDP) משמעו שהשולח דוחף את חבילות המידע לקו בקצב מהיר מבלי לבזבז משאבים או זמן על ניהול מעקב, ומבלי לעניין אותו אם המקבל פנוי, מקשיב או האם החבילה נפגמה בדרך.

תשובות לנושא 4 (רשת, דאטא לינק ופיזית):

1. כתובת IP היא כתובת לוגית משתנה, המגדירה את המיקום הרשתי של המכשיר בעולם (בדומה לכתובת מגורים או מיקוד). כתובת MAC היא כתובת פיזית קבועה הצרובה בחומרה ואינה משתנה לעולם, המזהה את כרטיס הרשת עצמו (בדומה למספר תעודת זהות של המכשיר).
2. בכבל נחושת, הביטים מיוצגים באמצעות שינויי מתח חשמלי (למשל, שינוי מסוים בוולטאז' מייצג 1 והעדר מתח מייצג 0). בסיב אופטי, המידע מיוצג באמצעות הבזקי אור מהירים (אור דולק מייצג 1 ואור כבוי מייצג 0).
3. ערכי זמן במילישניות מעידים שיש קשר פיזי ולוגי תקין, והמספר מייצג את המהירות שבה החבילה הגיעה

וחזרה (Latency). תוצאת Request Timeout מעידה שהחבילה נשלחה אך אף תשובה לא חזרה בתוך הזמן המוקצב, מה שמעיד על נתק פיזי, חסימה (כמו חומת אש) או שרת כבוי.

תשובות לנושא 5 (תהליך הכימוס):

1. השם משתנה מכיוון שכל שכבה מבצעת מניפולציה אחרת ומוסיפה "קופסת הגנה" (Header) עם נתונים מסוג שונה לחלוטין. שינוי השם מסייע למהנדסי רשתות להבין בדיוק באיזו רמת טיפול ועל גבי איזו שכבה מדובר ברגע נתון.
2. כדי להפוך Segment ל-Packet, שכבת הרשת מוסיפה לו את ה-Network Header, שהמידע הקריטי ביותר בתוכו הוא כתובת ה-IP של השולח (Source IP) וכתובת ה-IP של היעד הסופי (Destination IP).
3. האותות החשמליים/אופטיים נקלטים בשכבה 1 , מורכבים ל-Frame בשכבה 2 שם נבדקת כתובת ה-MAC , מופשטים ל-Packet בשכבה 3 שם נבדקת כתובת ה-IP , עוברים כ-Segment לשכבה 4 שם מנותח הפרוטוקול (למשל TCP) , ואז המידע המקולף (Data) עובר תרגום קוד ASCII בשכבה 6 ונפתח כדף אינטרנט מעובד בשכבת האפליקציה בדפדפן (שכבה 7).