課題：物理層 (10 問)

1. 4kHz のチャネルに信号対雑音比 30dB の雑音があれば、最大データ速度はいくらか。
2. テレビのチャネルは 6MHz 幅である。4 値のデジタル信号を用いるとしたら何ビット/秒で送ることができるか。チャネルに雑音はないものとせよ。
3. 信号対雑音比が 20dB の 3kHz チャネル上に信号を送信したとき、達成可能な最大データ転送速度はいくらか。
4. T1 搬送波 (1.544Mbps) を 50kHz 回線に乗せるとしたら信号対雑音比はどれだけ必要か。
5. GEO (高度 35,800km)、MEO (高度 18,000km)、LEO (高度 750km) のそれぞれに対してパケットのエンド・ツー・エンド (往復) の通過時間を計算せよ。
6. 信号が NRZ(1bit/signal) およびマンチェスター符号 (0.5bit/signal) を用いて伝送されるとして、データ速度 $B = 2H \log_2 V$[bit/sec] を達成するのに必要な最小帯域幅 H を求めよ。
7. 全 2 重の QAM-64 モデムは幾つの周波数を用いているか。
8. PCM の標本時間が $125\mu s$ に設定されているのはなぜか。
9. SONET のクロックはおよそ $1/10^9$ のドリフト率を持っている。ドリフトが 1 ビットの幅に等しくなるのにどれだけかかるか。
10. OC-12 コネクションの利用可能なユーザー帯域はどれだけか。

1. $B = 4\text{kHz}$, $S/N = 1000$ より $B\log_2(1+S/N) = 4\log_2(1001) = 39.86\text{kbps}$。

2. $B = 6\text{MHz}$, $V = 4$ 階調より $2B\log_2 V = 12\log_2 4 = 24\text{Mbps}$。

3. $B = 3\text{kHz}$, $S/N = 100$ より $B\log_2(1+S/N) = 3\log_2(101) = 19.975\text{kbps}$。

4. $B\log_2(1+S/N) = 1.544\text{Mbps}$ で $B = 50\text{kHz}$ とすると $S/N = 2^{30.88} - 1 = 1,976,000,000$ で 93dB。

5. 光速は約 300km/msec なので、GEO では $2 \times 35,800/300 = 239\text{msec}$, MEO では $2 \times 18,000/300 = 120\text{msec}$, LEO では $2 \times 750/300 = 5\text{msec}$。

6. NRZ はシグナルあたり 1bit なのでナイキスト周波数を考慮すると H=B/2 [Hz] 必要。マンチェスター符号はシグナルあたり 0.5bit なのでナイキスト周波数を考慮すると H=B [Hz] 必要。

7. 周波数は片方向一つずつしか用いないので全 2 重の場合 2。(64 通り変えているのは振幅と位相)

8. 電話回線のフィルタが 4kHz に設定されており、Nyquist 周波数は 8KHz となる。これの逆数をとると標本時間は 125μsec となる。

9. ドリフト率 10^{-9} ということは 1sec に 1nsec ドリフトする（ズレる）ことを意味する。例えば OC-1 回線は 50Mbps なので 1bit は 20nsec でドリフトが 1 ビットの幅に等しくなるのに 20sec かかる。

10. OC-12c は 90 列のうち 3 列がセクション・オーバーヘッドと回線・オーバーヘッド、さらにもう 1 列が経路オーバーヘッドで 86 列がユーザーのデータである。各列は 9 行 ×8bit のデータを持つので $86 \times 9 \times 8 = 6,192\text{bit}$。これが 12×8000 frames/sec で送られるので $6,192 \times 12 \times 8000 = 594,432,000\text{bps}(594.432\text{Mbps})$ である。