

論 文

Link의 限定利用度 狀態에 對한 研究

正會員 金 仁 在*

A Study on the Limited Availability of the Link
in a Communication Network

In Jea KIM*, Regular Member

要 約 通信網에 있어 加入者에 對한 서비스品質을 表示하는 point-to-point congestion (局間呼損率)을 single Moment 分析法에 의해 구할 때는 link 공급 트래픽의 精確한 계산이 필수적이다. 本論文에서는 總래 link의 全利用度狀態에서 계산되었던 link 공급 트래픽이 限定利用度狀態에서 계산되어야 함을 證明하고 그 公式를 유도했다.

ABSTRACT Point-to-point congestion, a criterion by which service quality in a communication network is estimated, can be obtained by single moment method of analysis. point-to-point congestion can be computed by link blocking probability in turn is calculated by link offered traffic. Consequently, exact calculation of link offered traffic is vital to analysis of communication network. In this paper a formula which facilitates the calculation of link offered traffic in the limited available state of links, is derived.

1. 序 論

電話交換에 있어 加入者가 언제 發信하여도 失패없이 상대방을 呼出할 수 있는 完全施設은 經濟적으로 허용되지 않는다. 따라서 加入者로부터 발생된 呼(call)를 한정된 共通機器로 接續시키고 呼의 發生이 많은 경우에는 그 일부를 遮斷하거나 中繼線이 빌 때까지 기다리게 하는 등 加入者에게 크게 불편을 주지 않는 범위 내에서 施設의 經濟화를 기하고 있다.

迂回中繼方式이 사용되는 通信網에서 發信局에서 發生된 呼는 routing 계획에 따라 처음에는 直通線(direct route)을, 그것이 利用不能인 경우에는 단계적인 迂回路線을 통해 着信局으로의 接線을 試圖하게 된다. 이 때 하나의 呼가 完了되려면 그 呼가 찾아낸 path의 全링크에서 최소한

하나 이상의 빈 中繼線이 있어야 하며 그렇지 못한 경우 그 呼는 overflow되어 損失된다. 加入者에 對한 서비스品質의 尺度로 사용되는 것이 바로 이 發,着信局간의 呼가 完了되지 못한 比率을 表示하는 發,着信局간 呼損率(point to point congestion)이다.

routing 계획과 呼制御方式(call control rule)이 주어진 通信網에서 어떤 時點에 發生된 呼를 完了시키는 path는 그 時點에서의 網의 狀態에 따라 결정되지만 일반적으로 通信網에 對한 트래픽 分布는 時不變變數인 各link의 呼損率(link blocking probability)에 의해 分析된다. 그런데 이 變數 자체가 트래픽 分布의 函數로 表示되기 때문에 通信網의 分析은 反復計算過程을 통해 이루어질 수 밖에 없으며 이 과정에서 가장 중요한 것이 各link의 呼損率計算에 필수적인 링크 公供給 通화량(link offered traffic)을 精確히 計算하는 것이다.

通信網 分析에 있어 가장 간단한 방법은 이 링크 公供給 通화량을 그들의 제 1 moment인 平均(mean)에 의해 規定하여 트래픽 分布를 分析하는

* 仁川專門大學 通信科
Dept. of Communication Engineering, Incheon Junior College, Incheon, 160 Korea.
論文番號 : 82-22 (接受 1982. 11. 29)

single moment 分析法이다.¹¹⁾本論文에서는 이 single moment 分析法을 考察하고 이에 따라 링크 공급 통화량을 계산하는 과정을 분석하여 한 link 를 通過하는 carried 트래픽이 link의 全利用度(full availability)狀態¹²⁾가 아닌 限定利用度(limited availability)狀態에서 계산되어야 함을 증명할 것이다. 즉 어떤 呼에 대한 path에서 그 呼가 한 link에서 僅 中繼線을 찾았다 해도 그 link 이후의 link에서 僅 中繼線을 찾지 못하면 呼의 接續을 完了하지 못하여 그 link에 트래픽이 공급되지 않은 狀態로 간주되기 때문이다.

2. Single Moment 分析法

呼는 임의로 발생하는 것이며 그 保留時間(holding time)도 전혀 예측할 수 없다. 그러나 이와 같은 불규칙한 呼의 발생도 統計적으로 분석해 보면 어떤 時間的特徵을 갖게 된다. 즉 呼의 발생은 인간의 社會活動狀況을 그대로 반영하고 있으며 1H中 呼가 가장 많이 발생하는 1時間을 最繁時라 한다. 通信網은 이 最繁時通話量에 대해 적절한 施設과 일정한 서어비스를 줄 수 있도록 설계되어야 한다. single moment 分析法은 通信網에서의 모든 트래픽 흐름들을 그들의 제 1 moment인 平均에 의해 規定하여 通話量을 계산하는 방법이다. 다음은 single moment 分析法에 사용되는 가정들이다.^{(1),(2),(3)}

- 1) 呼의 발생은 Poisson 分布이다.
- 2) 呼의 保留時間은 陰의 指數函數적으로 分布한다.
- 3) 通信網은 統計적으로 等價이다.
- 4) 交換點에서의 損失은 없다.
- 5) 呼設定時間(call set-up time)은 무시한다.
- 6) 遮斷된 呼는 損失되며 복귀하지 않는다.
- 7) 모든 link의 占有分布는 相互獨立的(mutually independent)이다.
- 8) 한 link에 공급된 總트래픽은 많은 獨立的 Poisson 트래픽들의 重疊인 또 하나의 Poisson 트래픽이다.

이제 single moment 分析法에서 通信網의 狀態를 표시하기 위해 사용되는 각 링크의 呼損率을 결정하는 反復計算過程을 살펴 보자. 다음은 이 計算에 사용되는 變數들이다.

- y: link의 呼損率
- x: link의 트래픽 通過確率, $x_i = 1 - y_i$
- c: link carried 트래픽 (얼량)
- a: link 공급 트래픽 (얼량)

만일 각 link의 呼損率을 알고 있다면 link carried traffic을 계산할 수 있을 것이다.

$$c = F_1(y) \tag{1}$$

각 링크에 대한 offered traffic, carried traffic 및 呼損率과의 관계는 다음과 같다.

$$c_i = a_i(1 - y_i), \quad i = 1, 2, \dots, l \tag{2}$$

여기서 l 은 그 通信網에서의 link 번호이다. 이 式(2)는 다음과 같이 다시 표시할 수 있으며

$$a_i = \frac{c_i}{1 - y_i}, \quad i = 1, 2, \dots, l \tag{3}$$

이것을 더 간단히 표시하면 다음과 같다.

$$a = F_2(c) \tag{4}$$

또한 가정에 따라 각 link에 대한 呼의 도착도 Poisson 分布이므로 각 link의 呼損率은 Erlang의 공식에 따라 다음과 같이 결정되며

$$y_i = \frac{a_i^{N_i} / N_i!}{\sum_{k=0}^{N_i} (a_i^k / k!)}, \quad i = 1, 2, \dots, l \tag{5}$$

(N_i 는 i 번째 link의 中繼線數)

이것을 더 간단히 표시하면 다음과 같다.

$$y = F_3(a) \tag{6}$$

式(1),(4),(6)은 개념상으로

$$y = F_3\{a\} = F_3\{F_2\{c\}\} = F_3\{F_2\{F_1\{y\}\}\} = F(y) \tag{7}$$

로 표시할 수 있으며 이것은

$$y_n = F(y_n), \quad n = 0, 1, 2, \dots \tag{8}$$

이라는 循環公式으로 표시된다.¹¹⁾이러한 反復計算過程은 모든 link의 y_{n+1} 과 y_n 의 差異가 規定된 誤差(ϵ)이하가 될 때까지 反復해서 遂行된다.

3. Link의 限定利用度狀態에 대한 解釋

通信網에서 어떤 呼에 대한 path-loss sequence가 주어지고 Poisson 트래픽의 한 흐름이 임의의 path의 한 link에 공급되었을 때 그 link의 全中繼線이 사용 중이면 path에서 損失되지만 僅 中繼線을 하나라도 발견한 트래픽은 그 path의 나머지 link들이 모두 利用可能한 경우 完了되고 하나라도 利用不能이면 損失될 것이다. 이 때 나머지 link들이 하나라도 利用不能일 확률은

$$b = 1 - \prod_{k \in L_r} x_k \tag{9}$$

(L_r : 2 path의 나머지 link들의 집합)

로 표시된다. 또한 가정 5)에 따라 呼設定時間(routing 試閱時間)이 무시되므로 한 link에 공급되어 僅 中繼線을 발견한 呼일지라도 그 path의 나머지 link들이 利用不能인 경우에는 그 link에 전혀 공급되지 않은 것으로 취급되어야 한다. 이

것은 이 트래픽이 그 link에서 overflow된 것이 아니라 그 path에서 遮斷되어 迂回될 것이기 때문이다. 이러한 사실로 보아 link공급 통화량은 path의 全利用度狀態가 아니라 path의 나머지 부분이 利用不能일 확률을 감안하여 link의 限定利用度狀態에서 계산되어야 함이 타당할 것이다. 따라서 限定利用度狀態에서 link에 공급된 通話量(a')은

$$a' = a(1 - b) \tag{10}$$

로 표시되며 한 link에 공급된 總通話量(A')는

$$A' = \sum_{i=1}^n a_i (1 - b_i) \tag{11}$$

(n : 그 link에 공급된 트래픽의 흐름數)로 표시된다.

즉 각link에 공급된 Poisson트래픽은 path의 나머지 link들이 利用不能이기 때문에 損失되는 트래픽 ab 와 carried traffic $a(1 - c)(1 - y)$ 및 순수히 그 link에서 損失되는 $a(1 - b) \cdot y$ 로 분리될 수 있으며 이에 따라 式(2),(3),(5)에는 모두 a_i 대신 $a_i(1 - b_i)$ 를 代入하여 계산해야 할 것이다.

4. path-loss sequence에서의 分析

이제 임의의 交換點간의 path-loss sequence가 구성되었다 가정하고, path u_i 의 link i 에 대한 링크공급트래픽을 限定利用度 狀態에서 구해 보자.

이 交換點 간의 트래픽은 path u_1, u_2, \dots, u_{i-1} 가 지가 모두 利用不能인 경우 path u_i 에 공급된다.⁽¹⁾ path u_i 에 공급된 트래픽

$$= A \cdot P_r\{u_1, u_2, \dots, u_{i-1} \text{ congested}\} \tag{12}$$

(A : 最繁時 通話量)

path u_i 에서 link i 에 공급된 트래픽은 u_i 에서 link i 까지가 모두 利用可能한 경우이다. 따라서 link i 에 공급된 트래픽 a_i 는 다음과 같다.

$$a_i = A \cdot P_r\{u_1, u_2, \dots, u_{i-1} \text{ congested} | u_i \text{ free up to } i\} \cdot P_r\{u_i \text{ free up to } i\} \tag{13}$$

이것을 link i 이후의 link들의 利用不能狀態를 감안한 限定利用度狀態에서 계산하면

$$a_i' = A \cdot P_r\{u_1, u_2, \dots, u_{i-1} \text{ congested} | u_i \text{ free up to } i, \text{ free beyond } i\} \cdot P_r\{u_i \text{ free up to } i, \text{ free beyond } i\} \tag{14}$$

가 된다. 여기서 link의 집합 u_i' 를

$$u_i' = u_i - \{i\} \tag{15}$$

로 定義하면 a_i' 는

$$a_i' = A \cdot P_r\{u_1, u_2, \dots, u_{i-1} \text{ congested} | u_i' \text{ free}\} \cdot P_r\{u_i' \text{ free}\} \tag{16}$$

로 더욱 간단히 표시할 수 있다. 이 때

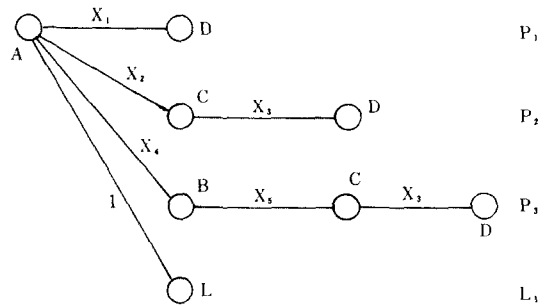


그림 1 간단한 통신망의 argued route tree
An argued route tree of a simple network.

$$u_i' = \emptyset \text{ 이면 } P_r\{u_i' \text{ free}\} = 1 \tag{17}$$

$$u_i' \neq \emptyset \text{ 이면 } P_r\{u_i' \text{ free}\} = \prod_{i \in u_i'} x_i \tag{18}$$

로 계산된다.

예로서 간단한 通信網의 argued route tree에서 path P_3 의 link $B-C$ 에 대한 링크공급 트래픽을 구해 보자. 먼저 式(14)를 이용하면

$$\begin{aligned} a_3' &= A \cdot P_r\{P_1, P_2 \text{ congested} | P_3 \text{ free up to } B-C, \text{ free beyond } B-C\} \cdot P_r\{P_3 \text{ free up to } B-C, \text{ free beyond } B-C\} \\ &= A(1 - x_1)(1 - x_2 x_3) x_3 x_4 \end{aligned} \tag{19}$$

로 계산된다. 이제 式(16)을 이용하면

$$\begin{aligned} P_3' &= P_3 - \{\text{link } B-C\} \\ &= \{\text{link } A-B, C-D\} \end{aligned} \tag{20}$$

$$\begin{aligned} a_3' &= A \cdot P_r\{P_1, P_2 \text{ congested} | P_3' \text{ free}\} \cdot P_r\{P_3' \text{ free}\} \\ &= A(1 - x_1)(1 - x_2 x_3) x_3 x_4 \end{aligned} \tag{21}$$

가 되어 그 결과는 같다.

실제의 大規模通信網을 분석할 때는 컴퓨터를 사용해야 하며 이 때 式(16)은 매우 편리하게 사용될 수 있을 것이다.

5. 結 論

迂回中繼方式이 사용되는 通信網의 分析은 한 link에도 發信局과 着信局을 달리하는 여러 종류의 트래픽이 공급되고 있으므로 매우 복잡하다. 本論文에서는 이러한 通信網의 分析에 사용되는 single moment 分析法을 考察하고 이에 따라 link공급 트래픽의 計算過程을 分析하여 이러한 link공급 트래픽들이 限定利用度狀態에서 계산되어야 함을 증명하고 이 상태에서 link공급 트래픽을 계산하는 공식을 유도하였다. single moment 分析法은 通話量分析에 가장 편리한 방법이지만 단 하나의 moment인 link의 呼損率에 의해서 通

信網의 狀態를 分析하는 것이므로 呼損率計算에 필수적인 link 공급 트래픽의 정확한 계산이야말로 가장 중요한 要素이다.

간단한 通信網의 分析에는 式(14)가 유리하지만 복잡한 대규모의 通信網에는 式(16)을 이용하는 것이 훨씬 편리할 것이다.

參 考 文 獻

(1) P. M. Lin, B. J. Leon, C. R. Stewart, "Analysis of circuit-switched networks employing Originating-office control with spill-forward," IEEE Trans. Comm. vol. 26, pp. 754

- 765, Jun. 1978.
 (2) A. Kuczura, D. Bajji, "A method of moments for the analysis of a switch communication network's performances, IEEE Trans. Comm. vol. 25, pp. 185-193, Feb. 1977.
 (3) M. D. Gaudreau, "Recursive formulas for the calculation of point-to-point congestion," IEEE Trans. Comm. vol. 28, pp. 313-316, Mar. 1980.
 (4) P. M. Lin, B. J. Leon, T. C. Huang, "A new algorithm for symbolic system Reliability analysis," IEEE Trans. Rel. vol. 25, pp. 2-15, Apr. 1976.
 (5) C. Y. Lee, "Analysis of switching networks," B. S. T. J. vol. 34, pp. 1315-1328, Nov. 1955.
 (6) A. W. Drate, Fundamentals of applied probability theory, New York: McGraw-Hill, 1967. pp. 1-185.



金 仁 在 (In Jea KIM) 正會員
 1952年 12月 3日 生
 1974年 2月 : 光云工科大學應用電子工學科卒業
 1982年 2月 : 光云工科大學學院電子通信工學科卒業 (工學碩士)
 1979年 2月 ~ 現在 : 仁川專門大學通信科專任講師