PHY – שכבה פיזית, 4B/5B ו־MLT-3

PHY – Physical Layer Transceiver הוא רכיב חומרה האחראי על העברת המידע בין המערכת הדיגיטלית לבין אמצעי התקשורת הפיזי, לדוגמה כבל Ethernet.

ה־PHY נמצא בשכבה הפיזית (Layer 1) של מודל OSI. תפקידו הוא לקבל מידע דיגיטלי מהמערכת, להמיר אותו לאותות המתאימים להעברה על גבי המדיה הפיזית, ובצד המקבל לבצע את הפעולה ההפוכה ולהחזיר את האותות למידע דיגיטלי.

במערכת Ethernet, ה־PHY נמצא בין בקר ה־Ethernet לבין חיבור ה־RJ45 והכבל.

ניתן לתאר את מבנה התקשורת באופן הבא:

MAC → PHY → RJ45 → Ethernet Cable

בכיוון הקבלה התהליך מתבצע בצורה הפוכה:

Ethernet Cable → RJ45 → PHY → MAC

תפקיד ה־PHY

ה־PHY מטפל בהיבטים הפיזיים של התקשורת. בין היתר הוא אחראי על קידוד ופענוח של המידע, יצירת האות החשמלי המתאים להעברה בכבל, קבלת האות מהכבל והמרתו חזרה למידע דיגיטלי.

בנוסף, ה־PHY מבצע פעולות הנדרשות כדי לאפשר העברה אמינה של המידע על גבי המדיה הפיזית, כגון סנכרון בין המשדר למקלט והתאמת האות למאפייני ערוץ התקשורת

קידוד 4B/5B

אחת השיטות ששימשו בתקשורת Ethernet היא **4B/5B**.

המטרה של קידוד 4B/5B היא להמיר כל קבוצה של **4 ביטים** לקבוצה של **5 ביטים** לפי טבלת קידוד מוגדרת. לא כל צירוף אפשרי של 5 ביטים משמש לייצוג נתונים. הקודים נבחרים כך שלא ייווצרו רצפים ארוכים מדי ללא שינוי באות.

הסיבה לכך קשורה ל**סנכרון ושחזור השעון** . בתקשורת Ethernet אין שעון משותף שמועבר בנפרד מהנתונים בין המשדר למקלט. לכן, המקלט צריך לשחזר את השעון מתוך האות המתקבל כדי לדעת מתי לדגום כל ביט.

אם יועבר רצף ארוך של ביטים זהים, כגון 0000 לא יהיו כמעט מעברים באות מ 0 ל 1 במצב כזה קשה למקלט לזהות את קצב העברת הביטים ולשחזר את שעון המערכת בצורה מדויקת.

קידוד 4B/5B פותר את הבעיה בכך שהוא ממיר את המידע לקודים בעלי מספר מתאים של מעברים באות. כך ניתן להבטיח שהאות יכיל מספיק שינויים לאורך זמן, והמקלט יוכל להשתמש בהם לצורך **שחזור השעון וסנכרון הדגימה**.

החיסרון של השיטה הוא תוספת של ביט אחד לכל 4 ביטים של מידע. כלומר, קצב הביטים לאחר הקידוד גבוה יותר מקצב המידע המקורי.

MLT-3

לאחר קידוד 4B/5B, ניתן להשתמש בשיטת **MLT-3** כדי לייצג את הביטים באמצעות רמות מתח על גבי הכבל.

MLT-3 משתמש בשלוש רמות אות:

V, 0, -V+

בניגוד לאות בינארי רגיל שבו קיימות שתי רמות, MLT-3 משתמש בשלוש רמות ומאפשר להקטין את תדירות השינויים באות.

- ב־MLT-3, כאשר מתקבל ביט **1**, האות עובר לרמה הבאה במחזור
- כאשר מתקבל ביט **0** רמת האות אינה משתנה.

לדוגמה, אם האות נמצא ב־+V ומתקבל 0, הוא נשאר ב־+V. אם מתקבל 1, הוא עובר לרמה הבאה במחזור.

המטרה של השיטה היא להקטין את התדר המרבי של האות החשמלי הנדרש להעברת המידע. כתוצאה מכך ניתן להקטין את דרישות רוחב הפס של ערוץ התקשורת.

השילוב בין 4B/5B ל־MLT-3

4B/5B ו־MLT-3 מבצעים תפקידים שונים בתהליך העברת המידע.

4B/5B מטפל בקידוד הביטים וממיר קבוצות של 4 ביטים לקבוצות של 5 ביטים.

לאחר מכן **MLT-3** משמש לייצוג הביטים באמצעות שלוש רמות אות חשמלי המתאימות להעברה על גבי הכבל.

ה־PHY הוא הרכיב המחבר בין עולם המידע הדיגיטלי לבין שכבת התקשורת הפיזית. הוא אחראי על המרת המידע לאותות המתאימים להעברה בכבל וביצוע הפעולה ההפוכה בצד המקבל.בתהליכי Ethernet ניתן להשתמש במספר שלבים לצורך העברת המידע. קידוד **4B/5B** ממיר כל 4 ביטים לקוד של 5 ביטים, ולאחר מכן **MLT-3** מייצג את המידע באמצעות שלוש רמות אות חשמלי.השילוב בין שיטות הקידוד מאפשר להתאים את המידע הדיגיטלי להעברה פיזית על גבי ערוץ התקשורת, תוך שמירה על מאפייני האות הנדרשים להעברה ברשת.חשוב לציין כי 4B/5B ו־MLT-3 קשורים בעיקר למימושים היסטוריים של Ethernet, כגון **100BASE-TX**, ואינם משמשים באותה צורה בכל תקני Ethernet המודרניים.