

スロットを用いた環状型ネットワークの 情報伝送特性

6H-7

照屋 健†
琉球大学工学部

白鳥 則郎‡
東北大学電気通信研究所

1 はじめに

環状型ネットワークにおける通信方式にはトークンリング方式とスロットリング方式があり、前者はLANなどでよく用いられており、後者は制御システムなどで活用されている。本稿ではスロットリング方式[2][3]を考察の対象とし、情報伝送率の特性を導出する。

2 定義とモデル

[定義 1] (宛先分配率) あるステーションにおいて生じたパケットの宛先がそのステーションから伝送方向へ向かって i 番目 ($1 \leq i \leq N-1$) のステーションとなる確率を d_i とおく。これを宛先分配率と呼ぶ。ここで、 $\sum_{i=1}^{N-1} d_i = 1$ 、 N は環状型ネットワーク上のステーション数を示す。

[定義 2] (宛先分配率のパターン) 宛先分配率の代表例として次のパターンを導入する。

$$d_i = \begin{cases} (1) \text{ べき乗減少形} \\ 2^{N-i-1}/(2^{N-1}-1) \\ (2) \text{ 反比例形} \\ 2(N-i)/\{N(N-1)\} \\ (3) \text{ 均等分配形} \\ 1/(N-1) \\ (4) \text{ 正比例形} \\ 2i/\{N(N-1)\} \\ (5) \text{ べき乗増加形} \\ 2^{i-1}/(2^{N-1}-1) \end{cases}$$

ただし、($1 \leq i \leq N-1$)

[定義 3] (情報伝送率) システムから単位時間当りにシステム外に流出する平均パケット数を情報伝送率とし、 Λ で示す。

ここで N と n はそれぞれステーション数と遷移数を示す。

環状型ネットワーク上に N 個のステーションを有するシステムの解析は、以下の条件のもとに行われる。

- (a) パケット長は固定とし、スロット長に等しい。
- (b) すべてのステーションの送信バッファ内に常時パケットの待ちが存在する状態(フルロードの状態)のもとで解析する。
- (c) 環状型ネットワーク上におけるパケットの伝送は単一方向で、時計廻りとする。
- (d) 発信ステーションで発生したパケットは目的ステーションで確実に受信されるものとする。
- (e) すべてのステーションにおいてパケットの宛先分配率は同一とする。

[定理 1] $N=3$ において、宛先分配率のパターンが定義 2 のタイプ (2)(3)(4) で与えられるとき、 n 回遷移後の情報伝送率は次式となる。

$$\Lambda_3(n) = \frac{1 + (-1)^n (d_2)^{n+1}}{1 + d_2} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

[定理 2] $N=4$ において、宛先分配率が定義 2 で示したパターン以外の値をとり、かつ式 $D > 0$ を満たす値をとる場合、 n 遷移後の情報伝送率は次式となる。ただし、 $D = (1 - d_1)^2 - 4d_3$ 、 $\Delta = r(\omega_1 - \omega_2)(2 - d_1 + d_3)$ 、 $\omega_1 = \exp(i\theta)$ 、 $\omega_2 = \exp(-i\theta)$ 、 $r = \sqrt{d_3}$ 、 $\theta = \pi - \tan^{-1}\{\sqrt{(4d_3 - (1 - d_1)^2)/(1 - d_1)}\}$ 。

$$\begin{aligned} \Lambda_4(n) &= \frac{1}{\Delta}(r_1 - r_2) - \frac{r_1^n}{\Delta}(1 - r_2)r_1^2 + \frac{r_2^n}{\Delta}(1 - r_1)r_2^2 \\ &= \frac{1}{\Delta}\{(r_1 - r_2) - r_1^{n+2}(1 - r_2) + r_2^{n+2}(1 - r_1)\} \end{aligned}$$

[定理 3] $N=4$ において、宛先分配率が定義 2 で示したパターン以外の値をとり、かつ式 $D = 0$ を満たす値をとる場合、 n 遷移後の情報伝送率は次式となる。

$$\Lambda_4(n) = \frac{1}{2 - d_1 + d_3} \left\{ 1 - \frac{d_3(3 - d_1)}{2} nr_0^{n-1} \right\}$$

Information Transmission Characteristics in a Slotted
Type Ring Network

Ken Teruya†

University of the Ryukyus

Senbaru 1, Nishihara, Okinawa 903-01, Japan

Norio Shiratori‡

Tohoku University

Katahira 1-1, Aoba, Sendai 980, Japan

$$+(1-d_1+d_3)r_0^n\}$$

ただし, $r_0 = -(1-d_1)/2$.

[定理 4] $N=4$ において, 宛先分配率のパターンが定義 2 のタイプ (2)(3)(4) で与えられるとき, n 回遷移後の情報伝送率は次式となる.

$$\Lambda_4(n) = \begin{cases} \frac{1}{2-d_1+d_3} \left\{ 1 - r^{n+1} \left(1 + 2 \sum_{k=0}^{(n-1)/2} \cos(2(k+1)\theta) \right) + 2r^{n+2} \sum_{k=0}^{(n-1)/2} \cos(2k+1)\theta \right\} & ; \text{ for odd } n \\ \frac{1}{2-d_1+d_3} \left\{ 1 - 2r^{n+1} \sum_{k=0}^{n/2} \cos(2k+1)\theta + r^{n+2} \left(1 + 2 \sum_{k=0}^{(n-2)/2} \cos 2(k+1)\theta \right) \right\} & ; \text{ for even } n \end{cases}$$

3 数値結果

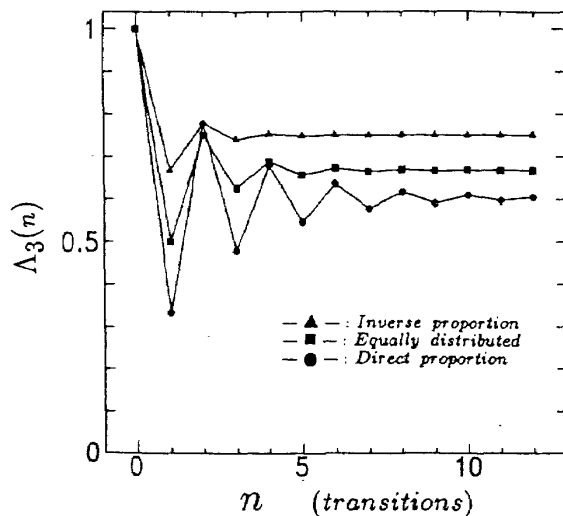


図.1 Information transmission rate (N=3)

環状型ネットワークに連結されたステーション数 N が 3 と 4 の場合における情報伝送率の特性を図.1 と図.2 に示す.

両図において, 横軸と縦軸はそれぞれ遷移数 n と情報伝送率 $\Lambda_N(n)$ を示す. 両図とも情報伝送率は 5 サイクルから 12 サイクル程度の遷移で定常状態に達することが分かる. 情報伝送率を宛先分配率が均等分形の場合と比べた場合, 正比例形の場合は定常値に達する遷移数が比較的大きく, 逆に反比例形の場合は比較的少ない遷移数でその値に達していることが分かる.

得られた結果は環状型ネットワークに連結されるステーション数が増えてくると情報伝送率の定常値は小さくなる傾向にある.

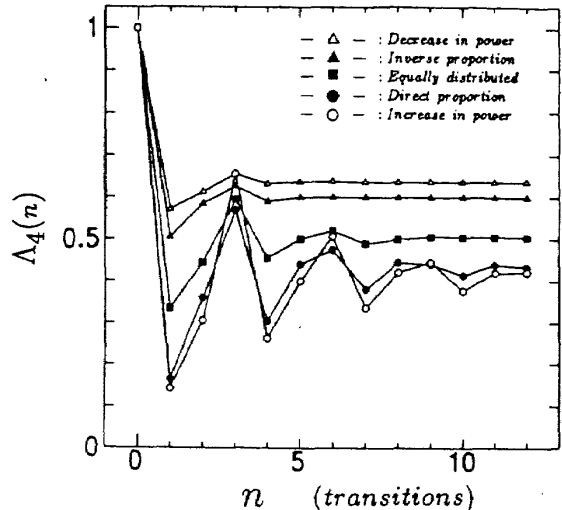


図.2 Information transmission rate (N=4)

4 おわりに

この種の環状型ネットワークでは, ステーション間のトラヒックの相互作用がある. 本研究結果は, ネットワークのトポロジーを設計する際には, ステーション間の通信トラヒックの量を考慮にいれて, それらの配置において工夫をする必要性を示唆している.

References

- [1] W. W. Chu, "Buffer behavior for Poisson arrivals and multiple synchronous constant outputs," IEEE, Trans. Commun., vol. COM-19, no.6, pp.530-534, June 1970.
- [2] K. Teruya and N. Shiratori, "Evaluation of transmission control method in a slotted ring network," IEICE Trans. A, vol. E78-A, no.11, pp.1519-1526, Nov. 1995.
- [3] 照屋, 白鳥, 野口, "スロットを用いたループネットワークの一性能評価法", 信学論 (A), J70-A, no. 2, pp. 289-300, 昭和 62-02.
- [4] W. Bux, "Local-area subnetworks: a performance comparison", IEEE Trans. Commun., vol. COM-29, no.10, pp.1465-1473, Oct. 1981.