

음성/비음성트래픽을 위한 최적 대역폭 설계에 관한 연구

김재열, 이관하
한국전기통신공사 사업지원단

The optimal bandwidth allocation in multiplexing
Voice/nonvoice traffic

KIM JAEYEOL, LEE KWANHA

K.T.A. R.C.

Abstract

The switching system and transport will be developed and serve as hybrid switching system and link respectively according to the needs of mixed voice and data service in ISDN era.

This paper describes a theory of optimal bandwidth allocation in multiplexing voice and non-voice traffic, and analyzes traffic performances on a model network

I. 서론

통신서비스의 추세는 음성서비스를 근간으로 데이터서비스의 양이 점차 증가하고 있다. 정보화 사회의 도래와 함께 양적인 면에서 기하급수적으로 증가할 것이며 서비스의 종류도 다양화 될 것이다.

현재 각 데이터서비스는 독립적인 망을 구성하여 서비스하고 있으나, 통신망의 꽃인 종합정보통신망이 구성되면 독립적으로 서비스되는 망을 통합 수용하게 된다. 본 통신망의 특징은 사용자로 하여금 편리하게 사용할 수 있고 망 제공자에게도 운용, 관리, 투자효율을 증대시킬 수 있도록 end-to-end digital connectivity 를 이룩하는 것이다. 통신망의 통합은 가입자 대내 장치 전송 교환시스템 손으로 이루어질 것이며 전송 시설은 서비스 별로 용량을 분할하는 기술, 음성 및 비음성 트래픽을 다중화 전송하는 통합기술이 적용 될 것이다.

본 논문은 하이브리드 전송로에서 음성/비음성 트래픽을 다중화 전송하는 기술의 일환으로 전송 대역폭의 최적용량을 할당하는 알고리즘을 기술하였고 이에 대한 성능을 평가하였다.

II. 음성/비음성 트래픽 다중화를 위한 최적용량 할당

1. ISDN의 트래픽 특성

ISDN망의 설계, 계획을 위해서는 현재의 트래픽 특성과 상이한 트래픽 모델이 도입되어야 한다. 이와 같은 트래픽 모델링하는 데에는 서로 다른 교환방식의 호처리와 각각의 특성이 다른 호처리 방법을 정립해야 한다. 위 조건을 해결하기 위해서는 ISDN망의 서비스별 가입자 특성을 분석하고, 통신망 및 교환시설의 설계에 필요한 가입자망 인터페이스, 교환시스템내의 호구성 방법, 프로토콜 계획 등에 관한 기본사항과 음성/비음성 트래픽 특성, 가입자망 인터페이스(UNI)에서의 가입자 처리 모델을 분석해야 한다.

ISDN에서 서비스는 CCITT 권고 I.200 에 정의되어 있다. 이들 음성/비음성서비스는 회선교환접속 및 패킷교환접속, 데이터베이스 처리방법과 같은 망 기본으로 구축된 시설간의 신호방식 또한 사용자간 end-to-end 신호방식, 통신의 결합 등의 기본 기능을 제공하는 ISDN에서 제공될 것이다. 또한 각각의 서비스는 처리 방법에 따라 동시 서비스가 가능하다. 따라서 전송로상에서도 여러 서비스 정보를 동시 처리해야 하며 동 특성에 적합한 트래픽 모델링을 구성하기 위해서 end-to-end간의 communication context 내에서의 정보흐름, 즉 사용자 정보와 제어 정보에 대한 분석이 선행되어야 한다.

트래픽 모델링을 위한 파라미터, 서비스 특성을 토대로 ISDN에서 제공되는 트래픽의 특성을 분류해 보면 회선교환트래픽과 패킷교환트래픽으로 대별된다.

직을 변수로 한 함수를 취하거나 트래픽 변화 패턴을 그대로 취하는 방법이 있다. 회선교환 방식에 대한 성능평가 이론은 회선교환트래픽에 따라 다르며 이에 대한 분석은 계속 연구되고 있다.

하이브리드 링크의 프레임 길이와 경계본할 방식에 따라 다음과 같이 네가지로 구분된다. 고정프레임고정할당식(Fixed Frame Fixed Boundary) 고정프레임가변할당식(" " Movable ") 가변프레임고정할당식(Variable " Fixed ") 가변프레임가변할당식(" " Movable "), 프레임 길이에서 고정식은 현 디지털 교환기에 서는 가능하며, 가변프레임의 적용은 새로운 교환시스템을 필요로 하고 있다.

1) 고정할당방법

프레임의 타임스롯할당은 회선교환트래픽에 따라 경계점을 분할하며 확정된 회선교환용 타임스롯은 패킷교환용 타임스롯을 사용하지 못하는 방식을 고정할당방식이라 한다. 이 설계 방식은 회선교환트래픽이 많고 패킷교환트래픽이 적을 때 패킷타임스롯을 사용하지 못하므로 전송효율이 낮은 단점이 있다.

2) 가변할당방법

프레임의 스롯을 두 그룹 N_c 와 N_p 으로 분할하여, N_p 는 패킷트래픽을 위한 스롯으로, 다른 그룹 N_c 은 회선교환트래픽과 패킷트래픽이 사용토록 하나 단 회선교환트래픽에 우선권이 있다. N_c 의 스롯이 패킷가입자에게 할당될 예정이라도 회선교환가입자의 사용이 우선이다.

3. 성능평가 파라미터

하이브리드 링크의 성능을 평가하는 방법으로 회선교환트래픽은 손실확률, 패킷트래픽은 지연시간으로 평가한다. 성능평가 모델은 손실치 산출로 어랑 B 가 적용되며 지연시간의 산출식으로 새로운 식이 유도되고 있다.

3. 1 회선교환트래픽의 손실확률

하이브리드 링크 중 회선교환트래픽 손실확률을 산출하기 위해서는 약식으로 어랑 B 공식을 사용해도 충분하다.

회선교환호의 발생이 포아슨 분포이고, 평균호 발생률을 i , 보류시간 $1/\mu$ 는 지수분포, 프레임의 시간길이를 b 초, 프레임당 회선교환 스롯수를 S 라 가정하면 회선교환트래픽의 손실확률

B 는

$$B_i = B(a, s) = \frac{a^s / s!}{\sum_{i=0}^s \frac{a^i}{i!}} \quad (1)$$

단, $a = \lambda/\mu$

로 나타낼 수 있다. 손실의 평균은 회선교환트래픽을 이용한 가중평균치를 이용한다.

$$\bar{B} = \frac{\sum a_i B_i}{A} \quad (2)$$

단, A : 총 트래픽

3. 2 패킷교환트래픽의 지연시간

패킷호는 교환기에 도착하면 일단 버퍼에 축적된다. 이후 채널은 일정한 간격으로 프레임의 일정기간 동안 패킷을 전송한다. 프레임 관리정책과 스터어드레싱에 따라 회선교환 및 패킷교환 스터들은 프레임내 임의의 점에 위치하기도 하고 또는 프레임내 특정구역으로 할당된다. 시스템내 패킷의 도착확률이 포아슨 분포라 가정하면 평균패킷 지연시간 T_1 는 다음 식과 같다.

$$T_1 = \frac{t}{2} \frac{(2 - \theta t)}{(\delta - \theta t)} = \frac{p(2C_1 - u_1)}{2C_1(C_1\delta - u_1)} \quad (3)$$

단, p : 패킷 사이즈 (bits)

C : CH 용량 / 초 (bits)

u : θp

θ : 평균패킷도착율 / 초

δ : 회선교환트래픽의 점유율

평균지연시간은 데이터 트래픽을 이용한 가중 평균을 적용한다.

$$\bar{T} = \sum f_i T_i / r_o \quad (4)$$

단, r_o : 초당 총 패킷처리량

4. 하이브리드 링크의 최적용량 할당

통신망에서 링크의 용량 할당은 모든 하이브리드 링크 비용의 합이 최소화가 될 때의 용량으로 한다. 문제해결을 하기 위해서는 노드(1, . . . NN), 링크(1, . . . NA), 회선교환트래픽, 패킷트래픽, 초당 총 패킷트래픽 수요가 주어진다.

링크 비용(D_i)대 용량(C_i)의 관계를 함수로 표현하면

$$D_i = (K_1 + K_2 d_i^r) \cdot C_i^\alpha \quad (5)$$

단, K₁, K₂, r, α : 상수

i : 1, ..., NA

d : Mileage of Link i

이고, 이 때 제약조건으로 평균 end-to-end 지연시간이 주어지면 비용을 최소화하는 식은 비선형 프로그래밍을 이용하여 비용 D 를 목적함수로 하여 해를 구한다.

$$\text{Min } D = \sum_{i=1}^{NA} D_i \quad (6)$$

제한조건은

$$\frac{1}{r_p} \sum f_i T_i \leq \bar{T} \quad (7)$$

$$\text{단, } T_i = \frac{p}{2C_i} \cdot \frac{2C_i - f_i}{C_i - V_i - f_i}$$

r_p = 총 패킷트래픽 / 초

p = 패킷사이즈

이다.

(5), (6) 식 조건을 만족하는 해는 비선형프로그래밍에서 Lagrangian Multiplier 방법을 이용하면 (5), (6) 는 다음과 같이 된다.

$$\text{Min } G(\beta, C_1, C_2, \dots, C_{NA}) \quad (8)$$

$$= \sum_{i=1}^{NA} D_i + \beta \left[\frac{1}{r_p} \sum_{i=1}^{NA} f_i T_i - \bar{T} \right]$$

위 식에서 총비용을 최소화하는 조건은 각 변수에 대한 미분값을 0 으로 할 때이다.

$$\nabla_c G = \frac{\sum \nabla_c G_i}{i} + \beta \left[\frac{1}{r_p} \sum f_i \frac{\nabla_c T_i}{ii} - \frac{\nabla_c \bar{T}}{iii} \right] = 0 \quad (9)$$

(9) 식의 각 항 i), ii), iii) 을 미분 전개하면

$$i) \nabla_c D_i = \nabla_c (K_1 + K_2 d_i^r) \cdot C_i^\alpha \quad (10)$$

$$= \begin{bmatrix} \alpha(K_1 + K_2 d_i^r) \cdot C_i^{\alpha-1} \\ \vdots \\ \alpha(K_1 + K_2 d_i^r) \cdot C_i^{\alpha-1} \\ \vdots \\ \alpha(K_1 + K_2 d_i^r) \cdot C_i^{\alpha-1} \end{bmatrix}$$

$$ii) \nabla_c T_i = \nabla_c \left(\frac{p}{2C_i} \cdot \frac{2C_i - f_i}{C_i - V_i - f_i} \right) \quad (11)$$

$$= \frac{2P \cdot 2C_i(C_i - V_i - f_i) - P(2C_i - f_i)(4C_i - 2V_i - 2f_i)}{4C_i^2(C_i - V_i - f_i)^2}$$

$$= \frac{-P[(2C_i - f_i)^2 + f_i(2V_i + f_i)]}{4C_i^2(C_i - V_i - f_i)^2}$$

$$iii) \nabla_c \bar{T} = 0 \quad (12)$$

다

$(\nabla_c G)_i$ = 벡터 ∇G 의 i 번째 항목이므로

$$(\nabla_c G)_i = \alpha(K_1 + K_2 d_i^r) C_i^{\alpha-1} - \frac{\beta}{r_p} f_i \left[\frac{P}{4} \cdot \right. \quad (13)$$

$$\left. \frac{(2C_i - f_i)^2 + f_i(2V_i + f_i)}{C_i^2 \cdot (C_i - V_i - f_i)^2} \right] = 0$$

또한

$$\beta \left[\frac{1}{r_p} \sum_{i=1}^{NA} f_i \cdot T_i - \bar{T} \right] = 0 \quad (14)$$

$$\beta \geq 0$$

이므로, 위 식을 정리하면

$$4\alpha(K_1 + K_2 d_i^r) \cdot C_i^{\alpha-1} \quad (15)$$

$$= \frac{\beta P}{r_p} f_i [(2C_i - f_i)^2 + f_i(2V_i + f_i)]$$

$$\bar{T} = \frac{P}{r_p} \sum \frac{f_i}{2C_i} \cdot \frac{2C_i - f_i}{C_i - V_i - f_i} \quad (16)$$

가 된다. 이 때 f_i, V_i 값은

$$C_i \geq V_i + f_i$$

를 만족 해야 한다.

III. 시뮬레이션

앞장에서는 하이브리드 링크에서 회선교환 트래픽과 패킷교환트래픽이 혼합되어 입력된 트래픽의 전송을 위한 최적용량 산출 이론을 기술하였다. 본 장에서는 제한된 전송로(T₁)에서 두 트래픽 양의 변화에 따른 효율을 2장에서 기술한 이론을 적용하여 FFFB와 FFMB 을 비교 분석해 보았다.

1. 단일 전송로

1) 가정

- 전송용량 : 1.544 Mbps
- 음성디지틀 속도: 64 kbps
- 프레임 길이 : 10 ms
- 서비스 수준 : B ≤ 0.01

2) 데이터

- 회선교환트래픽 : 1 - 20 ERL
- 패킷교환트래픽 : 100 - 500 kbps

3) 분석방법

- 할당된 데이터트래픽 f_i 에 대해서 회선교환트래픽을 변화시켰을 때 데이터트래픽을 처리하는 데 필요한 지연시간 T_i 산출한다.
- 고정할당식의 경계점 S 는 10 스퀫 부터 19스퀘트까지 변경하였다.
- 데이터트래픽 f_i 는 100 kbps 단위로 변경하였다.

· 식 (3) 에서 V_i 는

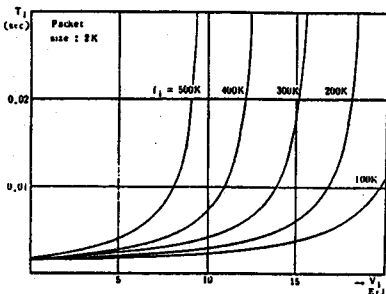
고정할당식: 회선교환용 스퀫 S 의 용량

가변할당식: 운반트래픽이다.

4) 분석결과

고정할당식에서 데이터트래픽은 Packet 사이즈에 따라 T_i 값은 다르지만 f_i 가 300 kbps 에서는 회선교환트래픽 스퀫수가 18에서 급격히 증가하였고 f_i 가 500 kbps 에서는 15 스퀫 이상에서 급격한 상승을 하였다.

가변할당식에서는 회선교환트래픽의 서비스 수준을 우선으로 한다. B 는 $= 1\%$ 를 유지하는 시점에서 T_i 의 변화를 보면 f_i 가 300 kbps인 경우 그림 (2) 와 같이 V_i 가 15ERL 이상에서 급격한 증가를 하였고, f_i 가 700 kbps인 경우 V_i 가 12 ERL 에서 급격한 상승을 보였다. 즉, f_i 가 증가하면 할 수록 어느 일정한 T_i 를 유지하기 위해서는 회선교환트래픽은 제한됨을 알 수 있다.



(그림 2) 회선트래픽 과 패킷트래픽

2. 모델망

1) 가정

- 각 하이브리드 링크 용량: 1.544 Mbps
- 음성디지털 속도: 64 kbps
- 프레임 길이 : 10 ms

· 패킷사이즈 : 2K bits

2) 데이터

- 각 노드의 트래픽은 표 1과 같다.
- 직통회선이 없는 구간을 중계교환국을 경유한다.

표 1 Voice/Data Carried Traffic

(ERL/Kbits)

	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6
N_1	0	6/100	18/200	-	-	-
N_2	6/100	0	13/200	-	-	-
N_3	17/200	12/200	0	11/150	8/50	9/50
N_4	-	-	18/200	0	-	-
N_5	-	-	15/100	-	0	-
N_6	-	-	13/100	-	-	0

3) 분석

- 분석방법은 단일 링크 모델에 적용한 방법과 동일하다.

4) 결과 검토

각 할당방법에 대한 성능 파라미터는 표 2과 같이 고정할당식보다 가변할당식의 회선교환트래픽 및 패킷교환트래픽에 대한 성능 파라미터와 서비스수준이 향상되었음을 알 수 있다.

표 2 Performance of Model Network

	고정할당식	가변할당식
B	0.03776	0.00723
T	0.007231	0.005065

IV. 결론

종합정보통신망에서 음성-비음성서비스가 동시에 제공가능함에 따라 통신망의 설계, 계획하는 데 있어 현 설계 알고리즘보다 매우 복잡하게 된다. 통신망의 설계를 위한 ISDN 트래픽 모델은 각 국별로 연구되고 있는 상태이며 트래픽 이론 관련자들의 연구가 기대되고 있다. 트래픽의 공통적 처리를 위한 트래픽 파라미터 정의, 서비스수준 파라미터 제어정보의 프로토콜 표준화와 함께 트래픽 모델링의 표준화가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 망설계시 서비스를 처리하는 교환시스템간의 하이브리드 링크 용량 결정 및 할당 이론을 분석해 보았다. 앞으로 연구해야 할 문제는 신규도입 서비스와 함께 이에 적합한 설계 알고리즘을 정립해 나가야 한다.