

## ISDN AO/DI 시스템에서 버퍼링 기능 구현으로 인한 성능 향상

### Performance Improvement of ISDN AO/DI System with Buffering Scheme

정종민\*                      이구연\*\*  
Jeong, Jong-Min          Lee, Goo-Yeon

#### Abstract

ISDN AO/DI provides efficient communication. It dynamically allocates channels for bandwidth, which is key component for packet data communication. In this paper, we analyze performance improvement of ISDN AO/DI system with buffering scheme and compare with AO/DI system without buffering scheme. From the simulation of AO/DI with buffering scheme, we see that the required bandwidth is less than that of the normal AO/DI system without buffering scheme.

키워드 : 버퍼링, 성능분석, AO/DI, ISDN

Keywords : buffering, performance analysis, AO/DI, ISDN

#### 1. 서론

최근들어 초고속 인터넷의 확산으로 PC를 사용하는 가정이 늘어나고 있다. 이전에 가정에서 이용할 수 있는 통신은 음성 전화와 전화선 모델을 통한 저속의 인터넷 이용이 전부였다. 하지만 최근 1~2년 동안 ISDN, ADSL, HDSL, 케이블 모델 등과 같은 가정용 초고속망이 고속 서비스를 공급해 인터넷을 통해 홈 쇼핑, 온라인 게임, 영화 등을 즐길 수 있다.

인터넷 등의 패킷 서비스 접근 방식의 하나인 ISDN의 경우에는 망의 동작 형태가 회선 교환이기 때문에 하나의 연결 설정에 대해 물리적인 선로를 점유하게 되고 사용자의 수가 증가하는 만큼 물리적인 선로를 비례하여 추가로 점유하며 경우에 따라 회선이 사용되지 않는 시간이 존재할 경우에도 연결을 유지해야 하는 단점이 있다.

일반적으로 패킷 망은 서버망의 모든 사용자 사

이의 가능한 대역폭을 통계적으로 다중화하여 여러 사용자에게 대역폭을 할당하게 되지만 회선 교환망은 한번에 최대 대역폭을 제공하기 때문에 버스트에 의한 휴지 구간이 발생하고, 이는 대역폭에 대한 이용도를 저하시키는 원인이 된다.

대역폭은 데이터 통신에 있어 필수적인 요소이며, 이와 더불어 필요한 때 대역폭을 최적화 할 수 있는 기능이 요구된다. 초기에는 패킷망을 통한 저속의 연결을 제공하며, 데이터량이 증가할 경우 고속의 회선 교환 연결로 변환하여 가입자 선로의 효율적인 이용과 회선 교환의 정체 문제를 완화시키려는 의도로 제안된 것이 ISDN에서의 Always On / Dynamic ISDN(AO/DI)이다.

AO/DI는 기존의 ISDN의 모든 장점을 그대로 포함하고 있으며 추가적으로, 사용자는 저가격의 고속 연결을 제공받을 수 있으며, ISP(Internet Service Provider)는 사용자에게 E-mail 도착, 뉴스 기사 등의 간단한 정보를 연속적인 저속 연결을 통하여 제공할 수 있다. 그리고 LEC(Local Exchange Carrier)는 회선 교환 망에 대한 이용도의 효율을 증가시킬 수 있게 된다. 이에 추가하여 지연이 허용되는 데이터에 대해서 AO/DI 시스템

\* 강원대학교 정보통신공학과 박사과정

\*\* 강원대학교 전기전자정보통신공학부 조교수

에 버퍼링 기능을 추가하게 되면 채널 사용 양을 줄일수 있을 것이며, 이는 가입자와 회선 제공자에게 경제적인 통신 수단을 제공하며, 교환기 입장에서는 채널 개설 및 삭제에 대한 처리를 줄일 수 있을 것이다.

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 버퍼링 기능을 포함하고 있는 AO/DI 시스템의 성능 향상 정도를 분석하였다. 다중 ON-OFF 음성 소스를 연결하는 ISDN 링크를 고려하였고, 성능 분석 파라미터로는 지연 한계에 따른 평균 B 채널의 개수이며, 시뮬레이션을 통해 버퍼를 포함하고 있는 시스템의 성능 우위를 증명하였다.

2장에서 AO/DI 시스템에 대한 내용을 살펴보고, 3장에서 시뮬레이션 모델을 정의하고 4장에서는 성능 분석을 행한 후 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. AO/DI 개념

AO/DI는 1996년, 사용자에게 대역폭과 연속적인 연결설정을 제공하기 위해 여러 ISP, ISDN 관련 제조업자 및 회선업자들로 구성된 Vendors' ISDN Association에 의해 제안되었다. AO/DI는 국제 표준 ISDN의 특성을 그대로 적용한 패킷 데이터 성능을 포함하고 있으며, 기존 하부망의 ISDN 교환기와 대역폭 할당 제어 프로토콜의 사용을 기본으로 한다.

일반적으로 ISDN 사용자는 로그인할 때 ISDN의 D채널을 경유하여 ISP나 원격 LAN에 패킷 연결설정을 한다. 연결이 이뤄진 후 사용자는 필요한 패킷 데이터 통신을 하게 되며 D채널을 통한 패킷 통신은 텍스트 문자 전송이나 E-mail 알람 등의 낮은 속도의 데이터 통신에 적절하다.[2] 사용자가 보다 많은 양의 정보를 전송하고자 할 경우 회선 교환 연결이 하나 혹은 그 이상의 B채널에 놓여지는데, 이런 연결설정은 자동적으로 이루어지며 사용자는 투명하게 [B채널 개수 x 64Kbps]의 속도로 데이터를 주고받게 되며 데이터 전송이 모두 이루어지면 회선 교환 망의 연결은 끊어지고 사용자는 D채널을 통해 계속 온라인 상태를 유지할 수 있다. 온라인 상태를 계속 유지함으로써 사용자는 연결 설정 과정을 되풀이하지 않아도 된다. AO/DI의 동작 과정을 정리하면 다음과 같다.

- ① 사용자가 초기 연결 설정을 요구하면 ISDN D 채널로의 9600bps의 X.25연결이 이루어지는데 이는 패킷 교환망의 형태를 따르게 된다.
- ② 파일 전송, 웹 그래픽 전송 혹은 팩스 등의 추가적인 대역폭을 요구할 때마다 연결은 자동적으로 이루어지며, 사용자에게 투명한 형태로 B 채널로의 전환이 이루어진다. 여기서 B 채널은 회선

교환 망의 형태이다. 대역폭의 요구는 가입자에 의해 결정되며 이는 적절한 채널 사용을 가능하게 한다. B채널은 단지 대역폭이 실제 요구되어질 경우에만 개설되고 B 채널이 사용 될 경우에는 D 채널을 통한 패킷 교환은 더 이상 이루어지지 않는다.

③ 파일 다운로드이나, 음성 전화, 팩스등이 다 이루어지면, 링크는 또한 자동적이고 투명한 형태로 ISDN D채널로 전환하게 된다. 9600bps의 연결이 텍스트 메시지 전송이나 스케줄 업데이트, 혹은 E-mail 알람등의 정보 전송에 사용된다.

④ 대역폭의 요구가 다시 일어나면 필요할 때마다 B 채널의 회선 교환 망이 개설되고 전송이 모두 이루어지면 다시 D채널의 패킷 교환으로 전환하며, 이러한 과정을 연결이 이루어진 동안 반복된다.

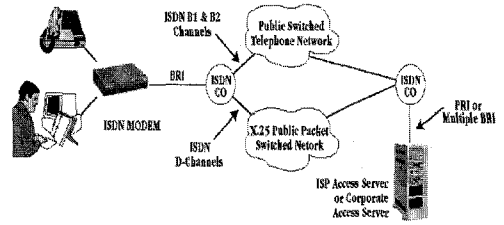


그림 1. AO/DI의 동작 형태

위 그림 1은 AO/DI의 동작을 나타낸 것이다. 이와같은 AO/DI의 대역폭의 관리는 전적으로 투명한 형태로 이루어지면 어떤 사용자도 이에 관여하지 않아도 된다. ISDN의 빠른 연결 설정과 연결 해제로 인해 B 채널의 전환을 감지할 수 없다.

요약하면, AO/DI는 사용자에게 연속적인 연결을 유지할 수 있으며 동적으로 사용자가 필요한 만큼의 채널을 할당하여 사용할 수 있으며, 사용자는 망의 개설 및 삭제에 대한 동작과 무관하게 된다. 이는 결과적으로 사용자 입장에서는 경제적인 통신 수단을 제공 받게 되는 것이며, 교환기 입장에서는 망 관리의 효율을 증대시킬 수 있게 된다.

AO/DI는 대역폭 할당, 전화번호 교환 관리, 연결 설정 발생에 따른 추가적 대역폭을 수용하기 위해 BACP(Bandwidth Allocation control Protocol) 다중 프로토콜을 사용한다.

BACP는 멀티링크 프로토콜로써 인터넷 서비스 측에서의 호 요구가 가능하며, 추가적인 대역폭이 연결 동안 이루어진다. D채널을 통한 저속의 연결 상태에서 전체적인 대역폭을 증가 시키기하고자 할 경우에 BACP 메시지를 통해 B 채널이 링크에 추가 되어야 할 시점을 알수 있게 한다. B 채널은 일시적으로 증가되는 데이터 양을 처리하기 위해 이용되고 종료된다. 이런 형태의 동작 모드는 통계적으로 스위치의 구조를 다중화하게 되며, 광역 네트

익에서의 트래픽 충돌을 줄일 수 있게 된다.[3]

### 3. 분석 환경

AO/DI는 기존의 ISDN의 모든 장점을 그대로 포함하고 있으며 E-mail 도착, 뉴스 기사 등의 간단한 정보를 연속적인 저속 연결을 통하여 제공할 수 있다. 그리고 LEC(Local Exchange Carrier)는 회선 교환 망에 대한 이용도의 효율을 증가시킬 수 있게 된다. 이에 추가하여 지연이 허용되는 데이터에 대해서 AO/DI 시스템에 버퍼링 기능을 추가하게 되면 채널 사용 양을 줄일 수 있을 것이며, 이는 가입자와 회선 제공자에게 경제적인 통신 수단을 제공하며, 교환기 입장에서는 채널 개설 및 삭제에 대한 처리를 줄일 수 있을 것이다.

본 절에서는 시뮬레이션을 통해 버퍼링 기능을 포함하고 있는 AO/DI 시스템의 성능 향상 정도를 분석 한다. 즉, 지연 한계 시간을 설정하여 버퍼링 기능을 구현한 모델을 정의하여 버퍼링 기능이 없는 정상적인 AO/DI와 성능 비교를 하게 된다. 지수 분포를 따르는 다중 ON-OFF 음성 소스를 연결하는 ISDN 링크를 고려하였고, 성능 분석 파라미터로는 지연 한계에 따른 평균 B 채널의 개수이며, 시뮬레이션을 통해 버퍼를 포함하고 있는 시스템의 성능 향상 정도를 분석한다.

#### 3.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 mB + D ISDN 링크에 대해 지수적 특성을 갖는 다중 ON-OFF 음성 소스를 가정하여 시뮬레이션을 행하였다. ON구간 동안 소스는 데이터를 생성하며 OFF구간 동안에는 데이터 생성이 일어나지 않는다. 그림 2에서 보는 것과 같이 n개의 소스에서 8bits 샘플링 코드를 입력으로 처리하며 spurt 기간과 idle 기간을 반복하게 된다. 교환기는 패킷을 저장할 버퍼를 가지고 있으며, 이는 무한 버퍼로 가정한다

각 음성 소스는 spurt 구간에서는 16Kbps의 데이터를 생성한다고 가정하였다. 즉 생성 rate는 2000byte/sec 이며 1byte의 생성 interval은 0.5ms이다. On기간 동안은 spurt 상태로, Off기간 동안은 데이터를 생성하지 않은 단계(idle상태)로 간주한다. On과 Off의 기간을 각각 평균 6 : 4의 비율로 가정한다. 즉 1개의 음성소스당 초당 평균적으로 1200 byte의 데이터를 생성하게 된다. 각 채널의 처리율은 D 채널인 경우 9.6Kbps이며, B채널은 64Kbps로 링크를 구성하였으며 시뮬레이션 시간은 30초로 설정하였다.

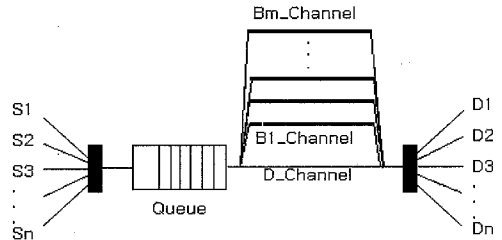


그림 2. 소스, 버퍼, 링크 모델

#### 3.2 시뮬레이션 동작 설명

시뮬레이션을 초기화한 후 슬롯 생성 함수 (gen\_slot())를 통해 idle 혹은 spurt 슬롯을 생성한다. 생성된 슬롯이 spurt 기간에 해당 될 경우 채널 할당을 요구하게 되며, 이때 D채널이나 B채널 (현재 사용 가능한 채널)의 용량으로 데이터 처리가 가능할 경우 packet\_process()함수를 이용하여 도착한 패킷이 현재 이용 가능한 채널을 점유한다. idle 기간이라면 packet\_process() 처리 없이 시뮬레이션 시간만 증가 시키면 된다. 입력된 패킷이 현재 처리 가능한 채널용량을 초과하게 되면 현재 시간에 지연한계 시간을 더한 것에 다음 제거될 가장 빠른 패킷에 대한 시간을 비교하여 지연 한계값과 현재시간의 합이 작게 되면 새로운 채널 (B채널)을 개설하게 되고 그렇지 않으면 버퍼에 저장하게 된다. 채널에서의 패킷 제거의 경우, 제거를 행한 후 버퍼와 채널에 패킷이 없고, 가장 빠른 패킷의 처리시간과 다음 제거될 패킷의 시간을 비교하여 처리 될 패킷이 다음 제거 될 패킷보다 늦게 발생하면 개설된 B 채널 한 개를 닫게 된다. 그렇지 않으면 단지 패킷을 제거하고 다음 입력을 기다린다. 이런 형태로 입력 패킷의 양에 따라 유동적으로 B 채널을 생성 혹은 삭제를 반복하게 된다.

그림 3 은 시뮬레이션의 흐름도를 나타낸 것이다.

- 1번 동작 : event를 검사하여 얻은 것이 packet arrival 일 경우 2번동작을 처리한다.
- 2번 동작 : Current 소스 state가 spurt(active)이면 채널예약 event를 스케줄하게되고 그렇지 않고 inactive(idle)이면 단지 다음 슬롯을 처리하게 된다.
- 3,4번동작 : 우선 D/B 채널을 검사한 후 reserve channel을 하게 되는데 만약 이용가능하지 않다면 버퍼링이 발생하게 되는데, 이는 5,6번 동작에서 처리하게 된다.
- 5번 동작 : channel reserve동작으로 현재 개설된 채널이 이용 가능한지를 검사하게 된다.

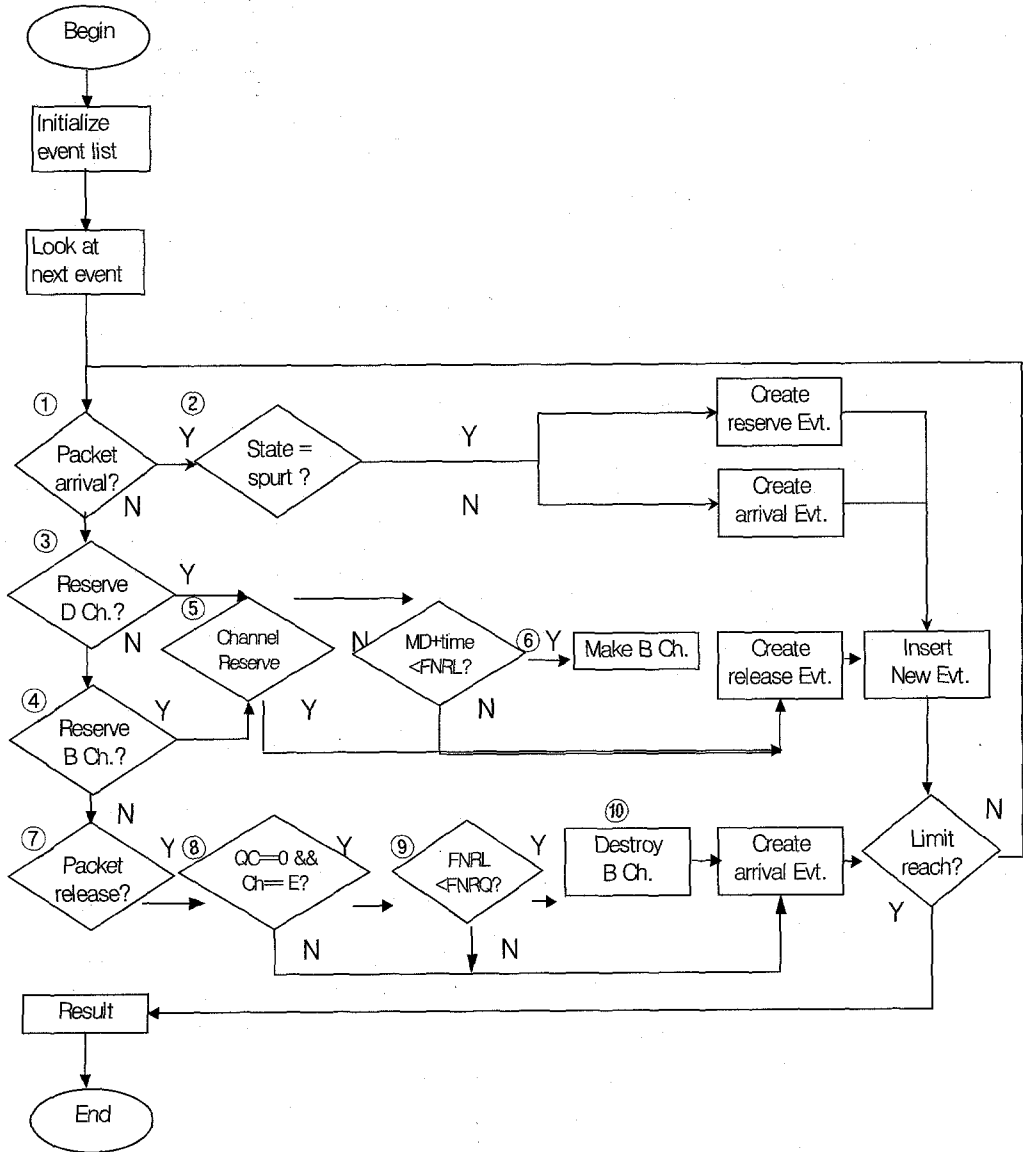


그림 3. 시뮬레이션 흐름도

용어 정의

MD : Maximum Delay  
 FNRL : the Fastest Next Request  
 E: channel Empty

QC: Queued Count  
 FNRL: the Fastest Next Release  
 Evt : Event

- 6번 동작 : maximum delay에 현재 시간을 더한 시간과 최초 발생할 release event의 시간을 비교한다. 만약 현재 시간과 지연 한계 시간을 더한 시간이 다음 가장 먼저 발생할 release event보다 작게 되면 B 채널을 개설하게 된다. 즉 가득찬 채널에서 하나 이상이 빠져 나가기를 기다리는 시간이 지연한계 시간 보다 크게 되면 채널을 개설하게 된다.
- 7번 동작 : 패킷 release를 처리하게 된다.
- 8번 동작 : 패킷 release를 처리한 후에 현재의 버퍼를 살펴본 후 대기하고 있는 패킷이 없는 상태이며 특정 채널이 비어 있는지 검사한다.
- 9번 동작 : ⑧번 조건을 만족한 상태에서 특정 채널에서의 패킷 release가 패킷 request 보다 일찍 발생하게 되면(FNRL < FNRQ) 비어있는 채널을 삭제하게 된다.
- 10번 동작 : 채널 하나를 삭제한다.

#### 4. 결과 및 분석

그림 4는 30초 동안 시뮬레이션을 행한 결과를 보여주고 있다. 음성소스가 각각 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 45개일 때 시뮬레이션이 수행되었다. 지연 한계시간이 0인 것은 버퍼를 포함하지 않은 AO/DI 시스템에 해당하며 지연 한계 시간을 각각 0.01s, 0.3s, 0.5s를 적용하였을 경우 버퍼를 포함하지 않은 것에 비해 사용된 평균 B채널 수가 적음을 확인할 수 있다.

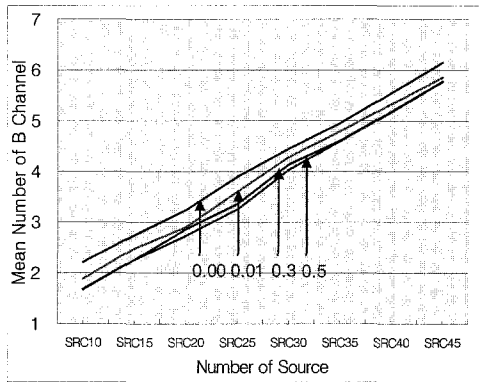


그림 4. 버퍼링 기능이 있는 AO/DI 시뮬레이션 결과

그림을 살펴보면, 지연한계 값이 0에서 0.01s로 설정하였을 경우의 B 채널 사용개수의 차이가 0.3과 0.5s로 설정하였을 경우의 사용 개수의 차보다 크다는 것을 알 수 있다. 이는 상이한 지연한계 값

의 적용을 통한 성능 개선의 차이를 나타냈은 물론이거니와 단지 버퍼의 포함 유무에 따라 성능 차이가 확연히 존재함을 증명하게 되는 것이다. 또한 지연 한계 시간에 따라 B채널 개설수가 차이가 있는데, 결과를 보면 지연 한계 값이 길수록 채널 개설 양이 적음을 알 수 있다.

본 시뮬레이션 결과에 추가하여, 향후 최적의 지연 한계 값을 유추할 수 있는 실험을 통해 버퍼링 기능을 포함한 AO/DI 시스템에 정확한 지연 한계 값을 설정하여 적용 시킨다면 AO/DI 시스템의 성능을 증가 시킬 수 있다.

표 1은 지연 한계에 따른 B 채널 사용 개수를 좀더 자세히 나타내고 있다.

표 1. 지연 한계에 따른 평균 B채널 개수 비교

소스 개수	0.00	0.01	0.1	0.3	0.5
5	1.360872	1.171071	1.136133	0.989434	0.983161
10	2.213750	1.883570	1.786678	1.685945	1.672356
15	2.747771	2.484898	2.352124	2.293455	2.261461
20	3.241105	2.904189	2.865268	2.862461	2.735981
25	3.898033	3.605452	3.527778	3.358296	3.250831
30	4.447554	4.283024	4.145429	4.135873	4.031887
35	4.953707	4.791020	4.660143	4.607758	4.593889
40	5.554864	5.334504	5.209934	5.192258	5.175947
45	6.149410	5.860740	5.836261	5.780009	5.774881
50	6.629062	6.449309	6.401713	6.322968	6.280669

#### 5. 결론

현재 인터넷 접근의 가장 일반적인 네트워크 형태로 ISDN등이 기존 다이얼 업 모델을 대체하고 있다. ISDN은 분명 기존 모델보다 경제적이고, 고속의 통신을 제공하지만, 인터넷 등의 데이터 통신은 패킷망의 형태를 취하고 있기 때문에 회선교환 형태인 ISDN은 패킷 통신의 특성인 버스트에 의한 대역폭의 낭비를 초래할 가능성이 크다.

대역폭은 데이터 통신에 있어 가장 핵심 부분으로, 트래픽의 양에 따라 대역폭을 유동적으로 할당 가능한 시스템 개발이 요구되었는데, 이를 위해 AO/DI가 탄생하게 되었다. AO/DI는 초기 저속의 소량 통신일 경우 D채널을 통한 패킷 통신을 하게 되며, 트래픽의 양이 많아짐에 따라 B채널을 할당하여 회선교환으로 전환하게 된다. 이 경우 망은 신뢰성을 유지할 수 있게 된다. 이는 가입자와 ISP, 회선 교환업자 모두에게 득이 된다. 이와 아울러 일정 시간 동안 지연이 허용된 데이터에 대해, AO/DI 시스템에 버퍼를 둬으로써 채널 생성의

비율을 줄여 망 관리의 효율을 증대하고, 가입자에게는 경제적인 통신 수단을 제공할 수 있게 된다.

본 논문에서는 다중 ON-OFF 음성 소스로 연결하는 ISDN AO/DI 시스템에 버퍼를 추가함으로써 버퍼링 기능이 없는 기존의 AO/DI 시스템과 비교하여 성능 향상 정도를 알아보았다. 버퍼를 포함하고 있는 AO/DI 시스템은 그렇지 않은 것에 비해 B 채널 사용 개수가 적었으며 이는 더 많은 가입자를 수용할 수 있음을 보여준다.

이와 함께 향후 가입자수에 대한 B채널의 개설 능력에 따라 최적의 버퍼 공간을 찾아내어 AO/DI 시스템 설계시 적용시키면 보다 많은 효율을 얻을 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] Recommendation I.430 and I.431 : ISDN User Network Interfaces, Layer 1 and Layer 2 Recommendations, ITU Red Book, Geneva, 1985.
- [2] Mischa Schwartz, Broadband Integrated Networks, Prentice Hall, 1996
- [3] C. Richards and K. Smith, RFC 2125, The PPP Bandwidth Allocation Protocol (BAP) and the PPP Bandwidth Allocation Control Protocol (BACP), March 1997
- [4] 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
- [5] J.S. Turner, Design of an integrated services packet network, IEEE Select. Areas Commun., vol. SAC-4, pp. 1373-1380, Nov. 1986.
- [7] W, Stallings High-Speed Network TCP/IP and ATM design principles, 1998, Prentice-Hall, Inc
- [8] W, Simpson, The Point-to-Point Protocol (PPP), RFC1548, December 1993
- [9] A. Malis, Robinson, D., and R. Ullmann, Multiprotocol Interconnect on X.25 and ISDN in the Packet Mode, RFC1356
- [10] W, Simpson PPP in X.25, RFC1598, March 1994
- [11] CCITT Recommendation X.15, Interface Between Data Terminal Equipment(DTE) and Data Circuit Termination Equipment(DCE) for Terminals Operating in the Packet Mode on Public Data Networks, vol. VIII, Fascicle VIII2, Rec. X.25.