

問 1 . 本講義の内容に関して，次の文章 (表) の空欄 (a) ~ (B) を埋めよ。(2 点 ×28=56 点)

- ネットワークプロトコルの OSI の基本参照モデルは次の表のとおりである。

階層	名前	役割	例
7	アプリケーション層	各アプリケーションの制御	
6	プレゼンテーション層	情報表現，フォーマット	
5	(a) 層	アプリケーションごとのコネクションの制御	
4	トランスポート層	(e)	(i) , TCP
3	(b) 層	(f)	(j)
2	(c) 層	(g)	(k)
1	(d) 層	(h)	(k) , RS-232C

- (l) とは，通信時に伝送路を占有して通信を行う方式であり，パケット交換とは，(m) 方式である。
- UDP では，(n) bit の 2 進数からなるポート番号により，送信元とあて先のアプリケーションを記述する。UDP 自体として，確実な通信を行うためのパケットの再送を (o) (行わない or 行う)。
- (p) (アルファベット 3 文字) アドレスは，イーサネットプロトコルにおいて機器を特定するための番号である。その総 bit 数は 48 bit であり，上位 24bit はベンダー番号である。
- FTP は，(q) ためのプロトコルである。
- IP アドレス 143.221.181.51，ネットマスク 255.255.240.0 のホスト接続されているネットワークを考える。このネットワークでは，IP アドレスの上位 (r) bit でネットワーク ID を表すので，このネットワークを表す (s) は (t) となる。また，下位 (u) bit でネットワーク内の (v) を表す。ブロードキャストアドレスとは，(w) ためのアドレスであり，このネットワークの場合，通常は (x) である。従ってこのネットワークで，一般のホストとして割り当てることができる IP アドレスの総数は，(y) 個である。
- アナログ変調方式に関して，搬送波の周波数を f_c ，変調する信号を $s(t)$ とする。基準となる振幅を A とするとき，振幅変調，周波数変調した信号の式は，(z) ，(A) である (その他の定数は適宜定義して使ってよい)。また，周波数変調の式において， $\cos(a(t))$ に対する瞬間的な周波数は (B) で定義されている。

問 2 . 生起率 λ (微小時間 Δt の間に生起する確率が $\lambda \Delta t$) である観測時間 t のポアソン分布の平均値を求めよ。なお，計算過程を詳しく記すこと。(6 点)

ヒント：次式を計算すれば良い。

$$\sum_{k=0}^{\infty} k \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

問3 . (1点×16=16点)

ある研究室のローカルネットワークは、プライベートアドレスで運用されており、IP アドレス 192.168.1.54 のコンピュータ (H) が存在する。H のデフォルトゲートウェイであるゲートウェイ (G) は、IP マスカレードが実装され、プライベートアドレス 192.168.1.1 で研究室のネットワークに、グローバルアドレス 131.112.80.146 で外部とのネットワークに接続されているとする。H の通信時に送受とも TCP ポート番号 6432 を使うアプリケーションが、グローバルアドレス 131.112.80.1 マシン (S) の通信時に送受とも TCP ポート番号 443 を使うアプリケーションに通信を行うとする。このとき、H から G、G から S への通信、およびその返答である S から G、G から H への通信に対して、あて先 IP アドレス、発信元 IP アドレス、あて先ポート番号、発信元ポート番号を記せ。G が自由に設定できるものに関しては自由に設定してよいが、この問題の解答の中で整合性が取れていること。

問4 . (4点+4点+5点+3点+3点+3点=22点)

処理するコンピュータが4台、処理を待つために1つのジョブが格納できる待ち行列が存在するシステムを考える。ジョブは平均 λ のポアソン分布で到着するものとする。ジョブの処理時間は、平均 $1/\mu$ の指数分布で表せるものとする。このシステムの状態に関する確率変数 $S(t)$ を考え、 $S(t) = 0$ が「処理中のジョブが0個、待ち行列にあるジョブが0個」、 $S(t) = 1$ が「処理中のジョブが1個、待ち行列にあるジョブが0個」、 $S(t) = 2$ が「処理中のジョブが2個、待ち行列にあるジョブが0個」、 $S(t) = 3$ が「処理中のジョブが3個、待ち行列にあるジョブが0個」、 $S(t) = 4$ が「処理中のジョブが4個、待ち行列にあるジョブが0個」、 $S(t) = 5$ が「処理中のジョブが4個、待ち行列にあるジョブが1個」という状態を表すものとする。時刻 t において状態が $S(t) = i$ ($i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$) である確率を $p_i(t)$ で表し、このとき、微小時間 $\Delta\tau$ における変化を考え、 $p_0(t + \Delta\tau), p_1(t + \Delta\tau), p_2(t + \Delta\tau), p_3(t + \Delta\tau), p_4(t + \Delta\tau), p_5(t + \Delta\tau)$ を $p_0(t), p_1(t), p_2(t), p_3(t), p_4(t), p_5(t)$ を用いて表せ ($\Delta\tau$ の1次近似)。また、求めた式から微分方程式を求め、定常解 $p_0^*, p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*$ を求めよ。このとき、 $\rho = \lambda/\mu$ を用いて、添字に変数を用いずに $p_0(t), p_1(t), p_2(t), p_3(t), p_4(t), p_5(t)$ や $p_0^*, p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*$ に対して書き下すこと。さらに、リジェクト率、定常時のシステム内の平均のジョブ数と平均システム遅延 (ジョブが受け付けられたときに、ジョブを投入してから終了するまでの平均の時間) を、 $\lambda, \mu, p_0^*, p_1^*, p_2^*, p_3^*, p_4^*, p_5^*$ を使って記せ (全部使わなくても良い。式は簡単化しなくても良い)。

注意：配点は変更することがある。

解答用紙

学科・類：

学籍番号：

名前：

問 1 .

- | | |
|-----|-----|
| (a) | (b) |
| (c) | (d) |
| (e) | (f) |
| (g) | (h) |
| (i) | (j) |
| (k) | (l) |
| (m) | (n) |
| (o) | (p) |
| (q) | (r) |
| (s) | (t) |
| (u) | (v) |
| (w) | (x) |
| (y) | (z) |
| (A) | (B) |

問 2 .

問 3 .

パケット	宛先 IP アドレス	発信元 IP アドレス	宛先 ポート番号	発信元 ポート番号
H から G				
G から S				
S から G				
G から H				

(計算用欄：自由に記入して良い)

学科・類：

学籍番号：

名前：

問 4 .



解答用紙

学科・類：

学籍番号：

名前：

問 1 .

- | | |
|--|--|
| (a) セッション | (b) ネットワーク |
| (c) データリンク | (d) 物理 |
| (e) プログラム間の通信を提供する規約 | (f) 多数の機器を経由した通信の制御の規約 |
| (g) 直接接続された機器間の制御の規約 | (h) 電氣的信号，コネクタの形状などの規約 |
| (i) UDP | (j) インターネットプロトコル |
| (k) Ethernet | (l) 回線交換 |
| (m) データをある一定長以下に分割して，
多数の通信が回線を共有して通信を行う | (n) 16 |
| (o) 行わない | (p) MAC |
| (q) ファイルを転送するための | (r) 20 |
| (s) ネットワークアドレス | (t) 143.221.176.0 |
| (u) 12 | (v) ホスト ID |
| (w) ネットワーク内のすべてのマシンに向けて送信する | (x) 143.221.191.255 |
| (y) $4094(=2^{12} - 2)$ | (z) $A(\alpha s(t) + 1) \cos 2\pi f_c t$ |
| (A) $A \cos 2\pi \left(f_c t + \alpha \int^t s(\tau) d\tau \right)$ | (B) $\frac{1}{2\pi} \frac{da(t)}{dt}$ |

問 2 .

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k=0}^{\infty} k \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \\
 = & (\lambda t) e^{-\lambda t} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^{k-1}}{(k-1)!} \\
 = & (\lambda t) e^{-\lambda t} e^{\lambda t} \\
 = & \lambda t
 \end{aligned}$$

問 3 .

パケット	宛先 IP アドレス	発信元 IP アドレス	宛先 ポート番号	発信元 ポート番号
H から G	131.112.80.1	192.168.1.54	443	6432
G から S	131.112.80.1	131.112.80.146	443	12321(任意)
S から G	131.112.80.146	131.112.80.1	12321(右上と同じ)	443
G から H	192.168.1.54	131.112.80.1	6432	443

(計算用欄：自由に記入して良い)

問 4 .

微小時間の関係式は，

$$\begin{aligned}
 p_0(t + \Delta\tau) &= (1 - \lambda\Delta\tau)p_0(t) + \mu\Delta\tau p_1(t) \\
 p_1(t + \Delta\tau) &= \lambda\Delta\tau p_0(t) + (1 - \lambda\Delta\tau - \mu\Delta\tau)p_1(t) + 2\mu\Delta\tau p_2(t) \\
 p_2(t + \Delta\tau) &= \lambda\Delta\tau p_1(t) + (1 - \lambda\Delta\tau - 2\mu\Delta\tau)p_2(t) + 3\mu\Delta\tau p_3(t) \\
 p_3(t + \Delta\tau) &= \lambda\Delta\tau p_2(t) + (1 - \lambda\Delta\tau - 3\mu\Delta\tau)p_3(t) + 4\mu\Delta\tau p_4(t) \\
 p_4(t + \Delta\tau) &= \lambda\Delta\tau p_3(t) + (1 - \lambda\Delta\tau - 4\mu\Delta\tau)p_4(t) + 4\mu\Delta\tau p_5(t) \\
 p_5(t + \Delta\tau) &= \lambda\Delta\tau p_4(t) + (1 - 4\mu\Delta\tau)p_5(t)
 \end{aligned}$$

となる。微分方程式は，

$$\begin{aligned}
 \frac{dp_0}{dt} &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \\
 \frac{dp_1}{dt} &= \lambda p_0(t) - (\lambda + \mu)p_1(t) + 2\mu p_2(t) \\
 \frac{dp_2}{dt} &= \lambda p_1(t) - (\lambda + 2\mu)p_2(t) + 3\mu p_3(t) \\
 \frac{dp_3}{dt} &= \lambda p_2(t) - (\lambda + 3\mu)p_3(t) + 4\mu p_4(t) \\
 \frac{dp_4}{dt} &= \lambda p_3(t) - (\lambda + \mu)p_4(t) + 4\mu p_5(t) \\
 \frac{dp_5}{dt} &= \lambda p_4(t) - 4\mu p_5(t)
 \end{aligned}$$

となる。定常解の方程式は，

$$\begin{aligned}
 -\lambda p_0^* + \mu p_1^* &= 0 \\
 \lambda p_0^* - (\lambda + \mu)p_1^* + 2\mu p_2^* &= 0 \\
 \lambda p_1^* - (\lambda + 2\mu)p_2^* + 3\mu p_3^* &= 0 \\
 \lambda p_2^* - (\lambda + 3\mu)p_3^* + 4\mu p_4^* &= 0 \\
 \lambda p_3^* - (\lambda + 4\mu)p_4^* + 4\mu p_5^* &= 0 \\
 \lambda p_4^* - 4\mu p_5^* &= 0
 \end{aligned}$$

である。 $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ とおけば，

$$\begin{aligned}
 p_1^* - \rho p_0^* &= 0 \\
 p_2^* - \frac{\rho}{2}p_1^* &= \frac{1}{2}(p_1^* - \rho p_0^*) \\
 p_3^* - \frac{\rho}{3}p_2^* &= \frac{2}{3}\left(p_2^* - \frac{\rho}{2}p_1^*\right) \\
 p_4^* - \frac{\rho}{4}p_3^* &= \frac{3}{4}\left(p_3^* - \frac{\rho}{3}p_2^*\right) \\
 p_5^* - \frac{\rho}{4}p_4^* &= p_4^* - \frac{\rho}{4}p_3^* \\
 p_5^* - \frac{\rho}{4}p_4^* &= 0
 \end{aligned}$$

となるので，

$$p_1^* = \rho p_0^*, \quad p_2^* = \frac{1}{2} \rho p_1^*, \quad p_3^* = \frac{1}{3} \rho p_2^*, \quad p_4^* = \frac{1}{4} \rho p_3^*, \quad p_5^* = \frac{1}{4} \rho p_4^*$$

となる。従って、

$$p_1^* = \rho p_0^*, \quad p_2^* = \frac{1}{2} \rho^2 p_0^*, \quad p_3^* = \frac{1}{6} \rho^3 p_0^*, \quad p_4^* = \frac{1}{24} \rho^4 p_0^*, \quad p_5^* = \frac{1}{96} \rho^5 p_0^*$$

となる。

$$p_0^* + p_1^* + p_2^* + p_3^* + p_4^* + p_5^* = 1$$

であるから、

$$\begin{aligned} p_0^* &= \frac{1}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^3}{6} + \frac{\rho^4}{24} + \frac{\rho^5}{96}} \\ p_1^* &= \frac{\rho}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^3}{6} + \frac{\rho^4}{24} + \frac{\rho^5}{96}} \\ p_2^* &= \frac{\rho^2}{2 \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^3}{6} + \frac{\rho^4}{24} + \frac{\rho^5}{96} \right)} \\ p_3^* &= \frac{\rho^3}{6 \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^3}{6} + \frac{\rho^4}{24} + \frac{\rho^5}{96} \right)} \\ p_4^* &= \frac{\rho^4}{24 \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^3}{6} + \frac{\rho^4}{24} + \frac{\rho^5}{96} \right)} \\ p_5^* &= \frac{\rho^5}{96 \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \frac{\rho^3}{6} + \frac{\rho^4}{24} + \frac{\rho^5}{96} \right)} \end{aligned}$$

となる。

リジェクト率は、 p_5^* である。定常時の平均のシステム内のジョブ数は、次のようになる。

$$p_1^* + 2p_2^* + 3p_3^* + 4p_4^* + 5p_5^*$$

ジョブが受け付けられた時に、ジョブが投入されてから終了するまでの時間平均システム遅延を考える。受け付けられる確率は $(1 - p_5^*)$ また、自分のジョブを投入したときにシステムに存在するジョブが 0 個から 3 個の場合は、直接処理されるため平均システム遅延は $1/\mu$ となる。4 個の場合は、システムにあったジョブは平均 $1/(4\mu)$ の時間で 1 つ減少し、計算機が 1 台空いてから自分のジョブが投入され、平均 $1/\mu$ の時間で終了するので、

$$\frac{p_0^* + p_1^* + p_2^* + p_3^* + \frac{5}{4}p_4^*}{\mu(1 - p_5^*)}$$

となる。または、リトルの公式を使って、

$$\frac{p_1^* + 2p_2^* + 3p_3^* + 4p_4^* + 5p_5^*}{\lambda(1 - p_5^*)}$$

としても良い。