平成 18 年 8 月 22 日（火）

13:00〜16:00 実施

平成１９年度大学院前期課程入学試験

情報通信工学

入試問題

注意事項

・問題は７問、問題用紙の枚数は８枚（表紙を含まず）である。

・問題１〜問題３は必須問題である。すべて解答すること。

・問題４〜問題７は選択問題である。この中から２題を選択し、解答せよ。

・解答用紙は、

　問題 1 を 1 枚目（白色）の解答用紙

　問題 2 を 2 枚目（赤色）の解答用紙

　問題 3 を 3 枚目（青色）の解答用紙

　問題 4 を 4 枚目（黄色）の解答用紙

　問題 5 を 5 枚目（水色）の解答用紙

　問題 6 を 6 枚目（桃色）の解答用紙

　問題 7 を 7 枚目（緑色）の解答用紙

に記入すること。選択問題については、選択した問題番号に対応する解答用紙を選択すること。解答用紙を間違えると採点されない場合があるので注意すること。

・試験終了後の解答用紙回収について

1) 試験終了後、指示に従い、選択しなかった問題の解答用紙を 2 つ折りにすること。

2) 選択問題については、すべてについて解答した後、2 つ折りにする段階で、選択問題を確定させても良い。

3) 解答した解答用紙、および 2 つ折りにした解答用紙は、試験監督者の指示に従って提出すること。提出する解答用紙は５枚、２つ折りにする解答用紙は２枚である。

情報理論

1．　下記の図 1-1 に示す通信路線図を有する二元対称通信路を通信路 1，図 1-2 に示す二元対称消失通信路を通信路 2 とする．但し，通信路 1 の入力情報源記号は $A=\{0, 1\}$，出力情報源記号は $B=\{0, 1\}$であり，通信路 2 の入力情報源記号は $A=\{0, 1\}$，出力情報源記号は $B=\{0, X, 1\}$ (X は消失を表す)である．また，いずれの通信路においても，通信路の遷移確率は図中に示す通り(但し $0 \leqq \alpha \leqq 1$)であり，入力情報源記号 0 および 1 の生起確率は，それぞれ，$P_A(A=0)=\omega$，$P_A(A=1)=1-\omega$ (但し $0 \leqq \omega \leqq 1$)とする．これらの通信路に関する下記の問いに答えよ．

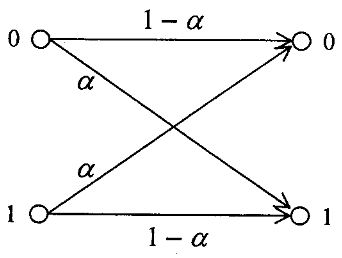


図1-1 二元対称通信路（通信路1）

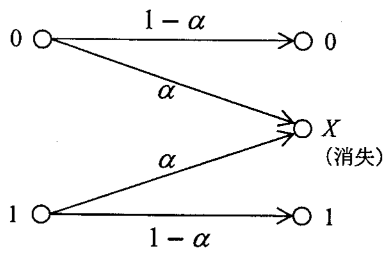


図1-2 二元対称消失通信路（通信路2）

(i) 入力情報源のエントロピー$H(A)$を求めよ．

(ii) 通信路 1 の出力情報源記号が 0, 1 となる確率 $P_{B1}(B=0)$，$P_{B1}(B=1)$ を求めよ．

(iii) 通信路 1 の出力情報源記号のエントロピー$H_1(B)$を求めよ．

(iv) 通信路 1 の相互情報量 $I_1(A;B)$を求めよ．

(v) 通信路 1 の通信路容量 C_1 を求めよ．

(vi) 通信路 2 の出力情報源記号が $0, X, 1$ となる確率 $P_{B2}(B=0)$，$P_{B2}(B=X)$，$P_{B2}(B=1)$ を求めよ．

(vii) 通信路 2 の出力情報源記号のエントロピー$H_2(B)$を求めよ．

(viii) 通信路 2 の相互情報量 $I_2(A;B)$を α および $H(A)$を用いて表せ．

(ix) 通信路 2 の通信路容量 C_2 を求めよ．

(x) 通信路 1 について，$0 \leqq \alpha \leqq 1$の範囲で，αと通信路容量 C_1 の関係を図示せよ．

(xi) 通信路 2 について，$0 \leqq \alpha \leqq 1$の範囲で，αと通信路容量 C_2 の関係を図示せよ．

(xii) $\alpha=0$，$\alpha=0.5$，$\alpha=1$，それぞれの場合について，通信路1および通信路2の通信路容量を求めよ．また，通信路 1 および通信路 2，それぞれにおいて，αが何の確率を表しているかを考慮し，$\alpha=0$，$\alpha=0.5$，$\alpha=1$の場合の通信路容量がそれらの値となる理由を説明せよ．

通信方式

2－1　DSB（両側波帯）変調において，変調信号を $m(t)$，搬送波の振幅を A，搬送周波数を f_c，時刻を t とするとき，以下の問いに答えよ．

(i) DSB 変調された信号を受信するとき，その受信信号は $Am(t)\cos 2\pi f_c t$ で表されるものとする．また $m(t)$の平均電力が M であるとき，DSB 変調された信号の平均受信電力を求めよ．

(ii) 受信時には，DSB 変調された信号以外に，受信機内部で発生する熱雑音が重畳される．熱雑音成分が

$n(t) = x(t)\cos 2\pi f_c t - y(t)\sin 2\pi f_c t$

で表され，$x(t)$および $y(t)$は平均 0，分散σ^2のガウス過程に従うものとするとき，$n(t)$の平均電力 N を求めよ．

(iii) 受信機における同期検波前の受信信号の信号対雑音電力比（SN 比）を求めよ．

(iv) 受信機において，同期検波を用いて DSB 変調された信号を復調するものとする．このとき，同期検波後の SN 比を求めよ．

2－2　変調指数 m（$0 < m \leqq 1$）の振幅変調器において，変調信号が $g(t)$，搬送波の振幅が A，搬送周波数が f_c，時刻が t で表され，振幅変調された信号は

$e_{AM}(t) = A[1 + mg(t)]\cos 2\pi f_c t$

で表されるものとするとき，以下の問いに答えよ．ただしスペクトル算出においては，各周波数成分は複素振幅で表されるものとする．

(i) $g(t) = \cos 2\pi f_m t$ であるとき，$e_{AM}(t)$のスペクトルがどのようになるかを，スペクトルの振幅値を表す図を含めて説明せよ．

(ii) $g(t)$のスペクトルが任意に $G(f)$（f は周波数）で与えられるとき，$e_{AM}(t)$のスペクトルがどのようになるかを，スペクトルの振幅値を表す図を含めて説明せよ．

ネットワーク工学

3．コンピュータネットワークでは，情報の伝達手段としてパケット交換方式が用いられる．パケット交換方式では，ネットワーク上で伝達される情報は，データ量が十分大きい場合には，送信ホストにおいて元の情報よりも小さい単位に分割され，それぞれに宛先ホストアドレス等を含むヘッダが付加された後，送出される．この分割された個々の情報にヘッダが付加されたものをパケットという．また，パケットからヘッダを除いた元の情報を構成するデータ部分をペイロードという．

パケット交換では，送信ホストと受信ホストの間に存在する中継ノードに到着したパケットは蓄積交換 (Store-and-Forward) 方式により処理される．蓄積交換方式では，中継ノードの入力リンクに到着したパケットは一旦中継ノードに蓄積される．中継ノードは蓄積されたパケットのヘッダをみて，次に送出すべき出力リンクにパケットを送出する．送信ホストから受信ホストまでの経路上に複数の中継ノードが存在する場合を考える．パケット交換方式では，ペイロードのサイズを小さくしてパケットを構成することにより，情報の$_{(a)}$<u>転送効率を向上させることができる</u>．しかし，ペイロードのサイズを過度に小さくすると逆に$_{(b)}$<u>転送効率が減少する</u>という問題が発生する．つまり，両者を考慮した適切なペイロードサイズでパケットを生成する必要がある．

データサイズ D(ビット) をもつ情報 F を送信ホスト A から受信ホスト B まで蓄積交換方式を用いて転送することを考える．ヘッダサイズを固定長の H(ビット) とする．A から B までの経路は $L+1$ 本のリンクが中継ノードにより直列に接続されることにより構成される．つまり，ノード A から B までの間には L 個の異なる中継ノードが存在する．全てのリンクは同じ伝送速度をもち，その伝送速度は C(ビット/秒) であるとする．中継ノードでの転送時間以外のヘッダ処理にかかる遅延時間は無視できるものとし，A から B までの経路上でパケット損は発生しないと仮定する．また，リンクの物理的な長さに依存する伝搬遅延は無視できるものとする．

(i) 下線部 (a) に関して，何故転送効率を向上させることができるのかを説明せよ．ただし，ここでの転送効率とは，ある有限の大きさをもつ情報の送信ホストから受信ホストまでの転送にかかる時間を指す．

(ii) 下線部 (b) に関して，転送効率が減少する理由を説明せよ．

(iii) A から B までの経路上にある各中継ノードで F 以外のデータ転送は行われない状況を想定する．F をパケットに分割せずにヘッダを付加して送出した場合のデータ転送時間を求めよ．ただし，データ転送時間とは F の最初の 1 ビットが A より送出されてから，F の最後の 1 ビットが B で受信されるまでの時間を指す．

(iv) F を N 個のパケットに分割して転送した場合のデータ転送時間を求めよ．ただし，D は N 個に分割できる程度に十分大きく，D は N の倍数であるとする．

(v) 上記 (iv) で求められたデータ転送時間が最小となるパケットの分割数 N を求めよ．

光・電波工学

4．真空中の電磁波について，以下の問いに答えよ．

(i) 次のMaxwell方程式より電磁波の波動方程式を導け．ここで，$\mathbf{E}$ ：電界ベクトル，$\mathbf{H}$ ：磁界ベクトル，μ_0：透磁率，ε_0：誘電率，である．なお，導出過程を記すこと．

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \qquad \nabla \times \mathbf{H} = \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \qquad \nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \qquad \nabla \cdot \mathbf{H} = 0$$

(ii) 上で得られた波動方程式を基に，平面電磁波を伝搬定数（波数）k と角周波数ω を使って表わせ．なお，導出過程を記すともに，k と ω の関係も付記すること．

(iii) 上で表わした平面電磁波の位相速度の表式を書け．なお，導出過程を記すこと．

(iv) 伝搬定数kと波長λ，角周波数ωと周波数f，の関係をそれぞれ数式で表わせ．

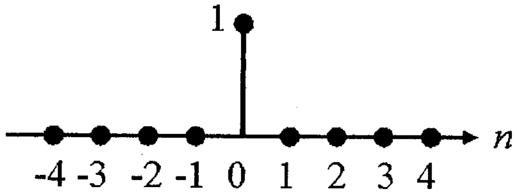
(v) 周波数f_0の電磁波と周波数$f_0+\Delta f$の電磁波の波長差$\Delta\lambda$を，これまで出てきた記号で表わせ．ただし，$f_0 >> \Delta f$とし，導出過程を記すこと．

(vi) 点波源から発する球面波を考える．波動方程式より，点波源からの距離rにおける電場の表式を導け．その際，導出過程も記すこと．なお一般に、関数Uについての直交座標系の空間微分と球座標系の空間微分には次の関係がある．

$$\frac{\partial^2 U}{\partial^2 x}+\frac{\partial^2 U}{\partial^2 y}+\frac{\partial^2 U}{\partial^2 z}=\frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial U}{\partial r}\right)+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta\frac{\partial U}{\partial \theta}\right)+\frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2}$$

信号処理

5．図のように時刻$n=0$において値が１となる単位インパルス信号$x[n]$を考える．



(i) これを因果性のあるシステム$y[n]=\sum_{k=1}^{3} b_k x[n-k]$に入力したところ，以下のような出力信号系列$y[n]$（$n=0, 1, 2, 3, 4$）が得られた．

n	0	1	2	3	4
$y[n]$	0.00	0.50	0.60	0.20	0.00

この時，このシステムの係数b_1，b_2，b_3を求めよ．

(ii) 次に同じ単位インパルス信号$x[n]$を，因果性のあるシステム
$y[n]+\sum_{k=1}^{2} a_k y[n-k]=\sum_{k=1}^{3} b_k x[n-k]$に入力したところ，以下のような出力信号系列$y[n]$（$n=0, 1, 2, 3, 4$）が得られた．ただし，係数$b_1$，$b_2$，$b_3$は(i)と全く同一であることが分かっている．

n	0	1	2	3	4
$y[n]$	0.00	0.50	0.85	0.50	0.0375

この時，このシステムの係数a_1，a_2を求めよ．

(iii) 上記(i)のシステム$y[n]=\sum_{k=1}^{3} b_k x[n-k]$の伝達関数のゼロ点をｚ変換を用いて求めよ．

(iv) 上記(ii)のシステム$y[n]+\sum_{k=1}^{2} a_k y[n-k]=\sum_{k=1}^{3} b_k x[n-k]$の伝達関数の極をｚ変換を用いて求めよ．

(v) 上記(iv)の結果より，(ii)のシステム$y[n]+\sum_{k=1}^{2} a_k y[n-k]=\sum_{k=1}^{3} b_k x[n-k]$は安定か否かを理由と共に答えよ．

論理回路・計算機システム

6．正の２進数の加算と減算を行う組合せ論理回路について，以下の問いに答えよ．

(i) n 桁の２進数の i 桁目（$0 \leq i < n$）の加算を考える．下の桁からの桁上がりを考慮しない加算器は半加算器(HA)と呼ばれる．半加算器の i 桁目の被加数を a_i，加数を b_i，加算結果の和を s_i，i 桁目から i+1 桁目への桁上げ（繰り上げ）を c_{i+1} とする．a_i, b_i の値に対する s_i, c_{i+1} の値に関する真理値表を記述し，s_i, c_{i+1} を表す論理式をそれぞれひとつの論理演算子を用いて表せ．

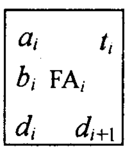
(ii) 下の桁からの桁上げを考慮する加算器は全加算器（FA）と呼ばれる．i 桁目の被加数を a_i, 加数を b_i, 下の桁からの桁上げを d_i，全加算した結果を t_i，次の桁への桁上げを d_{i+1} とする．このような２進数１桁の全加算器の真理値表を記述し，t_i 及び d_{i+1} それぞれの論理式を積和標準形で示せ．

(iii) 上記(ii)で求めた論理式を変形し，t_i と d_{i+1} を，(i)の s_i，c_{i+1} と d_i のみを用いてできるだけ簡単な形で表せ．ただし，t_i については排他的論理和（XOR）を用いて表せ．

(iv) 以上の考察から，１ビットの半加算器 HA を２つ用いることで，１ビットの全加算器 FA の組合せ論理回路を構成することができる．(ii)と同じ記号を用いて，a_i, b_i, d_i を入力とし，t_i, d_{i+1} を回路の出力とする．そのような回路を５つの論理ゲート（それぞれ論理積(AND)，論理和(OR)，論理否定(NOT)，排他的論理和(XOR)ゲートのいずれかとする）を用いて示せ．また，どの部分がひとつの半加算器であるかを点線で囲って示せ．なお，解となる複数の回路構成が存在する場合にはその１つを示せばよい．

(v) 上記(iv)の全加算器 FA を３つ用いて，リプルキャリー（順次桁上げ）方式の３桁の２進数の加算・減算器を構成した回路図を示せ．回路への入力は，０ではない正の整数 x, y と，加算・減算の切り替えを指示する信号 w とし，出力は加算または減算した結果 f，数値 f の最上位桁 f_2 からの桁上がり c とする．x_0, y_0, f_0 はそれぞれ数値 x, y, f の最下位桁であり，最上位桁 x_2, y_2, f_2 は符号を表し，０のとき正数，１のとき負数を表すものとする．加減算切替信号 $w = 0$ のとき x に y を加算した結果が f として出力され，c は無視される．$w = 1$ のとき，y の２の補数（符号桁は１とする）を x に加算することで，x から y を減算した結果が f として出力される．このとき $x \geqq y$ であれば $c = 1$ になり f が正の解となる．一方，$x < y$ であれば $c = 0$ になり，f は負の解の２の補数となる．オーバフローは起こらないものとする．(iv)で構成した i 桁目の全加算器 FA_i ($0 \leq i < 3$) を以下の例のような記号で表し，FA_0 が最下位桁の演算を表すものとする．また，用いる論理ゲートは論理積(AND)，論理和(OR)，論理否定(NOT)，排他的論理和(XOR)ゲートのいずれかとし，ゲートの数は３以下とする．なお，解となる複数の回路が存在する場合にはその１つを示せばよい．

例



基本アルゴリズム・プログラミング

7－1　プログラムＡは，Ｎ個の配列要素を，ある変数ｘ（基準値と呼ぶ）よりも大きな数と小さな数の２つのグループに分けることを行い，その後グループ毎にデータ個数が１になるまで同じ操作を繰り返すことで整列を行うクイックソートのプログラムである．以下の問いに答えよ．

<プログラムＡ>

```
#include <stdio.h>
#define N 7
void quicksort(int a[ ], int first, int last)
{
    int i, j, k, x, n, t;
    n=(int)((first+last)/2);
    x=a[n];
    i=first; j=last;
    for(;;){
        while(a[i]<x) i++;
        while(x<a[j]) j-- ;
        if(i>j)break;
        t=a[i]; a[i]=a[j]; a[j]=t;
        i++; j--;
    }
    for(k=0; k<N; k++) printf("%4d ", a[k]); }  <α>
    printf("¥n");                              }
    if( [ (1) ] < [ (2) ] ){  /* Smaller than x */
        quicksort(a, [ (1) ] , [ (2) ] );
    }
    if( [ (3) ] < [ (4) ] ){  /* Larger than x */
        quicksort(a, [ (3) ] , [ (4) ] );
    }
}
int main()
{
    int i;
    int a[]={71,20,91,65,28,41,11};
    quicksort(a, 0, N-1);
    for(i=0;i<N;i++)printf("%4d ", a[i]);
    printf("¥n");
}
```

(ⅰ) プログラムＡは，関数 quicksort( )の中で自身の関数 quicksort( )を呼び出す構造となっている．このようなプログラム構造を何と呼ぶか．

(ⅱ) プログラムＡにある空欄(1)～(4)を埋めよ．ただし，同一番号には同一内容が入るので注意すること．

(ⅲ) プログラムＡの quicksort 関数における＜α＞部分の出力結果を示せ．ただし，プログラムＡの実行が完了するまでの出力を順に示すこと．

(ⅳ) クイックソートのアルゴリズムにおいて，整列すべきデータの中で基準値としてどのような値を選ぶと，計算量が最も少なくなるかを述べよ．

7－2　スタックとキューの二つのデータ構造がある．次の操作内容を順に実行した場合，変数 X,Y に代入される値は何か．なお，ここで各操作を以下のように定義する．

＜操作の定義＞

push(a): データ a をスタックに挿入する

pop( ): スタックからデータを一つ取り出す

enqueue(a): データ a をキューに挿入する

dequeue( ): キューからデータを一つ取り出す

＜操作内容＞

```
push(a)
push(b)
push(c)
X ← pop( )
enqueue(pop( ))
enqueue(d)
push(dequeue( ))
Y ← pop( )
```