

ATM 멀티플렉서의 설계를 위한 다중화이득과 가변입력비트율과의 관계해석

(An Analysis on Multiplexing Gain vs. Variable Input Bit Rate
Relation for Designing the ATM Multiplexer)

余在興*, 林寅七**

(Jae Heung Yuh and In Chil Lim)

要約

본 논문은 전송속도가 서로 다른 다수의 비동기 비트열들을 하나의 전송선로에 혼합시키는 $N \times 1$ ATM (asynchronous transfer mode) 멀티플렉서 설계에 유용한 다중화이득과 가변입력비트율과의 관계식을 제시한다. 이를 위하여, 주기적인 입력비트 열의 속도가 랜덤하게 변할 경우, 다중화 버퍼내에서의 특정 순간에 점유되는 셀의 평균길이 (단위시간폭) 및 갯수에 대한 점유확률로부터 입력비트열의 속도와 다중화이득과의 관계를 수학적으로 유도하였으며, 유도된 관계식에 의거 입력비트열 수의 변화에 따른 입력비트속도와 다중화이득과의 관계를 해석하였다.

멀티플렉서의 다중화 속도가 무한히 클 경우에는 입력비트열의 수가 많으면 많을수록 다중화이득이 커지나, 다중화 속도가 특정값으로 한정될 경우에는 입력비트열의 수가 임계치 이상을 초과하여 계속 증가하면 오히려 다중화 이득은 떨어지게 된다. 본 논문에서는 후자의 경우로서 ATM 멀티플렉서를 설계할 때, 전체 입력비트열들의 속도의 합이 다중화출력 링크상에서의 속도에 비하여 작은 범위내에 가장 근사한 값이 되도록 입력비트열의 조합이 이루어져야 한다는 것을 논증하였다.

Abstract

This paper shows a new relational formula of multiplexing gain versus variable input bit rates useful for designing $N \times 1$ ATM (Asynchronous Transfer Mode) multiplexer which mixes several asynchronous bit streams with different transmission rates. The relation between multiplexing gain and input bit stream speeds is derived from the occupied mean length (the width per unit time) of cells and the occupation probability of the number of cells at an arbitrary instant when the rates of the periodic cell streams change randomly. And the relation between multiplexing gain and variable bit rates from different number of input bit streams is analyzed accordingly. Under the condition of unlimited multiplexing speed, the more number of input bit streams increases, the bigger the multiplexing gain becomes. While for the case which restricts the multiplexing speed to a limited value, the multiplexing gain becomes smaller contrarily as the number of input bit streams continues to increase beyond a boundary value. It is shown that for designing an ATM multiplexer according to the latter case, the combination of input bit streams should be determined such as its total bit rate is lower than, but most approximate to, the multiplexed output speed. Also the general formula evaluating the most significant parameters which should be needed to design the multiplexer is derived.

*正會員, 東洋電子通信(株) 中央研究所
(Oriental Telecom. Company, Ltd., R&D Center)

**正會員, 漢陽大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Hanyang Univ.)

接受日字: 1992年 5月 21日

I. 서 론

광대역 서비스의 특징은 처리되어지는 정보의 대역폭이 다양할 뿐만 아니라 서비스의 종류에 따라 고정비트율(constant bit rate)을 갖거나 가변비트율(variable bit rate)을 가지며, 또한 이러한 서비스들은 셀의 지연 및 손실율에 따라 서비스 품질이 크게 달라진다는 점이다.

ATM망은 구성상 155.520Mbps를 기본 전송속도로 하여 622Mbps 혹은 그 이상까지도 확장할 수 있도록 권고되고 있다. 이러한 속도의 전송로에 동질의 서비스를 다수 수용하기도 하고 또는 서로 다른 여러 종류의 서비스를 혼합하여 수용함으로써 경제적인 망 구성을 구현하는 통상적 방안으로 다중화 장치가 사용되고 있다.

ATM이 연구되어진 이래 멀티플렉서에 대한 모델링과 특성분석에 관한 많은 논문들이 발표되어 왔다. 특히, 다중화 버퍼의 아주 낮은 overflow 확률(10^{-10})을 보장하기 위하여 큐의 특성에 대한 고찰과 분석 연구가 수학적 해석에 의한 모델링을 통해 이루어졌으며 입력셀들 사이에서의 능동적인 상호관계가 밝혀져 왔다. Eckberg는 모든 입력 비트열들이 같은 주기를 가질 때 버퍼 요구 조건들을 매우 간단하게 계산할 수 있다는 것을 논증하였고,^[1] 데이터 트래픽과 관련하여 입력 burst source들의 중첩에 대한 고찰이 Anick과 Norros에 의해 이루어졌다.^[2-3] 특히, I. Norros는 실큐잉시스템(real queueing system)과 등가부동큐(equivalent fluid queue)와의 관계에 있어서 $\sum D_i/D_i$ 큐잉해석을 통한 입력트래픽 on/off source들의 중첩에 대하여 근사해석함으로써 입력 도착률 속도와 평균부동값(mean fluid value)과의 관계를 유도하였다.

실제 ATM 멀티플렉서에 있어서 음성이나 패킷데이터 등의 중첩에 대한 성능분석을 수행할 때 적용되는 큐잉모델로는 $\sum D_i/D_i$ 큐가 자주 사용되는데 이는 순간적인 다수의 입력비트열 사이에서 평균지연율이나 중첩에 대한 근사경계값들을 유도해 내는데 편리하기 때문이다. 실예로는 Ramamurthy가 통계적 다중화기에 있어서 c 개의 트렁크로부터 입력되는 음성 패킷의 중첩에 대한 성능을 분석한 경우와^[4] Roberts가 포아송 분포에 의한 버퍼 큐분석에 있어서 서로 다른 속도를 갖는 burst 셀길이의 중첩에 대한 경계값을 매우 정확하게 근사적으로 유도한 경우 등이 있다.^[5] 특히, Roberts는 또다른 연구에서 더욱 쉽게 경계값을 계산하는 일반식을 유도하였다.^[6]

이러한 논문들은 다중화 버퍼 포화확률에 대한 향

상방법을 제시하였으며, 단일서버큐(single server queue)의 특성분석을 위한 기초이론이 되었다. 특히 매우 천천히 변하면서 도착하는 셀들의 밀도(density)에 따라 버퍼 큐의 특성이 다르게 된다는 것을 입증하였을 뿐만 아니라 멀티플렉서의 성능향상 측면에서도 많은 면들을 논증하였다.^[7-13] 예를들면, Kaniyil은 효율적인 입력속도와 서비스속도와의 관점에서 블럭킹 확률(blocking probability)의 범위를 유도함으로써 입력버퍼제한(input buffer limiting) 다중화 node의 성능향상 파라메타들을 계산하는 수식적 방법을 제안하였고,^[14] B. Ngo는 선제우선이론(preemptive priority discipline)과 후제우선이론(nonpreemptive priority discipline)을 통한 Neuts의 매트릭스 분석 접근방법을 사용하여 입력비트열의 가변 경계값을 유도하였다.^[15]

그러나 이러한 연구들은 다분히 수학적인 면에 치우쳐 있고 유도된 공식 또한 복잡하여 실제로 ATM 망의 멀티플렉서를 설계하는데 활용하기에는 적합치가 않다. 따라서 본 논문에서는 ATM만에서 고려되어야 할 멀티플렉서의 특성중 입력비트열의 속도와 다중화 이득과의 상관관계를 유도하고, 실제 ATM 멀티플렉서 설계시 유용하게 사용할 수 있는 수치해석적 결과를 보였다.

II. N×1 멀티플렉서 모델링 및 큐잉 해석

1. 분석파라메타의 설정

일반적으로 디지털 다중화는 여러개의 동질(homogeneous) 혹은 이질(heterogeneous)의 데이터 비트열들을 더 높은 전송속도의 데이터 비트열로 변환시키는 것을 말하며, 이는 경제적인 망구성뿐만 아니라 시스템 설계시 회로의 단순화(simplicity) 효과를 얻을 수 있어 여러 통신망에서 광범위하게 활용되어져 왔다. 특히 기존의 PSDN이나 PSTN의 경우 다수의 데이터 비트열들을 혼합하고 이를 다시 분리하는데는 입력데이터 비트열들이 동질이며 저속일 뿐만 아니라 동기화되어 있기 때문에 쉽게 다중화기를 설계할 수 있었다. 그러나 ATM 망의 경우에는 단순하지 않다. 특히, ATM에서의 정보는 셀이라 불리는 고정길이 block들로 이루어져 매우 짧은 시간내에 보내어지며, 또한 어떠한 전송속도라도 제공되어질 수 있는 유연성(flexibility)을 가져야하므로 멀티플렉서 설계시 망의 환경에 따라 설계하는데 고려되어야 할 사항들이 적지 않다. 예를 들면, 다수의 입력 비트열들간의 접속속도가 서로 상이하기 때문에 다중화될 때의 각각의 데이터 비트열들간의 폭과 버퍼 크기가 달

라진다는 점과, 트래픽이 높을 수록 통계적으로 채널을 할당하는 율에 차이가 생긴다는 점, 그리고 입력 비트열의 서비스 품질이 셀손실(cell loss)에 민감한 특성을 갖는다는 점 등이다. 따라서 ATM망의 멀티플렉서 설계시 중요하게 고려되어야 하는 사항중 본문에서 유도하고자 하는 멀티플렉서 모델의 분석 파라메타들은 다음과 같다.

- 1) 가변비트율(VBR)을 갖는 입력데이터 비트열의 수(N)
 - 2) 데이터비트열의 입력전송율 합($\sum \lambda$)
 - 3) 각 셀들이 다중화될 때의 다중화서비스 속도(μ)
 - 4) 다중화 이득(multiplexing gain)
 - 5) 입력 비트열의 속도와 다중화 이득(G)과의 관계
- 입력셀 stream의 속도에 따른 다중화 이득과의 관계는 설계자가 N×1 멀티플렉서를 설계하고자 할 때 몇개의 입력 데이터 stream을 어떤 속도로 다중화 하면 최적의 설계가 될 수 있는가를 알아볼 수 있는 수치해석적 결과치로서의 중요한 의미를 갖는다.

2. 모델링 및 큐잉 해석

서로 다른 주기(period)를 갖는 비트열들의 혼합을 처리하는 다중화기에 있어서 단일서버 항등서비스시간 큐(single-server constant-service-Time queue)를 고려할 때, 입력 burst내의 셀과 셀사이 도착시간 간격이 셀의 크기에 비하여 매우 길 경우에는 비록 그 입력 burst를 항등비트율로 해석할 지라도 burst 비트열들의 다중화 근점모델링(approximate modeling)을 하는데는 큰 차이가 없다.^[6]

이제 N×1 다중화 모델링을 위하여 다음과 같은 가정을 설정한다.

- 첫째, 모든 입력셀 비트열들은 서로 독립적으로 존재하며 같은 분포함수를 갖는다.
- 둘째, 다중화 버퍼는 무한용량으로 한다.
- 셋째, 모든 셀들이 다중화될 때의 다중화 지연은 무시한다.
- 넷째, 다중화 속도는 특정값으로 한정된다.
- 다섯째, 다중화 서비스 순간 각각의 다중화 버퍼에 있는 셀이 반드시 존재한다.

이러한 가정들을 토대로 하여 그림1과 같은 N×1 멀티플렉서 모델을 설정한다.

서로 다른 전송율($\lambda_i; i=1, 2, \dots, N$)을 갖는 N개의 입력데이터 비트열이 독립적으로 존재할 때, 큐의 서비스시간 및 점유셀 수를 고려하여 보자. 그림1에서 각각의 입력데이터 비트열중 특정데이터 비트열이 큐를 점유하는 시간은 그림 2와 같다.

그림2에서와 같이 특정서비스시간 t에서 큐에 존재

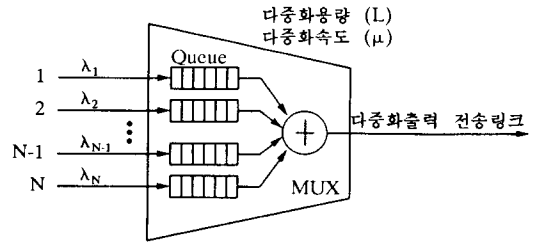


그림 1. N×1 멀티플렉서 모델
Fig. 1. N×1 Multiplexer model

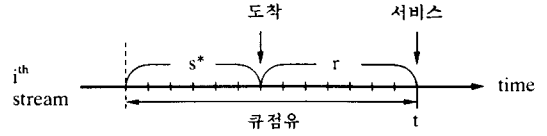


그림 2. i번째 비트열의 큐점유 시간
Fig. 2. Queue occupation time of the ith bit stream.

하는 셀의 수를 C_t 라고 하고 새로이 도착되는 셀의 수를 $B(t)$ 라고 하면, 시간간격 (u, t) 에서 큐에 점유되어 있는 셀이 서비스되는 동안 새로이 도착되는 셀의 수 $B(u, t)$ 는

$$B(t-s, t) = r + s^* \tag{1}$$

가 된다. 여기서 r 은 하나의 셀이 서비스되는 동안에 도착되는 셀의 수이며, s^* 는 하나의 셀이 서비스된 후 새로운 셀이 서비스될 때까지의 대기시간 $(t-s)$ 동안에 도착되는 셀의 수이다. 만약 서비스시간 t 동안 모든 셀이 서비스된다면 $C_{t-s}=0$ 가 된다.^[5]

(1)식에서 시간 $s=1, 2, \dots$ 에 대한 대기시간 $t-s$ 의 연속을 가정하고, $i=1, 2, \dots$ 일 때 특정시간 s_1 에 대해 $t-s_1$ 과 t 사이에 s_1^*-i 인 셀이 정확히 서비스된다면, 서비스시간 t 동안 큐에 남아 있는 셀의 수는 대기시간 $t-s_1$ 에 존재하는 셀중 새로이 서비스되어지는 셀의 수를 뺀 값이므로 C_t 는 다음과 같다.

$$C_t = B(t-s_1, t) - (s_1^* - i) \tag{2}$$

여기서 $s_1^* - i$ 는 대기시간중에 도착된 셀중 i 개가 서비스되고 남아 있는 셀의 수를 의미한다. 만약 서비스시간 t 동안 서비스되는 셀의 수가 새로이 도착되는 셀의 수보다 크다고 가정하면, 즉 $C_t > r$ 이라면, (1), (2)식은 다음과 같이 표현될 수 있다.^[6]

$$B(t-s_1, t) = r + s_1^* \tag{3}$$

(3)식은 그림1의 모델에서 개념상 i번째 큐가 서비스 되는 순간에 그 큐의 입력측에 반드시 도착되는 셀의 수를 의미한다.

이제 N개의 입력비트열들이 서로 다른 전송율 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 을 가지고 다중화기로 입력될 때 같은시간 t에서 차지하게 되는 셀의 평균길이를 각각 b_1, b_2, \dots, b_N 이라고 하고 이들이 기하분포를 이룬다고 가정하면 각각의 입력 비트열들의 평균길이와 트래픽 이용률 ρ 에 대한 확률밀도함수(pdf)는 다음과 같다.

$$P_b(k) = (1 - \rho_n) \rho_n^k \quad k \geq 0, n = 1, 2, \dots, N \quad (4)$$

이의 생성함수(generating function) $X_b(z)$ 는

$$\begin{aligned} X_b(z) &= \sum_{k=0}^{\infty} P_b(k) z^k \\ &= \frac{1 - \rho_n}{1 - \rho_n z} \end{aligned} \quad (5)$$

로 표현된다.(5)식은 모든 입력 비트열들의 평균길이 b_1, b_2, \dots, b_N 에 대하여 적용되는 확률밀도함수이며 N개의 입력 비트열들이 단위시간 t에서 k개가 burst 시간 t에 존재해야 하고 이는 곧 트래픽 이용률 ρ 를 의미하므로 이항분포함수 및 생성함수 $X_c(z)$ 는

$$\begin{aligned} C(k; N, \rho_n) &= \binom{N}{k} \rho_n^k (1 - \rho_n)^{N-k} \quad (6) \\ X_c(z) &= \sum_{k=0}^{\infty} \binom{N}{k} \rho_n^k (1 - \rho_n)^{N-k} z^k \\ &= (1 + \rho_n(z-1))^N \quad (7) \end{aligned}$$

가 된다.¹⁶⁻¹⁷ 여기서 k는 확률변수(probability variable)이고, z는 z-transform의 복소수변수(complex variable)로서 수렴구간은 $|z| < \rho^{-1}$ 이다. 특히 (5)식과 (7)식은 입력비트열의 수 N과 트래픽 이용률 ρ 로 표현된 확률함수로 exponential한 형태를 갖는다.

III. 다중화이득 계산 및 해석

1. 수학적 다중화이득 계산

고속 전송링크상에서는 데이터들의 밀집된 정도에 따라 전송효율(transmission efficiency)이 달라지게 되고, burstiness가 변하게 된다. burstiness의 변화는 전송 node에서의 큐의 특성을 결정짓게 되므로 이를 트래픽 밀도(traffic intensity)로 정의하고 다중화 특성분석의 기초로 삼는다.

트래픽 밀도는 server의 평균서비스 시간과 입력 burst의 평균도착시간과의 비로써 표현된다. 이는 입력 burst가 일정한 전송율을 가지고 멀티플렉서로 입력될 때에 다중화 서비스 속도에 대한 입력전송율의

비로 나타낼 수 있으며, 단일 server에서는 트래픽 이용률 ρ 가 1보다 작을 때 트래픽 밀도와 트래픽 이용률은 같은 값을 갖게 되므로 트래픽 이용률 ρ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\rho = \frac{\sum \lambda_n}{\mu} \quad (8)$$

여기서 μ 는 평균 다중화서비스 속도이다.

이제 다중화 용량(L)을 고려해 보자. 다중화 용량(L)이란 N개의 입력버퍼내에 점유되어 있는 셀들을 순차적으로 서비스할 때 단위시간 동안 몇개까지 서비스할 수 있나를 결정짓는 파라메타로서, 식(5),(7)을 이용하여 다중화 용량(L)을 유도한다. 즉 N개의 입력 비트열이 b_n 의 평균데이터 길이를 갖고 k개가 점유되어 출력링크로 다중화될 때, k개가 점유될 확률에 입력비트열의 점유길이를 곱하면 다중화 출력링크상에서 k개가 차지하게 될 폭을 의미하며 이는 결국 다중화 용량이(L) 되므로

$$\begin{aligned} L(z) &= X_b(z) * X_c(z) \\ &= \frac{(1 - \rho_n) \{1 + \rho_n(z-1)\}^N}{(1 - \rho_n z)} \end{aligned} \quad (9)$$

을 얻는다. z함수로 표현된 다중화용량 L(z)는 모든 입력비트열의 셀들이 같은 시간내에 독립적인 큐에 각각 점유되고 서비스되는 양을 의미한다.

(9)식은 이산분포를 이루며 수렴구간 $|z| < \rho^{-1}$ 내에서의 극한값은 순간적인 최대 다중화용량을 나타낸다. 만약 $L(z) = 1$ 이면 이는 이산분포함수에서 순간적인 다중화용량들의 합이 되고, 이때의 z값을 구하면 $z = 1$ 이 된다. 또한 (9)식의 미분값은 지수함수의 기울기로서 평균을 의미하므로 평균다중화용량은 $L'(1)$ 이 되고 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\left. \frac{dL(z)}{dz} \right|_{z=1} = \frac{\rho_n \{N(1 - \rho_n) + 1\}}{(1 - \rho_n)} \quad (10)$$

이러한 평균다중화 용량은 가변비트율을 갖는 n개의 입력 비트열들이 다중화될 때의 평균값을 의미하며 이는 결국 다중화 링크의 평균속도에 근사되어질 수 있다. 즉, 평균다중화용량은 입력 비트열의 단위시간 점유길이의 합이므로 평균다중화속도는 $L'(1)$ 과 같게 된다. 따라서 다중화 이득(G)은 평균 다중화서비스속도와 트래픽원의 전송율 합의 평균값에 대한 비로써 정의되므로 식(8)을 이용하고 이를 정리하면 다음과 같은 다중화 이득(G)에 대한 식을 간단하게 유도할 수 있다.

$$G = \frac{\text{입력전송율 합}의 \text{평균}}{\text{평균다중화 속도}} = \frac{\mu - \mu(\sum \lambda_i)}{N^2 \mu - N^2(\sum \lambda_i) + N\mu} \quad (11)$$

이 식은 다중화 용량 및 전송율에 대한 평균 값을 취해서 얻어진 것이므로 하나의 입력셀 stream에 대한 다중화란 의미가 없으며, 또한 입력 비트열들이 항등비트율(CBR)을 가질 때도 $\sum \lambda_i = \mu$ 가 되어 $G=0$ 이 되므로 의미가 없다. 따라서 식(11)은 $N \geq 2$ 이고 가변비트율(VBR)을 갖는 입력 비트열들의 혼합에만 적용되는 다중화 이득 계산식이 된다.

2. 다중화이득 해석

위에서 유도된 결과식을 토대로 다중화 이득을 해석해 보자. G가 1보다 크다는 것은 입력비트열 속도의 합이 다중화서비스속도보다 크다는 것을 의미하며, 입력되는 도착셀들이 100% 다중화되지 못하고 계속 큐에 쌓이게 됨을 나타낸다. 역으로 G가 1보다 작다는 것은 입력되는 비트수보다 다중화 서비스 용량이 크므로써, 새롭게 도착되는 셀모두를 다중화할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 이 경우, 셀들이 매우 천천히 변하면서 입력될 때에는 다중화 출력링크상에 idle한 셀들이 많이 나타나게 되고 그만큼 전송효율이 떨어지게 되므로 결국 $G=1$ 이 되는 멀티플렉서 설계가 가장 효율적임을 알 수 있다. 일반적으로 멀티플렉서의 다중화 속도가 무한히 클 경우에는 입력 비트열의 수가 많으면 많을수록 다중화 이득이 커지나, 다중화 속도가 특정값으로 한정될 경우에는 입력 비트열의 수가 임계치 이상을 초과하여 계속 증가하면 오히려 다중화 이득은 떨어지게 된다. 따라서 식(11)에 $G=1$ 을 대입시키면 다음과 같은 관계식이 얻어진다.

$$\mu - \mu(\sum \lambda_i) - N^2 \mu + N^2(\sum \lambda_i) - N\mu = 0 \quad (12)$$

식(12)는 ATM망에 있어서 서로 다른 주기를 갖는 다수의 가입자 데이터를 하나의 전송선로에 혼합하고자 할 때에, 전송속도가 주어진 상태에서 $N \times 1$ 멀티플렉서에 어떤 속도의 가입자들을 혼합하는 것이 효율적인가를, 또한 역으로 가입자들의 입력속도가 주어진 상태에서 전송속도를 얼마로 하는 것이 효율적인가를 보여준다. 따라서 식(12)는 ATM 멀티플렉서를 설계할 때에 유용하게 사용되어질 수 있는 일반식이 된다.

VI. 수학적 결과 분석

전장에서 유도된 다중화이득 계산식 (11)은 정의된 대로 입력전송율 합의 평균에 대한 평균 다중화속도의 비로 나타내어지며 ATM 멀티플렉서 설계시 중요한 3가지 파라메타인 입력비트열의 수(N), 다중서비스속도(μ), 그리고 입력비트열의 전송율의 합($\sum \lambda$)으로 구성되어 있어, 다중화 이득과의 연관관계를 분석하는데 큰 어려움이 없다.

1. 다중화이득(G)과 입력비트열 속도의 합($\sum \lambda$)과의 관계

식(11)에서 다중화서비스속도 μ 를 10Mbps로 고정시킨 상태에서 입력비트열의 수를 $N=2,4,6,8,16$ 으로 변화시켰을 때의 다중화이득과 입력비트열 속도의 합과의 관계를 그림3에 보였다.

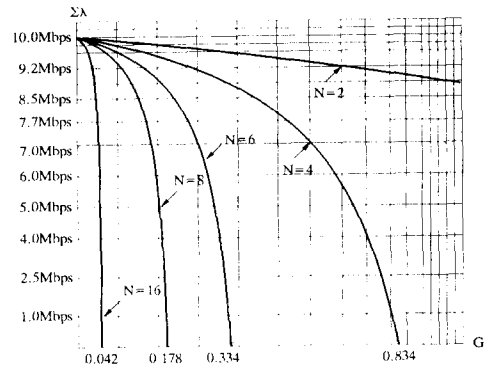


그림 3. 입력비트열 속도($\sum \lambda$)와 다중화이득(G)과의 관계 (기준값 : $\mu=10\text{Mbps}$, $N=2,4,6,8,16$ 일 때)

Fig. 3. A relation between rates of input bit streams ($\sum \lambda$) and multiplexing gain(G) (values : $\mu=10\text{Mbps}$, $N=2,4,6,8,16$)

그림3에서 보듯이, 입력비트열의 수 N이 작은 값을 가질수록 다중화이득의 변화치는 큰 값을 가지며, 입력비트열 속도의 합이 클수록 다중화이득은 반대로 작아짐을 알 수 있다. 또한, $\sum \lambda = \mu$ 이면 다중화이득은 $G=0$ 이 되고, $\sum \lambda > \mu$ 이면 다중화이득은 0에 수렴하게 된다. 다중화이득이 0이거나 0에 수렴한다는 것은 다중화 버퍼가 overflow 상태가 되는 것을 의미하며 이때의 새로 도착하는 셀들은 다중화서비스를 받지 못하게 되므로 계속 큐에 쌓이게 되고, 그만큼 셀손실율이 커지게 됨을 나타낸다.

2. 다중화이득(G)과 다중화서비스속도(μ)와의 관계

그림 4는 그림3과는 반대로 입력비트열 속도의 합 $\sum\lambda$ 를 10Mbps로 고정시키고 입력비트열의 수를 $N=2,4,6,8,16$ 으로 변화시킨 상태에서 다중화서비스속도 μ 의 변화에 따른 다중화이득 G의 변화치를 나타낸 그래프이다.

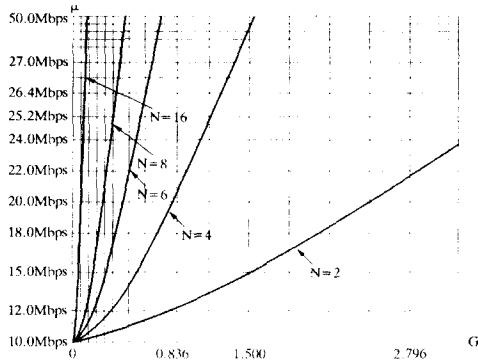


그림 4. 다중화서비스속도(μ)와 다중화이득(G)과의 관계 (기준값: $\sum\lambda=10Mbps$, $N=2,4,6,8,16$ 일때)

Fig. 4. A relation between the multiplexing service rate(μ) and multiplexing gain(G) (values : $\sum\lambda=10Mbps$, $N=2,4,6,8,16$).

그림 3에서 $\sum\lambda$ 가 μ 보다 무한히 크거나 같으면 다중화이득은 $G=0$ 이 되므로 그림4는 $\sum\lambda < \mu$ 일때의 관계를 나타낸다. 그래프에서 N이 작은 값을 가질수록 다중화이득은 큰 폭으로 증가함을 알 수 있다. 그리고 다중화서비스속도가 입력비트열 속도의 합보다 큰 값으로 변화해감에 따라 다중화이득은 증가하되, N이 큰 값일 때는 작은 값일 때보다 G의 변화율이 작다는 것을 나타낸다. 이는 ATM 멀티플렉서를 설계할 때에, 다중화서비스속도를 높이거나 입력비트열의 수를 적게한다고 큰 다중화이득치를 얻는 것이 아니라 입력비트열의 조합을 그들의 속도의 합이 다중화 출력링크상에서의 속도보다 작은 범위내에 가장 근접한 값으로 설정하여야 한다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 ATM을 사용하는 망에서 $N \times 1$ 멀티플렉서의 설계에 활용될 수 있는 가변적인 입력비트열의 속도와 다중화 서비스 속도, 그리고 입력 비트열의 수를 파라메타로 하는 다중화이득 계산식을

유도하였고, 그에 따른 수치해석 결과를 그래프로 나타내었다. 또한 다중화 버퍼의 overflow로 인한 셀손실을 없애는 동시에 큰 다중화 이득을 얻는 ATM 다중화기를 설계하고자 할 때에는 입력 비트열들의 속도의 합이 다중화출력 링크상에서의 속도에 비하여 작은 범위내에 있도록 하되 근사될 수 있는 속도가 되도록 입력 비트열의 조합을 적절하게 택하여 $N \times 1$ 멀티플렉서를 설계하여야 함을 밝혔다.

기존의 ATM 다중화기에 대한 연구논문들이 수학적 개념에 의해 성능분석만을 필요이상 지나치게 세부적으로 다루었고 유도된 계산식 또한 매우 복잡하고 사용하기 어려운 반면, 본 논문에서 유도한 계산식은 간단하면서도 가장 중요한 파라메타들로 이루어졌다는 점 때문에 ATM 다중화기를 설계할 때 쉽고 유용하게 사용될 수 있다.

參 考 文 獻

- [1] Eckberg A.E. "The single server queue with periodic arrival process and deterministic service time", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 27, pp. 556-562, March 1979.
- [2] Anick D., Mitra D., Sondhi M.M, "Stochastic theory of a data handling system with multiple resources", *Bell syst Tech J.* vol. 61, no. 8, pp. 1871-1894, 1982.
- [3] I. Norros, J.W. Roberts, A. Simonian, J.T. Virtamo, "The superposition of variable bit rate sources in an ATM multiplexer", *IEEE J. SAC*, vol. 9, no. 3, pp. 378-387, April 1991.
- [4] G. Ramamurthy, B.Sengupta, "Delay analysis of a packet voice multiplexer by the $D_r/D/1$ Queue", *IEEE Transactions on Comm.*, vol. 39, no. 7, pp. 1107-1114, July 1991.
- [5] Roberts J.W., Virtamo J.T, "The superposition of interrupted Poisson Processes and its application to packetized voice multiplexers". Paper3. 1B2, May 1988.
- [6] J.T. Virtamo, J.W. Robert, "Evaluation buffer requirements in an ATM Multiplexer," *IEEE JSAC*, pp. 1473-1477, January 1989.
- [7] Hisashi Kobayashi, Alan G. Konheim, "Queueing models for computer communications system analysis", *IEEE Transactions on Communications*, vol. con-25, no.1, January 1977.
- [8] Hui, J.Y. "Resource allocation for broadband networks", *IEEE J SAC*, vol. 6, no. 9, pp. 1598-1608, December 1988.

- [9] 정상국, "ATM Mux의 성능분석에 관한 연구," 한국통신 경영과 기술, 9월호, 1991.
- [10] D. Bertsekas and R. Gallager, "Data Networks", Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1987.
- [11] Y.M. Lin, J.A. Silvester, "Priority queueing strategics and buffer allocation protocols for traffic control at an ATM integrated broadband switching system," *IEEE J SAC*, vol. 9, no. 9, pp. 1524-1536, December 1991.
- [12] O.J. Boxma, J.W. Cohen, "The M/G/1 Queue with permanant customers", *IEEE J SAC* vol. 9, no. 2, pp. 179-184, February 1991.
- [13] H.Saito, "Optimal queueing discipline for real-time traffic at ATM switching nodes," *IEEE Transactions on Comm.*, vol. 38, no. 12, pp. 2131-2136. December 1990.
- [14] J. Kaniyil, Y.Onozato, K. Katayama, S. Noguchi, "Input buffer limiting :Behavior analysis of a node throughput the range of blocking probabilities," *IEEE Transactions on Comm.*, vol. 39, no. 12, pp. 1813-1822, December 1991.
- [15] B. Ngo, H. Lee, "Queueing analysis of traffic access control strategics with preemptive and nonpreemptive disciplines in wideband integrated networks", *IEEE J SAC* vol 9, no. 7, pp. 1093-1109, September 1991.
- [16] H. Kobayashi, "Modeling and analysis," Addison Wesley Publishing Co., pp. 38-61, 1978.
- [17] Leonard Kleinrock, "Queueing systems", Vol. I: Theory, Wiley, 1975.
- [18] Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer. Digital Signal Processing, Prentice-hall, Inc., 1975.

 著 者 紹 介

余 在 興 (正會員) 第29卷 A編 第8號 參照
 현재 동양전자통신(주)전무,
 중앙연구소장

林 寅 七 (正會員) 第25卷 第8號 參照
 현재 한양대학교 전자공학과
 교수.