課題：データ・リンク層 (10 問)

1. データ・リンク層における送信データの単位をなんと呼ぶか？
2. 物理層がデータ・リンク層に対して保証しないもので、データ・リンク層がネットワーク層に対して保証しなければならないものを２つ挙げよ。
3. バイト詰めアルゴリズムを用いるデータ・ストリーム中に次のようなデータが存在するものとする。
   A B ESC C ESC FLAG FLAG D

   バイト詰めをした後の出力はどのようになるか。
4. バイト詰めアルゴリズムにおける最大のオーバーヘッドはどれだけか。
5. ビット列 0111101111101111110 をデータ・リンク層で送信する必要がある。ビット詰め後、実際に送信されるビット列はどのようになるか。
6. 誤りの種類を２つ挙げよ。
7. d 個の誤りを訂正するための Hamming 距離はいくつか？
8. データ・ビットと冗長ビットを合わせたブロック全体の長さが 1000 bit のとき単一誤りを訂正するには冗長ビットは最低いくつ必要か？
9. 16 進の値が 0xE4F であるような 12 ビットのハミング符号が受信側に届いた。元の値は 16 進でいくつか。誤っているのは 1 ビット以内であると仮定せよ。
10. 誤り率が 10^{-6} の遅延が無視できる通信を行う場合、誤り検出と誤り訂正のどちらが得か？
11. メッセージ 1001 1100 1010 0011 がインターネット・チェックサム (4 ビット語) を用いて伝送されるものとしよう。チェックサムの値はどのようになるか。
12. 巡回冗長検査 (CRC) チェックサムを生成する時、$x^7 + x^5 + 1$ を生成多項式 $x^3 + 1$ で割った余りを求めよ。
13. ユートピア的単方向プロトコルでは５つの理想的な仮定をおいているがそれらは何か？
14. 上記の理想的な仮定を一つづつ排除していくとき、肯定応答 (ACK) にタイマーが必要になるのはどの仮定を排除したときか？
15. 否定応答 (NAK) が必要になるのはどのプロトコルか？

1. フレーム
2. 誤りなく届くこと、順番通りに届くこと
3. A B ESC ESC C ESC ESC ESC FLAG ESC FLAG D.
4. 最大のオーバーヘッドは 100%で全てのデータが ESC か FLAG の時に起こる。

   これはストリームの長さによらない。
5. 0111101111100111111010
6. 熱雑音によるビット反転、電気的妨害によるバースト
7. 2d+1
8. $(n+1) < 2^r$ より 10 bit
9. 0xE4F は 2 進数で 111001001111。

   これをパリティビットとデータビットに分けると

   $\{p_1, p_2, p_4, p_8\} = \{1, 1, 0, 0\}$

   $\{m_3, m_5, m_6, m_7, m_9, m_{10}, m_{11}, m_{12}\} = \{1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1\}$

   データから計算されるパリティビットは

   $$\begin{aligned} p_1 &= parity(m_3, m_5, m_7, m_9, m_{11}) = 1 \\ p_2 &= parity(m_3, m_6, m_7, m_{10}, m_{11}) = 0 \\ p_4 &= parity(m_5, m_6, m_7, m_{12}) = 0 \\ p_8 &= parity(m_9, m_{10}, m_{11}, m_{12}) = 0 \end{aligned}$$

   よって、p_2 が誤っていることが分かる。

   データは誤っておらず 10101111、これは 16 進数で 0xAF。
10. 誤りの検出と再送信を行う方が、誤りを訂正できるだけの冗長ビットを送るより得。
11. メッセージの 1 の補数チェックサムを計算すると

    $$\begin{aligned} 1001 + 1100 &= 0101 + 1 = 0110 \\ 0110 + 1010 &= 0000 + 1 = 0001 \\ 0001 + 0011 &= 0100 \end{aligned}$$

    逆から足すと

    $$\begin{aligned} 0011 + 1010 &= 1101 \\ 1101 + 1100 &= 1001 + 1 = 1010 \\ 1010 + 1001 &= 0011 + 1 = 0100 \end{aligned}$$
12. 多項式を 2 進数に変換すると $x^7 + x^5 + 1$ は 10100001、$x^3 + 1$ は 1001 となる。除数の次数が 3 なので被除数に 0 を 3 つ付加する。

$$
\begin{array}{rrrrrrrrrrrrrrrr}
 & & & & & & & & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
\cline{5-16}
1 & 0 & 0 & 1 & \big) & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & & & & & & \\
\cline{6-9}
 & & & & & & 0 & 1 & 1 & 0 & & & & & & \\
 & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & & & \\
\cline{7-12}
 & & & & & & & 1 & 1 & 0 & 0 & & & & & \\
 & & & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & & & & \\
\cline{8-13}
 & & & & & & & & 1 & 0 & 1 & 0 & & & & \\
 & & & & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & & & \\
\cline{9-14}
 & & & & & & & & & 0 & 1 & 1 & 1 & & & \\
 & & & & & & & & & 0 & 0 & 0 & 0 & & & \\
\cline{10-15}
 & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & 0 & & \\
 & & & & & & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & & \\
\cline{11-16}
 & & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & 0 & \\
 & & & & & & & & & & & 1 & 0 & 0 & 1 & \\
\cline{12-16}
 & & & & & & & & & & & & 1 & 1 & 1 & \\
\end{array}
$$

13. 順番通りに届く、送信時間は無視できる、一方向しか送らない、誤りなし、受信バッファ無限

14. 誤りなしの仮定を排除したとき

15. 選択的再送プロトコル