תקשורת נתונים - שיעור 5

נושא 1: כיווני זרימת מידע ושיטות שידור

הסבר מקוצר:

סקירה של כיווני זרימת המידע בערוצי תקשורת (Simplex, Half Duplex ו-Full Duplex) ואופן העברת הנתונים בתוואי הפיזי באמצעות שידור טורי.

הסבר מורחב:

בעולם הרשתות קיימות שלוש שיטות מרכזיות לקביעת כיווניות זרימת המידע על גבי התשתית הפיזית:

- **Simplex (חד-כיווני):** ערוץ תקשורת שבו צד אחד מסוגל לשדר בלבד והצד השני מסוגל לקלוט בלבד. אין שום אפשרות להחזרת מידע באותו תוואי.
- **Half Duplex (דו-כיווני לסירוגין):** ערוץ המאפשר הן שידור והן קליטה, אך לא במקביל. מכיוון שישנו רק נתיב פיזי אחד, בזמן שצד אחד משדר, הצד השני חייב להקשיב. אם שני הצדדים ינסו לשדר בו-זמנית, תתרחש התנגשות (Collision), המידע ישתבש לחלוטין ואף צד לא יוכל לקלוט דבר.
- **Full Duplex (דו-כיווני סימולטני):** תקשורת המבוססת על שני ערוצים פיזיים נפרדים – ערוץ ייעודי לשידור וערוץ ייעודי לקליטה. מבנה זה מאפשר לשני הצדדים לשדר ולקלוט נתונים בו-זמנית מבלי להפריע זה לזה או לגרום להתנגשויות.

בנוסף לכיווניות, השיעור עוסק באופני שידור פיזיים: שידור מקבילי (העברת מספר ביטים בו-זמנית על פני מספר קווים) לעומת שידור טורי (Serial). ברשתות המודרניות מיושם שידור טורי, שבו המידע הבינארי נשלח כרצף של סיביות (ביט אחר ביט) על גבי ערוץ תקשורת יחיד.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **Simplex:** ערוץ שבו צד אחד יודע לשדר, צד אחד יודע לקלוט ותו לא.
- **Half Duplex:** תקשורת דו-כיוונית שבה יש רק שביל או נתיב אחד, ולכן ברגע שצד אחד משדר, הצד השני חייב להקשיב.
- **Full Duplex:** שידור וקליטה בו-זמנית בשני ערוצים שונים בלי להפריע.
- **תקשורת טורית (Serial):** ערוץ תקשורת יחיד שדרכו מעבירים מידע בינארי בזה אחר זה, סיבית אחר סיבית.

דוגמאות:

- רשתות ה-Ethernet המודרניות במשרדים ובבתים, רשתות WiFi ונקודות גישה (Access Points) פועלות כולן בשיטת Full Duplex.
- בתוך כבל רשת סטנדרטי שנפתח בכיתה קיימים שמונה גידים (זוגות שזורים), כאשר זוג אחד מטפל ספציפית בשידור וזוג אחר מטפל בקליטה, מה שמאפשר את העבודה הסימולטנית.

שאלות הבנה:

1. מהי התוצאה המיידית של שידור בו-זמני מצד שני רכיבים ברשת הפועלת במצב Half Duplex?
2. מדוע פתיחת כבל רשת חושפת את היכולת של רכיבי קצה לבצע תקשורת מסוג Full Duplex?

3. מהו היתרון המרכזי של שידור טורי על פני שידור מקבילי בתשתיות תקשורת מודרניות?

נושא 2: קצב העברת נתונים וסנכרון שעונים

הסבר מקוצר:

הבנת המושג Mbps כקצב העברת סיביות בשנייה וחשיבותו המכרעת של סנכרון שעונים בין המשדר למקלט לצורך פענוח תקין של האות הפיזי.

הסבר מורחב:

כאשר מחשב מעביר מידע בשידור טורי, הוא מתרגם את הביטים (האפסים והאחדים) לאותות פיזיים כגון מתח חשמלי או פעימות אור לאורך זמן. לדוגמה, שליחת הביט "1" מיוצגת על ידי קיום מתח חשמלי למשך יחידת זמן מוגדרת, ושליחת "0" מיוצגת על ידי הפסקת המתח.
כדי שהצד הקולט ידע לתרגם את משך המתח חזרה למספר הנכון של סיביות (למשל, להבחין בין ביט "1" בודד לבין רצף של שלושה "1"-ים), שני הצדדים חייבים לפעול באותו הקצב בדיוק ולהסכים על גודלה הריאלי של יחידת הזמן. לשם כך נדרש סנכרון שעונים קפדני. ברשתות המודרניות, קצבי העברת הנתונים הם עצומים ונמדדים במיליוני סיביות בכל שנייה בודדת (Mbps). בקצבים פסיכיים כאלה, כל סטייה מזערית בשעון הדגימה תגרום לפענוח שגוי לחלוטין של המידע.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **סנכרון שעונים (Clock Synchronization):** דרישה מחייבת לפיה שני צדדי התקשורת מריצים שעון באותו קצב, כדי לדגום את קווי המתח בדיוק באותן יחידות זמן מוסכמות.
- **Mbps (Megabits Per Second):** קצב העברת נתונים המציין מגה-ביט (מיליוני סיביות/ביטים של אפס או אחד) המועברים על גבי התשתית בכל שנייה אחת.
- **כשל בסנכרון:** אם הצד השני יספור ביחידת זמן שונה מזו של המשדר, הוא ידגום את האותות בצורה אחרת, הפענוח ישתבש והמידע ייהרס.

דוגמאות:

- בשידור הרצף הבינארי 1,0,1,1,1,0,1,1, המשדר מחזיק מתח גבוה למשך 3 יחידות זמן רציפות כדי לייצג את שלושת האחדים. אם המקלט אינו מסונכרן ויספור כל 3 שניות במקום כל שנייה, הוא יזהה ביט אחד בלבד במקום שלושה.
- בדיקת מהירות באינטרנט ביתי המציגה קצב הורדה (Download) של 216 Mbps וקצב העלאה (Upload) של 214 Mbps משמעותה שעל גבי הסיב האופטי או ה-WiFi עוברים כ-216 מיליון אפסים ואחדים בכל שנייה בודדת.

שאלות הבנה:

1. כיצד מיוצג רצף של מספר ביטים זהים (לדוגמה 1,1,1) על גבי כבל התקשורת ברמת האות הפיזי?
2. הסבר מה יקרה לתהליך פענוח המידע אצל המקלט אם קצב השעון שלו איטי פי שניים מקצב השעון של המשדר.

3. מה ההבדל בין המושג מגה-ביט (Mb) למושג מגה-בייט (MB) בהקשר של מהירות הגלישה המוצגת למשתמש?

נושא 3: שיבושים ברשת ומנגנון בקרת זוגיות (Parity Check)

הסבר מקוצר:

זיהוי גורמי הפרעה פיזיים ברשת והכרת שיטת ה-Parity (בדיקת זוגיות) החד-ממדית והדו-ממדית כמנגנון בסיסי ופרימיטיבי לגילוי שגיאות.

הסבר מורחב:

במהלך מעבר אותות חשמליים או אלמנטים אלחוטיים בתשתית, המידע חשוף לשיבושים רבים: רעשים אלקטרומגנטיים ממכשירים חשמליים, הפרעות סביבתיות וניחות (הנחתה והחלשות האות לאורך מרחק). שיבושים אלו עלולים לגרום ל"היפוך סיביות" (Bit Flip), שבו ביט 1 הופך ל-0 או להיפך. מאחר שמחשב פועל רק על אפסים ואחדים, הוא אינו מסוגל לדעת באופן אינטואיטיבי אם הביט שקיבל שונה בדרך, ולכן יש צורך במנגנוני גילוי שגיאות.

שיטת הגילוי הבסיסית ביותר היא **Parity Check (בדיקת זוגיות):** לכל בלוק נתונים (לדוגמה, 8 סיביות) מוסיפים סיבית בקרה תשיעית הנקראת סיבית זוגיות.

- בשיטת **השלמה לזוגי (Even Parity):** סיבית הבקרה נקבעת כך שסך כל הביטים מסוג "1" בתוך 9 הסיביות יהיה מספר זוגי.
- בשיטת **השלמה לאי-זוגי (Odd Parity):** סיבית הבקרה תדאג שסך כל ה-1-ים יהיה מספר אי-זוגי.

המקלט סופר את האחדים; אם נקבעה עבודה בשיטה זוגית ונתקבל מספר אי-זוגי של אחדים, המקלט יודע בוודאות שהמידע שובש.

מגבלת השיטה ותקורת הרשת: שיטה זו פרימיטיבית ומוגבלת – היא מסוגלת לגלות אך ורק מספר **אי-זוגי של שגיאות** (למשל, טעות בביט בודד). אם חל מספר זוגי של טעויות (שני ביטים התהפכו בו-זמנית), הזוגיות הכללית תישמר, המקלט יטעה לחשוב שהמידע תקין והשגיאה לא תתגלה. כדי לשפר זאת, ניתן לבנות מטריצת Parity (דו-ממדית) המחשבת זוגיות הן לכל שורה והן לכל עמודה. בעוד שמטריצה זו מגלה קומבינציות מורכבות יותר של שגיאות, היא מייצרת **תקורה (Overhead)** כבדה מאוד – בזבוז אנרגיה ורוחב פס על העברת סיביות בקרה (לדוגמה, הוספת 8 סיביות בקרה על כל 16 סיביות מידע מהווה 50% תקורה).

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **ניחות (Attenuation):** החלשות עוצמת האות וירידת יעילותו ככל שהמרחק הפיזי שעליו הוא מועבר בחוטים או באוויר גדל.
- **גילוי שגיאות (Error Detection):** היכולת לזהות שקיימת שגיאה או עיוות במידע שהתקבל, ללא יכולת לתקן את הסיביות המשובשות עצמן.
- **מגבלת ה-Parity:** השיטה מזהה ומקפיצה התרעה רק על מספר אי-זוגי של שגיאות בבלוק; היא עיוורת לחלוטין למספר זוגי של שגיאות.

- **תקורה (Overhead):** כמות סיביות הבקרה הנוספות שנאלצים לשלוח ברשת לצורך הבדיקה, המהוות בזבוז של רוחב הפס המיועד למידע האמיתי.

דוגמאות:

- מקורות לרעש אלקטרומגנטי ברשת ביתית כוללים פעולה של מזגנים, קירות בטון של ממ"ד ומנורות פלורסנט ישנות המייצרות זמזום חשמלי.
- הנחתת אותות מומחשת באמצעות אוזניות Bluetooth או רשת WiFi – מעבר לטווח מסוים מהטלפון או מהנתב, עוצמת האות יורדת עד שהמידע משתבש או שהחיבור מתנתק כליל.
- המספר 11000101 מכיל 4 אחדים (מספר זוגי). תחת פרוטוקול Even Parity, סיבית הבקרה שתתווסף תהיה 0 כדי לשמור על זוגיות (סך הכל 4 אחדים). אם המידע ישתבש בדרך ויתקבל עם 5 אחדים, המקלט יזהה מייד שגיאה.

שאלות הבנה:

1. מדוע היפוך של שתי סיביות (למשל, 0 הפך ל-1 ו-1 הפך ל-0) באותו בלוק נתונים אינו מתגלה על ידי מנגנון Parity חד-ממדי?
2. מהו ההבדל העקרוני בין פרוטוקול השלמה לזוגי לפרוטוקול השלמה לאי-זוגי, ומהו התנאי ההכרחי לעבודה מול המקלט?
3. הסבר את המושג "תקורה" בהקשר של מטריצת בדיקת זוגיות, ומדוע העברת 150 מגה-בייט במקום 100 מגה-בייט נחשבת לבעיה.

נושא 4: מנגנון CRC (Cyclic Redundancy Check) ומבנה ה-Frame

הסבר מקוצר:

לימוד אלגוריתם ה-CRC המתקדם המשמש כיום לגילוי שגיאות ברשתות, ואופן שילובו כחלק בלתי נפרד ממבנה ה-Frame בשכבת ערוץ הנתונים (Data Link).

הסבר מורחב:

בשל חסרונותיהן של שיטות ה-Parity, רשתות התקשורת המודרניות משתמשות במנגנון חכם ויעיל בהרבה הנקרא **CRC (Cyclic Redundancy Check)**. מנגנון זה מבוסס על אלגוריתם מתמטי המבצע פעולות לוגיות (כגון XOR, AND, OR) על בלוק הנתונים הכולל (ה-Data). כתוצאה מהחישוב המתמטי, מופק ערך ייחודי קומפקטי באורך קבוע של 12 או 16 סיביות בלבד (CRC-12 או CRC-16).
הייחודיות של ה-CRC היא ביעילותו הפנומנלית לעומת התקורה המזערית שלו. הוא מבטיח זיהוי של 100% מכל מספר אי-זוגי של שגיאות, וכל רצף שגיאות רצופות באורך של עד 16 סיביות. עבור רצפים ארוכים ומחורבשים אף יותר, הוא מספק רמת דיוק וגילוי של 99.997%.
מבנה ה-Frame בשכבת ה-Data Link: במערך מודל השכבות, המידע הגולמי היורד מהשכבות העליונות (Layer 7 עד Layer 3) נעטף בשכבה 2 (Data Link) בתוספות ייעודיות, והחבילה כולה נקראת **Frame** (מסגרת). ה-Frame הוא זה שנשלח פיזית על קו התקשורת על ידי כרטיס הרשת של ה-Host (המחשב, הטלפון וכדומה).

רכיבי ה-Frame מסודרים בסדר הבא:

1. **MAC Destination (כתובת MAC יעד):** הכתובת הפיזית החד-ערכית של כרטיס הרשת אליו מיועדת החבילה, המשמשת נתבים ומתגים (Switches) לצורך ניתוב הפורטים.
2. **MAC Source (כתובת MAC מקור):** הכתובת הפיזית של כרטיס הרשת השולח.
3. **Data (המידע):** חבילת המידע המקורית שנתקבלה מהשכבות שמעל.
4. **CRC:** סיביות הבקרה שחושבו על ידי השולח וממוקמות בסוף ה-Frame.

המקלט שמקבל את ה-Frame בודק התאמת MAC. אם החבילה מיועדת אליו, הוא מריץ את אותו אלגוריתם CRC על ה-Data שקיבל ומבצע השוואה (Compare) בין התוצאה שיצאה לו לבין ערך ה-CRC שהגיע בתוך ה-Frame. אם הערכים זהים, המידע הגיע בשלמותו.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **CRC:** אלגוריתם מתמטי לוגי מתוחכם המפיק קוד ייחודי קצר (12 או 16 ביט) המייצג את גוש הנתונים ומאפשר גילוי שגיאות ברמת אמינות גבוהה במיוחד.
- **Frame (מסגרת):** יחידת המידע של שכבת ה-Data Link (שכבה 2) הכוללת את כתובות ה-MAC של השולח והמקבל, המידע עצמו (Data) וקוד ה-CRC לבדיקה.
- **כרטיס הרשת (Network Interface Card):** הרכיב החומרתי ב-Host האחראי על ביצוע חישובי ה-CRC, עטיפת ה-Frame והוצאת אותות האפס והאחד הפיזיים אל המדיה.

דוגמאות:

- כאשר המחשב מעביר קובץ, כרטיס הרשת לוקח את ה-Data, מריץ עליו מניפולציה מתמטית ומפיק רצף בן 12 או 16 סיביות בינאריות. רצף זה נכתב בסוף החבילה.
- מתג (Switch) ברשת מקבל את ה-Frame, פותח את חלק ה-Data Link שלו, קורא את כתובת ה-MAC יעד, ומזהה באמצעות הטבלה הפנימית שלו לאיזה פורט פיזי מדויק יש להעביר את החבילה.

שאלות הבנה:

1. מדוע כרטיס הרשת של המקלט צריך לחשב בעצמו את קוד ה-CRC מחדש ולא פשוט להסתמך על הקוד שהגיע בתוך ה-Frame?
2. אילו שדות מרכיבים את ה-Frame בשכבת ערוץ הנתונים, ומהו תפקידו של השדה הממוקם בסוף המסגרת?
3. מהו היתרון הברור של מנגנון CRC-16 על פני מנגנון Parity דו-ממדי (מטריצה) מבחינת יחס התקורה מול אחוזי גילוי השגיאות?

נושא 5: מבוא לבסיסי ספירה (בינארי והקסדצימלי)

הסבר מקוצר:

מבוא להבנת שיטות ספירה מבוססות חזקות (המרות לבסיס 10), והצורך של עולם הרשתות בבסיס בינארי (בסיס 2) ובבסיס הקסדצימלי (בסיס 16).

הסבר מורחב:

בני אדם רגילים לחשוב ולחשב בבסיס עשרוני (בסיס 10), המורכב מעשר ספרות (0-9) ומבוסס על מיקומי חזקות (אחדות, עשרות, מאות וכו'). עם זאת, רכיבי מחשוב וחומרה מסוגלים להבין אך ורק **בסיס בינארי (בסיס 2)** המכיל את התווים 0 ו-1 בלבד, מכיוון שהם מייצגים בצורה ישירה מצבים פיזיים של קיום או היעדר מתח חשמלי.
הבעיה עם הבסיס הבינארי היא שכתיבת מספרים גדולים דורשת כמות עצומה של ספרות, מה שמקשה מאוד על בני אדם לקרוא, לנתח ולנהל את המידע. כדי לפתור זאת, אנשי תקשורת נתונים משתמשים ב**בסיס הקסדצימלי (בסיס 16)**. בסיס זה כולל 16 תווים שונים לייצוג ספרה בודדת: הספרות המוכרות 0 עד 9, ולאחריהן האותיות A עד F המשמשות כערכים שווי ערך למספרים העשרוניים 10 עד 15.
לבסיס הקסדצימלי יש קשר מתמטי ישיר ונוח מאוד עם הבסיס הבינארי (כל ספרה הקסדצימלית מייצגת בדיוק בלוק של 4 סיביות בינאריות), ולכן הוא מאפשר לקצר משמעותית את אורך הייצוג של כתובות רשת מורכבות, כדוגמת כתובות MAC.

משפטי מפתח והגדרות למבחן:

- **בסיס בינארי:** שיטת ספירה המבוססת על שני ערכים בלבד (0 ו-1), המהווה את שפת העבודה הבלעדית של מחשבים ורכיבי תקשורת.
- **בסיס הקסדצימלי (Hexadecimal):** בסיס ספירה בעל 16 תווים (0-9 ו-A-F) המשמש לקיצור של רצפים בינאריים ארוכים ומהווה בסיס לרישום כתובות MAC.
- **ערכי האותיות בהקסה:** האותיות מ-A ועד F מייצגות ערכים עשרוניים רציפים: A=10, B=11, C=12, D=13, E=14, F=15.

דוגמאות:

- המספר העשרוני 180 דורש כתיבה של 8 ספרות רצופות בבסיס בינארי, דבר שמייצר בזבוז רב בעין האנושית ואינו נוח לקריאה מהירה. ייצוגו בהקסדצימלי מקצר אותו לשתי ספרות בלבד.
- כתובות MAC (הכתובות הפיזיות של כרטיסי רשת) רשומות ומיוצגות תמיד בבסיס הקסדצימלי כדי לשמור על מבנה קריא וקומפקטי.

שאלות הבנה:

1. מדוע מערכות מחשב ורשתות משתמשות בבסיס בינארי ברמתן הפנימית, ואילו אנשי הרשתות מעדיפים להציג נתונים אלו בבסיס הקסדצימלי?
2. למה שווה האות D בבסיס הקסדצימלי כאשר מתרגמים אותה לערך עשרוני מוכר?
3. באיזה רכיב תקשורת/סוג כתובת פיזית שנלמד בשיעור בא לידי ביטוי מובהק השימוש בבסיס הקסדצימלי?

טבלה מסכמת של הנושאים

נושא	הגדרות והרחבות מסכמות
1. כיווני זרימת מידע ושיטות שידור	הגדרת תקשורת מסוג Simplex (חד-כיוונית), Half Duplex (דו-כיוונית לסירוגין, סכנת התנגשות בשידור בו-זמני) ו-Full Duplex (דו-כיוונית סימולטנית דרך ערוצי שידור וקליטה נפרדים). הבנת המעבר ההיסטורי לשידור טורי (ביט אחר ביט) ברשתות המודרניות.
2. קצב העברת נתונים וסנכרון שעונים	הגדרת החובה לסנכרון שעונים קפדני בין המשדר למקלט. ללא סנכרון והסכמה על משך יחידת הזמן הפיזית של האות, הפענוח ישתבש והמידע ייהרס. המושג Mbps מייצג העברה של מיליוני סיביות בשנייה בודדת.
3. שיבושים ברשת ומנגנון בקרת זוגיות (Parity)	ניתוח שיבושי רשת כתוצאה מרעשים פיזיים, הפרעות ואיבוד עוצמה (ניחות). שיטת ה-Parity מוסיפה ביט בקרה בודד להשלמה לזוגי/אי-זוגי. מגבלתה הבסיסית: מזהה רק מספר אי-זוגי של שגיאות ומייצרת תקורה (Overhead) ובזבוז רוחב פס במודל הדו-ממדי.
4. מנגנון CRC ומבנה ה-Frame	אלגוריתם מתמטי-לוגי מתוחכם (CRC-12/16) המעניק מעל 99.997% אמינות בגילוי שגיאות. שכבת ה-Data Link מייצרת Frame המורכב מכתובת MAC יעד, MAC מקור, Data, ובסופו רכיב ה-CRC המחושב להשוואה אצל המקלט.
5. מבוא לבסיסי ספירה	לימוד עקרון החזקות במעבר בסיסים לבסיס 10. הבנת השילוב בין הבסיס הבינארי (בסיס 2: 0 ו-1) שבו עובד המחשב, לבסיס הקסדצימלי (בסיס 16: 0-9 ו-A-F) המאפשר ייצוג קומפקטי וקריא של כתובות MAC.

נספח: תשובות לשאלות ההבנה

תשובות לנושא 1: כיווני זרימת מידע ושיטות שידור

1. **התוצאה של שידור בו-זמני ב-Half Duplex:** תתרחש התנגשות (Collision) של האותות החשמליים על גבי הנתיב המשותף. האותות יעוותו זה את זה, המידע ישתבש לחלוטין ושני הרכיבים ייאלצו לעבור למצב הקשבה מבלי שהצליחו להעביר דבר.
2. **פתיחת כבל רשת ו-Full Duplex:** פתיחת הכבל חושפת שמונה גידים המאורגנים בזוגות. העובדה שקיימים זוגות נפרדים לחלוטין המוקצים פיזית לטובת שידור (Tx) וזוגות אחרים לטובת קליטה (Rx) מוכיחה שהרכיבים מסוגלים לבצע את שתי הפעולות במקביל ללא הפרעה הדדית.
3. **יתרון שידור טורי על פני מקבילי:** שידור טורי דורש תשתית פיזית פשוטה וזולה בהרבה (קו תקשורת יחיד במקום כמות קווים כמספר הביטים). בנוסף, ברמות התדר והמהירות הגבוהות של היום, קל בהרבה לסנכרן ולמנוע הפרעות הדדיות על גבי חוט בודד מאשר על פני מערך של קווים מקבילים.

תשובות לנושא 2: קצב העברת נתונים וסנכרון שעונים

1. **ייצוג רצף ביטים זהים:** האות הפיזי (למשל, המתח החשמלי או פעימת האור) נשאר קבוע ברמה הגבוהה שלו לאורך זמן ממושך ורציף, השווה בדיוק למכפלת מספר הביטים ביחידת הזמן המוסכמת. אין החלפה או קטיעה של המתח בין ביט לביט מאותו הסוג.
2. **שעון מקלט איטי פי שניים:** אם שעון המקלט איטי פי שניים, הוא ידגום את קו התקשורת בתדירות נמוכה מחצי מתדירות השידור. כתוצאה מכך, המקלט יפספס מחצית מהביטים שנשלחו (למשל, יקרא רצף של שני "1"-ים כביט "1" בודד), וכל המידע יפוענח בצורה שגויה לחלוטין.
3. **ההבדל בין Mb ל-MB:** האות b הקטנה מייצגת ביטים (Bits) – יחידות המידע הבסיסיות ביותר (0 או 1) שבהן מודדים מהירות תעבורה ברשת (Mbps). האות B הגדולה מייצגת בייטים (Bytes), כאשר כל בייט מורכב מ-8 ביטים. בייטים משמשים בעיקר למדידת נפחי אחסון וקבצים במחשב. מהירות התקשורת תמיד מוצגת בביטים כדי לשקף את כמות האותות הפיזיים העוברים בקו בשנייה.

תשובות לנושא 3: שיבושים ברשת ומנגנון בקרת זוגיות (Parity Check)

1. **מדוע היפוך שתי סיביות אינו מתגלה:** מנגנון Parity יחיד סופר את סך כל האחדים בבלוק. אם סיבית אחת משתנה מ-0 ל-1 (ספירת האחדים עלתה ב-1) וסיבית שנייה משתנה מ-1 ל-0 (ספירת האחדים ירדה ב-1), סך כל האחדים הכללי בבלוק נותר זוגי או אי-זוגי בדיוק כפי שהיה במקור. מאחר שהתוצאה הסופית מתאימה לביט הזוגיות, המקלט יניח שהחבילה תקינה.
2. **ההבדל בין Even ל-Odd Parity ותנאי העבודה:** ב-Even Parity אנו דואגים שסך האחדים (כולל ביט הבקרה) יהיה מספר זוגי, וב-Odd Parity אנו דואגים שיהיה אי-זוגי. התנאי ההכרחי לעבודה הוא תיאום מוחלט; המשדר והמקלט חייבים לעבוד בדיוק תחת אותו הפרוטוקול, אחרת המקלט יפרש כל חבילה תקינה כשגיאה.
3. **משמעות התקורה בבדיקת מטריצה:** "תקורה" פירושה שאנו נאלצים לבזבז נפח תעבורה יקר על סיביות שאינן המידע עצמו אלא רק משמשות לבקרה. בדוגמה שניתנה, העברת 150

מגה-בייט כדי לספק 100 מגה-בייט של מידע אמיתי פירושה ש-50 מגה-בייט נזרקו על ביטי בקרה. זהו בזבוז עצום של רוחב פס המאט את הרשת באופן ניכר.

תשובות לנושא 4: מנגנון CRC (Cyclic Redundancy Check) ומבנה ה-Frame

1. **מדוע המקלט מחשב CRC מחדש:** המקלט אינו יכול להסתמך באופן עיוור על ה-CRC שהגיע, מכיוון שאם המידע (ה-Data) השתבש בדרך, קוד ה-CRC המקור שחושב כבר אינו מתאים למידע שהתקבל בפועל. על ידי חישוב עצמאי מחדש על גבי המידע שהגיע והשוואתו לקוד המצורף, המקלט יכול לוודא מתמטית שהמידע לא עבר שום שינוי בדרך.
2. **רכיבי ה-Frame וסדרם:** ה-Frame מורכב מכתובת MAC יעד (בתחילת החבילה, כדי שנתבים ומתגים יזהו מייד לאן לנתב), כתובת MAC מקור, גוף המידע (Data) המגיע מהשכבות העליונות, ובסוף החבילה שדה ה-CRC שנועד לבדיקת תקינות החבילה כולה לאחר שנקלטה במלואה.
3. **יתרון ה-CRC על פני מטריצת Parity:** מטריצת Parity דורשת כמות עצומה של ביטי בקרה (תקורה של עשרות אחוזים) ועדיין עלולה לפספס קומבינציות שגיאה מסוימות. לעומת זאת, מנגנון CRC מוסיף בלוק קבוע וקטן מאוד של 12 או 16 סיביות בלבד (תקורה אפסית ביחס לגודל המידע), ומספק הגנה כמעט מוחלטת (99.997%) מפני כל סוגי השגיאות ורצפי שיבושים מורכבים.

תשובות לנושא 5: מבוא לבסיסי ספירה (בינארי והקסדצימלי)

1. **הסיבה לשילוב הבסיסים:** מחשבים פועלים פיזית על זרם חשמלי (יש מתח/אין מתח), ולכן ברמת המעבדים וכרטיסי הרשת השפה הטבעית היחידה היא בינארית (0 ו-1). לעומת זאת, בני אדם מתקשים לקרוא רצפים ארוכים של מאות אפסים ואחדים. הבסיס ההקסדצימלי מאפשר "לכווץ" כל 4 סיביות בינאריות לתו בודד, ובכך מייצר ייצוג קומפקטי, קריא ונוח בהרבה לאנשי הרשתות מבלי לאבד את הקשר הישיר לשפת המחשב.
2. **הערך העשרוני של האות D:** בבסיס הקסדצימלי האותיות מתחילות מייד לאחר הספרה 9. החישוב הוא: A=10, B=11, C=12, ומכאן שהאות **D שווה ל-13** במערכת העשרונית.
3. **רכיב/כתובת שבהם פוגשים הקסה:** השימוש המובהק ביותר בבסיס הקסדצימלי שנלמד בשיעור מיושם ב**כתובות MAC** (הכתובות הפיזיות הצרובות על גבי כרטיסי הרשת).