

다중 ON-OFF 소스에 대한 ISDN AO/DI 기능의 성능분석

정희원 이 구 연*

Performance Analysis of ISDN AO/DI Scheme with Multiple ON-OFF sources

Goo Yeon Lee* *Regular Member*

요 약

ISDN은 사용자에게 $mB+1D$ 의 channel을 제공한다. AO/DI기능은 D-channel을 통하여 저속의 지속적인 연결을 제공하며 고속의 통신이 필요한 경우에는 B-channel을 통하여 고속의 대역폭을 제공한다. 본 논문에서는 ISDN 환경에서의 다중 ON-OFF 소스에 대한 AO/DI기능의 성능분석을 수행한다. 다중 ON-OFF 소스가 하나의 $mB+1D$ ISDN 링크를 통하여 연결되어 있는 상황을 가정한다. AO/DI 기능이 구현안된 경우 요구되는 대역폭은 모든 소스의 피크 대역폭의 합으로 주어지나 AO/DI 기능이 구현된 경우에는 실제로 사용되어지는 대역폭에 근접하게 대역폭이 할당된다.

ABSTRACT

ISDN provides $mB+1D$ channel to users. An AO/DI scheme means D-channel can be used for a permanent low speed connection. When user needs more bandwidth for high speed transfer, the AO/DI scheme automatically provide greater capacity in the shape of ISDN B-channels. In this paper, we analyze the performance of the AO/DI scheme with multiple ON-OFF sources in ISDN. We consider multiple ON-OFF sources connected through $mB+1D$ ISDN link. Without the AO/DI scheme, the required bandwidth will be the sum of peak bandwidth of all sources. With the implementation of the AO/DI scheme, the required bandwidth is reduced to what is really needed.

I. 서론

여러 장소에 분산되어 있는 회사들간의 통신에서 뿐만아니라 일부 가정에서 근무하는 재택근로자들에 의한 회사와의 통신, 또는 최근 급증하고 있는 인터넷광들에 의한 통신은 많은 경우 현재의 전화망을 통하여 이루어지고 있다. 그러나 이러한 전화망을 통한 평범한 통신은 많은 근원적인 제약과 갖고 있으며 그러한 한계를 뛰어 넘는 새로운 통신방법에 대한 방향이 모색되고 있다.

최근까지의 전화망은 음성신호를 전달하는데 주로 이용되어 왔으며 가끔 팩스나 모뎀을 이용한 데이터의 전송에도 사용되어 왔다. 그러나 점차적으로 동일한 전화망을 통하여 원격지 LAN의 접속이나 WEB 탐색, 또는 큰 파일의 전송에도 이용되는 경우가 많아지고 있다. 점차 고속화 되어 가고 있는 모뎀이나 기간망의 확장등을 통하여 만족스러운 데이터 전송속도를 제공하고 있으나, 보다 고속화된 대역폭을 제공하기 위한 해법을 찾기위한 노력은 전화망 사업자나 케이블 TV 사업자등에 의해서 여전히 계속되고 있다.

* 강원대학교 컴퓨터·정보통신공학부(leegyoon@cc.kangwon.ac.kr)

논문번호 : 99024-0121, 접수일자 : 1999년 1월 21일

※ 본 연구는 정보통신부의 정보통신 우수시범학교 지원사업에 의하여 수행하였습니다.

케이블 회사들은 각 가정에 1Mbps가 넘는 속도를 제공할 수 있는 케이블 모뎀을 설치하고 회선을 가설할 것이라고 주장하고 있으며 대부분의 전화 회사들은 다양한 측면에서 가정이나 회사등 가입자에게 고속의 대역폭을 제공하기위한 기술로 여러가지 형태의 Digital Subscriber Line 기술에 초점을 맞추고 있다. 그러나 어느 경우에서나 가입자들은 과연 언제 그러한 서비스가 실제로 제공될 것인지에 대하여 확신을 갖지 못하고 있으며, 또한 어떤 서비스가 가입자들의 요구에 가장 적합한 것인지에 대하여서도 아직 정확한 판단을 내리지 못하고 있다.

ISDN은 10여년에 걸쳐 개발되어 왔으며 BRI (Basic Rate Interface)[1]의 경우 128Kbps까지의 속도를 가입자에게 제공할 수 있는 시스템으로 현재 서비스 되고 있으며 또한 바로 확산되어 질 수 있는 서비스이다. 전화망 및 패킷 데이터망과 바로 연동 되므로 기존의 보유 설비를 활용하여 전개하고 서비스를 제공할 수 있다. 현재의 인터넷등의 기간망의 속도가 저속임을 고려할 때 케이블모뎀이나 Digital Subscriber Line등의 기술은 과다한 용량의 접속 속도의 제공을 목표로 하고 있으며, 오히려 가장 적절한 속도의 접속규격을 제공하는 기술은 ISDN 기술로 판단된다.

현재의 많은 통신 사용자가 통신 용량 측면에서 혼잡을 겪고 있다고 해서 단지 단말기의 전송속도를 높이고 통신망을 고속화해야 한다고 생각 할 수 있으나, 그러한 가정을 하기전에 먼저 과연 통신 사용자들이 요구하고 또 실제로 필요한 것이 무엇인가에 대하여 알아보는 것이 필요하다.

많은 통신사업자들은 고속의 대역폭이 통신 사용자에게 필수적이라고 생각하고 있으나, 현실적으로는 고속의 대역폭외에도 다른 여러 요소들이 필요하다. 즉 단순히 대역폭을 확대하는 것뿐만 아니라 실제로 필요한 것은 필요시에 필요한 양만큼의 대역폭을 이용할 수 있는 새로운 연결 시스템이다. 즉 사용하지 않는 대역폭에 대한 비용의 지불이 불합리하다는 의미이다.

이러한 요구사항을 가장 잘 만족시키는 기법중의 하나가 바로 AO/DI(Always On/Dynamic ISDN)으로 ISDN을 이용한 새로운 연결 제어 시스템이다. ISDN은 신뢰성있는 데이터 전송을 수행하며 또한 전화망을 이용한 모뎀이나 팩스 음성연결의 접속속도에 비하여 훨씬 빠른 연결 설정 시간을 갖고 있다. AO/DI는 이러한 ISDN의 시스템에 항상 연결

되는 저속의 연결을 제공하며 또한 필요시에는 B-channel을 통한 고속의 대역폭을 제공한다.

본 논문에서는 이러한 AO/DI 시스템을 통하여 다중 ON-OFF 소스가 통신하고자 할 때의 대역폭의 사용 효율개선 효과에 대하여 살펴본다. 다중 ON-OFF 소스는 디지털화된 음성 소스를 모델링 할 때에도 이용되며 여러개의 전화 연결을 AO/DI 시스템을 통하여 제공할 때의 성능 평가에 바로 적용할 수 있다.

II. AO/DI의 구성

AO/DI는 1996년에 처음 제안된 규격으로서 대역폭을 할당 받아놓고 이용하지 않음으로서 낭비되는 자원을 최소화 하고자 하는 목적에서 제안되었다. AO/DI의 큰 장점중의 하나는 ISDN에서의 제공되는 channel을 효율적으로 이용할 수 있는데 있다. 처음에 가입자는 원하는 목적지와 물리적인 회선의 개설없이 연결을 설정할 수 있다. 이것은 D-channel을 통하여 X.25 프로토콜 규격으로서 연결이 설정되며 BRI 접속규격인 경우 최대 9600bps까지 데이터를 전송할 수 있다. D-channel을 통한 연결을 이용하여 기본적인 저속의 통신을 수행하다가 고속의 대역폭이 필요한 데이터 전송이 요구되면 B-channel을 통한 물리적인 회선을 개설하여 통신하고, 고속의 데이터 전송이 완료되면 다시 B-channel을 해제함으로써 효율적인 channel을 관리하게 된다^[2].

AO/DI의 연결 설정과정을 정리하면 다음과 같다.
① 두 가입자가 연결을 설정하게 되면 그 연결은 ISDN D-channel을 통한 X.25 연결으로서 패킷망을 경유하여 설정된다. 이 경우 공중전화(회선)망을 이용하지 않음으로서 연결이 busy 상태로 인하여 거절되어지는 확률은 거의 없다.

② 한 개 또는 그 이상의 B-channel의 용량을 요구하는 고속의 대역폭이 필요하게 되면 (큰 파일의 전송, Web graphic의 전달, 음성 신호 또는 팩스 등) 연결은 양단간의 AO/DI에 구현되어 있는 BACP (Bandwidth Allocation Control Protocol)에 의하여 자동적으로 B-channel의 연결을 설정하게 된다. 설정된 B-channel 회선을 통하여 고속의 데이터의 전달이 이루어지며 이 때에는 D-channel을 통하여서는 더 이상의 패킷이 전송되지 않는다.

③ 파일의 전송, 음성 신호 또는 팩스의 전송이 완료된 이후에는 설정된 B-channel 회선들은 BACP에 의해 자동적으로 해제되고 연결은 다시 D-channel

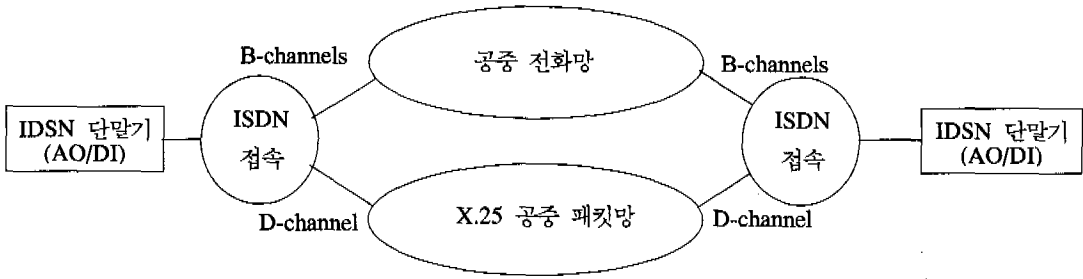


그림 1. AO/DI 기능의 동작 원리

을 통한 X.25 패킷연결로 변환된다. 이와 같은 과정은 고속의 대역폭이 요구될 때마다 반복되어진다.

III. 다중 ON-OFF 소스에 대한 AO/DI 시스템 성능 분석

본 절에서는 다중 ON-OFF 소스를 연결하는 $mB+1D$ 의 ISDN 링크를 가정한다. 링크의 양단의 ISDN 단말기는 AO/DI 기능이 구현되어 동작하고 있고 연결된 소스들은 ON-OFF 구간을 갖는 항등

다중화하여 이용하는 환경으로도 생각 할 수 있다.

그림 2에서와 같이 N 개의 ON-OFF 소스가 존재한다고 가정하며 각 ON-OFF 소스 S_i 는 목적지 D_i 와 통신하며 일반적으로 i 에 관계없이 독립적으로 동작한다. S_i 는 그림 3과 같이 two-state model로 나타내어 질 수 있다. S_i 는 active 구간에 있을 때 V bps의 데이터를 생성한다.

ISDN link의 구성에서 B-channel은 64Kbps의 속도를 가지며 D-channel은 BRI(Basic Rate Interface)의 경우에는 16Kbps이고 그 이상의 접속규

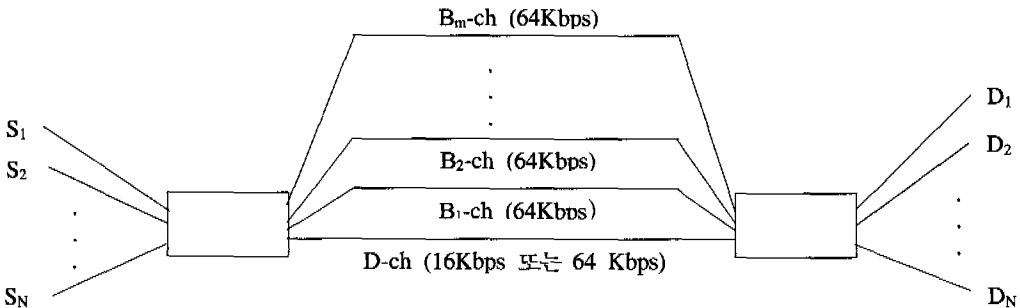


그림 2. 다중 ON-OFF sources를 연결하는 $mB+1D$ 의 ISDN link

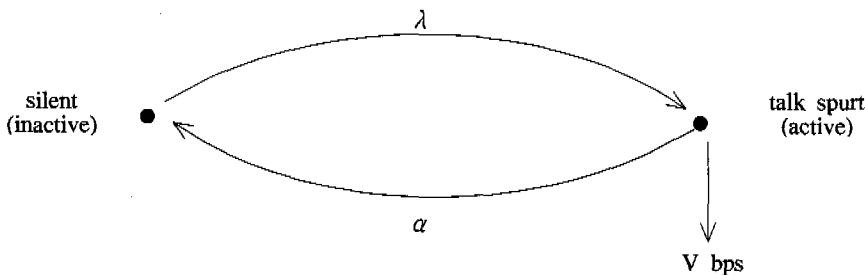


그림 3. Two-state model (voice source의 예)

비트율 소스들이다. 음성 신호를 디지털로 변환 및 코딩하여 전송할 때의 특성도 이와 같기 때문에 위의 시스템은 양 종단점을 여러 음성 소스(전화)들이

격(PRI: Primary Rate Interface)에서는 64Kbps의 속도를 규정한다. D-channel을 통해서도 신호정보와 저속의 사용자 데이터가 같이 전송되므로 사용자

데이터가 활용할 수 있는 전송속도는 접속속도보다 작게 제한되어 규정된다. 본 논문에서는 사용자 데이터의 D-channel을 통한 최대 전송 속도를 d bps 로 가정한다.

그림 4는 하나의 음성 소스에 대한 random

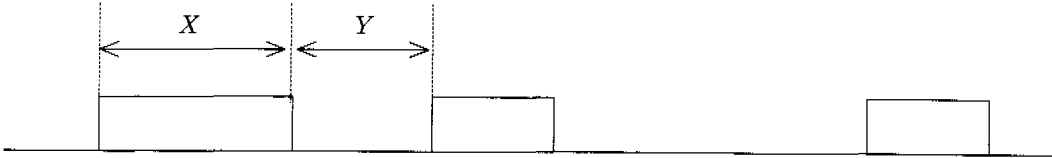


그림 4. Active period(X)와 idle period(Y)

variable X로 나타내어지는 active 구간과 random variable Y로 나타내어지는 inactive 구간을 나타낸다. X와 Y는 지수 분포의 길이를 갖는다고 가정하며 그 때의 각 전이율은 α 와 λ 로 가정한다. 즉 $E(X) = 1/\alpha$ 이고 $E(Y) = 1/\lambda$ 으로 구해진다. 여기서 $E(\cdot)$ 는 기대치를 나타낸다.

성능지수(최도)

AO/DI 시스템에서의 성능지수로서 주어진 트래픽양에 대하여 실제로 할당받은 B-channel의 개수의 시간에 따른 평균값으로 정의한다. 할당받은 B-channel의 개수를 random variable A로 표시하면 성능지수 C는 $C=E(A)$ 로 구할수 있다.

성능분석

하나의 소스 S가 active 상태에 있을 확률이 $P[S \text{ is active}] = \frac{\lambda}{\lambda + \alpha}$ 로 주어진다. 모든 소스가 생성하는 data rate의 합을 random variable T로 표시하면 T의 기대치를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$E[T] = N \cdot V \cdot \frac{\lambda}{\lambda + \alpha} \quad (1)$$

i개의 소스가 active할 steady-state 확률을 π_i 라고 하면 π_i 는 다음과 같이 구해진다[3].

$$\pi_i = \binom{N}{i} \left(\frac{\lambda}{\lambda + \alpha} \right)^i \left(\frac{\alpha}{\lambda + \alpha} \right)^{N-i} \quad (2)$$

A. AO/DI가 구현되지 않은 경우

T의 최대값은 NV(단 $NV \leq m \cdot 64Kbps$)이므로 생성되는 트래픽을 손실없이 전달하기 위해서는 $\lfloor \frac{NV}{64Kbps} \rfloor$ 개의 B-channel이 요구된다. 단 여기

서 $\lfloor w \rfloor$ 는 w보다 작지않은 최소의 정수를 의미한다. 이때 성능 변수는 $A = \lfloor \frac{NV}{64Kbps} \rfloor$ 로 주어지며 성능지수 C도 같은 값으로 주어진다.

$$C = \lfloor \frac{NV}{64Kbps} \rfloor \quad (3)$$

B. AO/DI가 구현된 경우

이 경우에는 요구되어지는 트래픽의 양에 따라 B-channel이 동적으로 할당되어진다. 손실없는 전달을 가정하기 위하여 T의 최대값은 $m \cdot 64Kbps$ 보다 작거나 같다고 가정한다.

$0 \leq T \leq d$ bps 인경우의 확률 p_0 와 그때의 성능변수를 구하면 다음의 값을 갖는다.

$$p_0 = P[T \leq d] = \sum_{k=0}^{\lfloor \frac{d}{V} \rfloor} \pi_k, \quad A=0 \quad (4)$$

단 여기서 $\lfloor w \rfloor$ 는 w보다 크지않은 최대의 정수를 의미한다. $d < T \leq 64Kbps$ 인경우의 확률 p_1 과 그때의 성능변수는 다음의 값을 갖는다.

$$p_1 = P[d < T \leq 64Kbps] = \sum_{k=1}^{\lfloor \frac{64Kbps}{V} \rfloor} \pi_k - p_0, \quad A=1 \quad (5)$$

$64Kbps < T \leq 2 \cdot 64Kbps$ 인경우의 확률 p_2 와 그때의 성능변수는 다음의 값을 갖는다.

$$p_2 = P[64Kbps < T \leq 2 \cdot 64Kbps] = \sum_{k=2}^{\lfloor \frac{2 \cdot 64Kbps}{V} \rfloor} \pi_k - (p_0 + p_1), \quad A=2 \quad (6)$$

일반적으로 $(q-1) \cdot 64Kbps < T \leq q \cdot 64Kbps$ 인경우(단 $q \leq m$)의 확률 p_q 와 그때의 성능변수는 다음의 값을 갖는다.

$$p_q = P[(q-1) \cdot 64Kbps < T \leq q \cdot 64Kbps] = \sum_{k=q}^{\lfloor \frac{q \cdot 64Kbps}{V} \rfloor} \pi_k - \sum_{k=0}^{q-1} p_k, \quad A=q \quad (7)$$

그러므로 식(2)와 (4)-(7)으로부터 성능지수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = E[A] = \sum_{q=0}^m q \cdot p_q \quad (8)$$

IV. 분석 결과

일반적으로 단일 음성 소스는 평균적으로 0.4-1.2 초동안 지속되는 talk spurt(active) 와 0.6-1.8초동안 지속되는 silence(inactive)가 번갈아 나타난다[4]. 그러므로 본 절에서는 음성 소스의 경우를 예를 들어 분석 결과를 살펴본다.

그림 5와 그림 6은 2B+1D의 BRI 접속규격(m=2)에 의한 ON-OFF 소스의 개수가 증가함에 따른 다중화 효과를 나타내었다. D-channel을 통한 데이터의 속도는 최대 9600bps로 가정하였고(d=9600 bps), talk spurt 구간에서의 데이터의 생성 속도는 8Kbps로 가정하였다(V=8Kbps). 그림 5의 경우 ON-OFF 소스의 active 구간의 평균지속시간은 0.8 초, inactive 구간의 평균지속시간은 1.2초로 가정하

였고($\alpha = 1/0.8, \lambda = 1/1.2$) 그림 6의 경우는 active 구간의 평균지속시간은 0.6초, inactive 구간의 평균지속시간은 0.4초로 가정하였다($\alpha = 1/0.6, \lambda = 1/0.4$).

그림 7과 그림 8은 6B+1D의 접속규격(m=6)에 의한 ON-OFF 소스의 개수가 증가함에 따른 다중화 효과를 나타내었다. D-channel을 통한 데이터의 속도는 최대 48000bps로 가정하였고(d=48000bps), talk spurt 구간에서의 데이터의 생성 속도는 8Kbps로 가정하였다(V=8Kbps). 그림 7의 경우 ON-OFF 소스의 active 구간의 평균지속시간은 0.8초, inactive 구간의 평균지속시간은 1.2초로 가정하였고(α

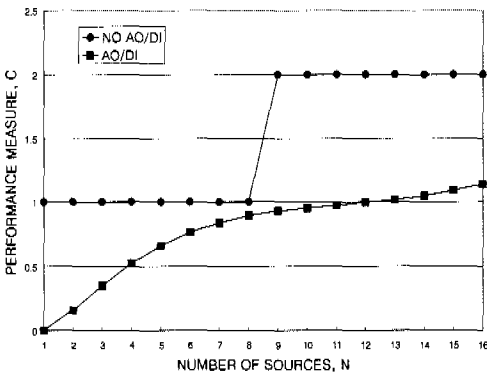


Fig. 5 V=8000, m=2, d=9600bps, $\alpha = 1/0.8, \lambda = 1/1.2$

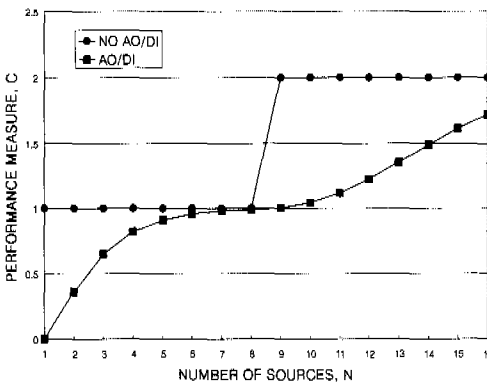


Fig. 6 V=8000, m=2, d=9600bps, $\alpha = 1/0.6, \lambda = 1/0.4$

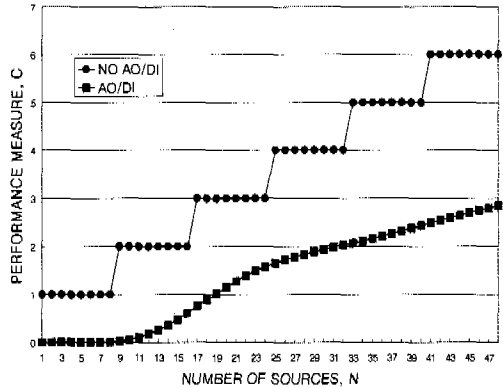


Fig. 7 V=8000, m=6, d=48000bps, $\alpha = 1/0.8, \lambda = 1/1.2$

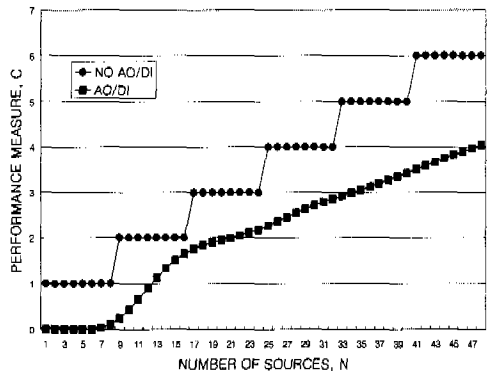


Fig. 8 V=8000, m=6, d=48000bps, $\alpha = 1/0.6, \lambda = 1/0.4$

$\alpha = 1/0.8, \lambda = 1/1.2$) 그림 8의 경우는 active 구간의 평균지속시간은 0.6초, inactive 구간의 평균지속시간은 0.4초로 가정하였다($\alpha = 1/0.6, \lambda = 1/0.4$). 성능지수의 이론적인 최소값은 식 (1)에서의 T의 기대치를 64Kbps로 나눈 값으로 $E(T)/64Kbps$ 로 나타난다. 즉 ($\alpha = 1/0.8, \lambda = 1/1.2$)인 경우는 0.05N으로 계산되며 ($\alpha = 1/0.6, \lambda = 1/0.4$)는 0.075N으로

계산된다. 다만 $T < d$ 인 경우에는 D-channel을 이용함으로써 성능지수는 0의 값을 갖는다. 소스의 개수 N 이 작을 때는 D-channel을 이용하여 통신함으로써 성능개선의 효과가 아주 뚜렷하다. 그러나 N 이 커짐에 따라 성능지수는 이론적인 최소값과 같은 추세를 보인다. 이와 같은 결과로부터 우리는 AO/DI가 구현된 시스템은 성능개선의 효과로서 실제의 link 사용률에 가까운 대역폭이 할당되어지는 것을 알 수 있다.

AO/DI기능을 구현하게 되면 가입자나 망사업자의 경우 모두 실제 필요한만큼의 대역폭을 사용할 수 있게 된다. 그러므로 본 논문에서의 분석결과는 가입자 시스템의 설계에서나 또는 통신망의 설계에서의 효율적인 대역폭 사용을 위한 최적설계에 유용하게 이용될 것이다.

본 논문에서는 모든 소스에서의 최대의 트래픽이 채널의 총 용량을 초과하지 않는 범위내에서 분석을 수행하였다. 이것은 트래픽이 총 용량을 초과함으로써 나타나게 되는 데이터의 손실을 미연에 방지하고자 하는 목적에서이다. 그러나 AO/DI 기능에서 동시 수용가능한 소스의 수를 늘리면 그만큼 통계적인 이득을 안정적으로 얻을 수는 있으나 순간적으로 트래픽이 몰리게 되면 채널의 총 용량을 초과하게 된다. 이러한 경우에 대한 대처방안으로는 각 AO/DI 단말기에 버퍼를 두어 완충작용을 함으로써 해결하는 방법(지연이 있을 수 있음)이 있을 수 있으며 또는 어느정도의 손실을 감수하거나 아니면 압축등의 기능을 추가하는 방법이 있을 수 있다. 이러한 경우들은 본 논문의 향후 연구 주제가 될 것이다.

V. 결론

ISDN은 가입자에게 mB+1D의 접속규격을 제공한다. AO/DI 기능은 D-channel을 통하여 저속의 지속적인 연결을 설정하고, 고속의 대역폭이 필요하게 되면 B-channel을 통한 연결설정을 자동적으로 수행한다. 본 논문에서는 이러한 AO/DI 기능의 성능을 분석하였다. 다중 ON-OFF 소스가 하나의 mB+1D ISDN 링크를 통하여 연결된 환경을 설정하였다. AO/DI 기능이 없는 경우에는 필요한 대역폭은 모든 소스의 피크 대역폭의 합으로 구하여졌으나(손실이 없는 경우를 가정) AO/DI 기능을 구현한 경우에는 실제의 링크 사용률에 가까운 대역폭만이 할당되어져 효율의 향상을 보였다. 본 논문에서는

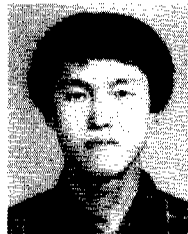
AO/DI 기능의 효율 개선 효과를 보이기 위하여 성능지수의 개념을 도입하여 분석하였으며, 이와 같은 분석 결과는 ISDN 및 AO/DI 기능의 도입시에 유용하게 이용될 것이다.

참고문헌

- [1] "Recommendation I.430 and I.431 : ISDN User-Network Interfaces, Layer 1 and Layer 2 Recommendations," *ITU Red Book*, Geneva, 1985.
- [2] C. Richards and K. Smith, RFC 2125, "The PPP Bandwidth Allocation Protocol (BAP) and the PPP Bandwidth Allocation Control Protocol (BACP)," March 1997
- [3] L. Kleinrock, *Queueing Systems Vol. I: Theory*, John Wiley & Sons, 1975.
- [4] Mischa Schwartz, *Broadband Integrated Networks*, Prentice Hall, 1996
- [5] G.Y. Lee and C.K. Un, "Delay Analysis of the ISDN D-channel Access Protocol," *Computer Networks and ISDN Systems*, 19(1990), pp.25-41
- [6] R. W. Conway, W. I. Maxwell and L. W. Miller, *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley, 1967.

이 구 연(Goo Yeon Lee)

정희원



1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
 1988년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사

1993년~1996년 : 디지콤 정보통신연구소
 1996년~1997년 : 삼성전자 네트워크 개발팀
 1997년~현재 : 강원대학교 컴퓨터·정보통신공학부 <주관심 분야> 광대역통신망구조, ATM스위치구조 및 트래픽관리, IP스위치 및 MPLS 기술, 데이터통신 및 교환기구조