

AO/DI 인터넷 서비스의 D채널 패킷 액세스 회선 용량 분석

이강원¹ · 국광호¹ · 정광재² · 김태일²

¹서울산업대학교 / ²ETRI ISDN 서비스팀

D-channel Packet Access Line Capacity Analysis of the AO/DI Internet Service

Kang-Won Lee¹ · Kwang-Ho Kook¹ · Kwang-Jae Jeong² · Tae-Il Kim²

In this paper, We analyze a capacity dimensioning and performance of the access line to the X.25 packet network when the AO/DI internet service is connected via D-channel. We show the forecasting methodology of the traffic demand of the D-channel internet services when the TDX-10A switching system accommodates the target number of subscriber. Based on the traffic demand forecast, the required capacity of the access line is suggested to prevent bottleneck problem in the access line to the X.25 packet network.

1. 서론

상시 연결형 인터넷 서비스인 AO/DI(Always On/Dynamic ISDN)는 1996년에 처음 제안된 규격으로서, 대역폭을 할당받아 놓고 이용하지 않음으로써 낭비되는 자원을 최소화하려는 목적에서 제안되었다. 다중링크 점대점 프로토콜(MLPP) 및 대역할당/할당제어 프로토콜(BAP/BACP)을 기반으로 ISDN의 세 개 채널(D-채널과 두 개의 B-채널)이 인터넷 접속을 위하여 동적으로 연결 및 해제되도록 하는 효율적인 채널 이용 구조를 갖고 있다. 처음에 가입자는 원하는 목적지와 물리적인 회선의 개설 없이 연결을 설정할 수 있다. 이것은 D-채널을 통하여 X.25 프로토콜 규격으로서 연결이 설정되는데 BRI(Basic Rate Interface) 접속규격인 경우 최대 9.6 Kbps까지 데이터를 전송할 수 있다. D-채널을 통해 전자메일, 뉴스정보, 신용카드조회 등 기본적인 저속의 통신을 수행하다가 영상전화, 그래픽 파일 업다운로드 등 고속의 대역폭이 필요한 데이터 전송이 요구되면 AO/DI는 동적으로 하나 또는 두 개의 B-채널을 사용자와 ISP(Internet Service Provider) 사이에 연결함으로써 128 Kbps까지의 대역폭을 제공하게 된다. 한편 요구하는 대역폭이 미리 설정된 한계치(threshold) 이하가 되면 AO/DI는 하나 또는 두 개 B-채널을 모두 회수한다.

AO/DI의 연결 설정과정을 <그림 1>을 토대로 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

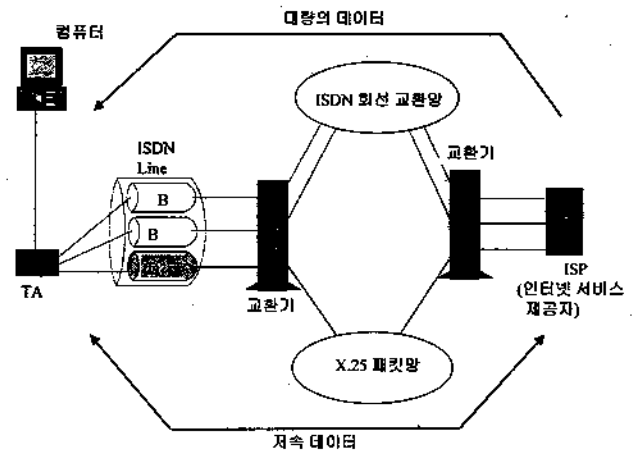


그림 1. AO/DI 망 환경.

- ① 두 가입자가 연결을 설정하게 되면 그 연결은 ISDN D-채널을 통한 연결로써 X.25 패킷 망을 경유하여 설정된다. 이 때 X.25 패킷 망으로의 액세스 회선이나 패킷 처리기(packet handler)의 병목현상으로 인한 성능 저하시에는 B-채널이 연결될 수도 있다.
- ② 한 개 또는 그 이상의 B-채널 용량을 요구하는 고속의 대역폭이 필요하게 되면 연결은 양단간의 AO/DI에 구현되어 있는 BACP에 의해 자동적으로 ISDN 회선교환망을 경유하여 설정된다. 설정된 B-채널 회선을 통해 고속의 데이터 전달이 이루어지며 D-채널을 통해서도 더 이상의

패킷이 전송되지 않는다. 이 때도 접속시간대에 따라서 인터넷 백본망 및 서버의 병목으로 인해 B-채널이 연결되지 않을 수도 있다.

- ③ 파일의 전송, 음성 혹은 FAX 등의 전송이 완료된 이후에는 설정된 B-채널(들)이 BACP에 의해 자동적으로 해제되고 연결은 다시 D-채널을 통한 X.25 패킷 연결로 변환된다.

본 연구에서는 D-채널을 통한 AO/DI 인터넷 연결시 X.25 패킷망으로의 액세스 회선 용량 결정(capacity dimensioning)과 성능 분석에 목적을 두고 있다. 즉, 현재 ISDN 교환기로 개발된 TDX-10A 교환기가 목표로 하는 중단 용량만큼의 가입자를 수용했을 때 D-채널 인터넷 패킷 트래픽의 수요를 예측하고 이를 토대로 하여 X.25 패킷망으로의 액세스 회선에 병목현상이 발생하지 않도록 필요한 용량을 제시하고자 한다. AO/DI 트래픽 특성 예측은 B-채널과 D-채널 트래픽이 교환망에서 서로 다른 경로를 경유하고 한 번의 접속 중에도 사용속도에 따라 동적으로 B-채널, D-채널을 모두 사용한다는 것을 감안한다면 매우 복잡한 과정을 필요로 한다. 본 연구에서는 AO/DI 인터넷 서비스 트래픽 수요조사 결과(한국전자통신연구원, 1999)를 토대로 인터넷 트래픽 모형(Nabe, et al., 1997; Mah, 1997)을 이용하여 AO/DI 서비스 트래픽 모형을 구축하였다. 한편 액세스 망의 용량 결정을 위해서 ARENA를 이용한 시뮬레이션 모형을 구축하였다.

1절 서론에 이어 2절에서는 AO/DI 서비스 트래픽 모형에 대해 기술하였다. 3절에서는 분석 대상인 패킷 액세스 네트워크에 대해 설명하였으며 시뮬레이션 결과 및 분석은 4절에서 다루었고 5절에 결론을 수록하였다.

2. AO/DI 서비스 트래픽 예측 및 모형

본 절에서는 인터넷 서비스 설문조사 결과와 기존의 인터넷

트래픽 모델들을 기초로 AO/DI 서비스 트래픽 예측 및 모형을 설정하였다. 설문조사는 총 2회에 걸쳐 실시되었다. 첫번째 조사는 잠실 롯데 호텔에서 개최된 KOREA ISDN '99 참석자 중 483명을 대상으로 직접 설문조사가 1999. 8. 11~8. 13일 사이에 이루어졌다. 두 번째 조사는 인터넷 설문조사 기관인 Kissnet에 의뢰하여 모두 2121명을 대상으로 1999. 9. 1~9. 8일 사이에 인터넷 설문조사를 수행하였다. 구체적인 설문조사 결과 및 분석자료는 AO/DI 서비스 트래픽 조사 특성 분석에 관한 연구(한국전자통신연구원, 1999)에 수록되어 있다.

2.1 AO/DI 인터넷 서비스

AO/DI를 이용한 인터넷 응용서비스는 크게 뉴스, 쇼핑, 전문 정보수집, 생활정보수집, 전자메일/파일전송, 게임, 채팅, 오락, 제테크, 그리고 뉴스그룹들의 10가지로 분류하였다. 이제 이들 각각의 트래픽 수요(접속횟수 그리고 1회 평균접속시간)를 토대로 AO/DI 서비스의 각 채널별 트래픽 발생량을 예측하고자 한다.

2.2 각 서비스별 트래픽 수요 예측

각 서비스별 트래픽 수요는 시간대별 접속횟수와 1회 평균 접속시간 측면에서 살펴보았다. 서비스별 트래픽 수요 예측자료는 AO/DI 서비스 트래픽 조사 특성 분석에 관한 연구(한국전자통신연구원, 1999)의 설문조사 결과를 이용하였다.

2.2.1 각 서비스의 시간대별 접속횟수

설문조사를 통하여 획득한 각 서비스의 사용 주시간대를 기초로 하루 인터넷 사용시간과 각 서비스별 하루 이용횟수를 이용하여 각 서비스의 시간대별 접속횟수를 구한다. 그 과정을 살펴보면 다음과 같다.

표 1. 각 서비스의 시간대별 접속횟수

이용시간 인터넷 서비스	24-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	15-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
뉴스	0.322	0.343	0.139	0.073	0.204	0.142	0.030	0.052	0.087	0.045	0.052	0.073	0.051	0.045	0.055	0.036
쇼핑	0.284	0.303	0.123	0.065	0.180	0.126	0.027	0.046	0.077	0.040	0.046	0.064	0.045	0.04	0.049	0.032
전문 정보수집	0.053	0.128	0.195	0.179	0.244	0.229	0.224	0.143	0.092	0.098	0.118	0.120	0.086	0.081	0.082	0.029
생활 정보수집	0.047	0.107	0.042	0.130	0.157	0.101	0.190	0.151	0.075	0.130	0.032	0.060	0.08	0.105	0.108	0.069
전자메일/파일전송	0.311	0.707	0.301	0.164	0.199	0.120	0.127	0.140	0.104	0.212	0.247	0.031	0.048	0.089	0.095	0.106
게임	0.019	0.002	0.004	0.037	0.073	0.027	0.031	0.014	0.04	0.03	0.021	0.058	0.04	0.055	0.094	0.080
채팅	0.037	0.013	0.012	0.012	0.059	0.036	0.009	0.019	0.029	0.058	0.021	0.023	0.039	0.013	0.065	0.041
오락	0.168	0.038	0.059	0.028	0.090	0.078	0.065	0.043	0.093	0.072	0.014	0.133	0.129	0.072	0.142	0.155
제테크	0.033	0.129	0.066	0.046	0.101	0.084	0.064	0.059	0.027	0.02	0.032	0.034	0.061	0.024	0.033	0.015
뉴스그룹	0.088	0.066	0.032	0.055	0.095	0.049	0.046	0.045	0.072	0.082	0.049	0.052	0.052	0.044	0.031	0.063

- 응답자의 각 서비스별, 시간대별 사용시간을 특정 시간대 사용비율(응답자가 사용시간대를 5시간에 걸쳐 응답한 경우에는 1/5) × 하루사용시간으로 산출한 후 이 값을 기초로 각 서비스별로 시간대를 횡축으로 한 도수분포표(histogram)를 작성한다.
- ‘각 서비스별 하루 이용횟수 × 해당 시간대의 도수(%)’를 그 시간대의 접속횟수로 한다.

위의 두 과정을 거쳐 유도된 각 서비스의 시간대별 접속횟수를 <표 1>에 요약 정리하였다.

2.2.2 1회 평균 접속시간

각 서비스의 접속당 평균 지속시간은 설문조사 결과를 통해 유도된 각 서비스의 하루당 이용시간을 각 서비스의 1일 접속횟수로 나누어 사용하였다. 접속횟수가 1보다 작은 경우에는 이를 1로 바꾸어 계산하였다. 다음 <표 2>에 결과를 요약하였다.

표 2. 각 서비스별 1회 평균 접속시간

인터넷 서비스	1회 평균 접속시간
뉴스	8.84분
쇼핑	8.82분
전문 정보수집	20.4분
생활 정보수집	12.07분
전자메일/파일 전송	9.89분
게임	12.71분
채팅	17.61분
오락	13.95분
재테크	8.29분
뉴스 그룹	9.07분

2.3 각 서비스의 1회 접속당 채널별 발생 트래픽 양

AO/DI 인터넷 서비스중 채팅을 제외한 서비스들의 1회 접속당 발생 트래픽 양은 다음과 같이 유도할 수 있다.

2.3.1 각 서비스 document(혹은 web page)의 파일 구성 내역 및 크기

각 서비스는 1회 접속시 여러 개의 document를 발생시키고 하나의 document는 또 여러 개의 서로 상이한 파일들로 구성된다. 파일의 종류는 Nabe, et al.(1997)에 나와 있는 text, image, audio, motion video, CGI, 그리고 compressed data들의 모두 6가지 종류로 생각하였다. 이 때 각 파일의 평균크기는 실험적으로 구하였는데 <표 3>에서 보는 바와 같이 text가 5.4 Kbyte, image의 약 80%는 9.2 Kbyte 그리고 20%는 30 Kbyte, audio는 161 Kbyte, motion video는 858 Kbyte, CGI는 5.8 Kbyte, 그리고 compressed data는 52.6 Kbyte로 나타났다.

표 3. 각 서비스들의 Document 구성 파일

파일종류 파일 크기	text	image	audio	m.video	CGI	C.D
		5.4K	13.4K	161K	858K	5.8K
서비스						
뉴스	2	2	0	0	0.5	0
쇼핑	1	2	0	0	0.5	0
전문정보	1	1	0	0	0	0.1
생활정보	1	1	0	0.01	0	0
전자메일	2	0.5	0	0	0	0.3
게임	0	3	0.05	0.01	0	0
오락	0	3	0.05	0.01	0	0
재테크	0.5	1	0	0	0.5	0
뉴스그룹	1	0.5	0	0	0.5	0

2.3.2 document의 채널당 발생 트래픽 양

<표 3>의 구성파일 중 text와 CGI, 그리고 image의 80% (9.2 Kbyte)는 D-채널을 이용하고 audio, motion video, compressed data, 그리고 image파일의 20%(30 Kbyte)는 B-채널을 사용한다고 가정하였다.

이 때 특정 서비스의 한 document가 전송되는 채널과 그 경우의 확률, 그리고 document의 트래픽 크기를 계산하면 다음 <표 4>와 같다. 예로 뉴스의 한 document는 <표 3>으로부터 평균적으로 두 개의 text 파일과 2개의 image 파일로 구성되며 CGI 파일을 포함할 확률은 1/2이 됨을 볼 수 있다. 이 때 뉴스의 한 document가 D-채널을 이용할 확률은 두 개의 image 파일 크기가 모두 9.2 Kbyte일 경우이다. 이 확률은 $0.64(=0.8 \times 0.8)$ 로 계산되며 따라서 B-채널 이용 확률은 0.36이 된다. 이 때 document의 트래픽 크기는 여러 가지의 경우가 있을 수 있다. text 파일 2개와 9.2 Kbyte image 파일 2개로 구성된 document는 확률 0.32로 29.2 Kbyte의 D-채널 트래픽 양을 갖게 되며 만약 CGI 파일이 추가로 내포된다면 확률 0.32로 35 Kbyte의 D-채널 트래픽을 발생시킨다. 한편 2개의 text 파일과 9.2 Kbyte image 파일 1개, 30 Kbyte image 파일 1개, 그리고 CGI 파일로 구성된 document는 확률 0.16으로 55.8 Kbyte 트래픽을 B-채널에 발생시키게 된다.

2.3.3 인터넷 서비스 1회 접속당 발생하는 평균 document 개수

앞 절에서 언급한 것처럼 인터넷 서비스는 한 번 접속시 다수 개의 document를 발생시키는데 그 평균 개수, 즉 인터넷 서비스 1회 접속당 발생하는 document 개수는 다음 식에 의해 유도될 수 있다.

$$\text{특정 서비스의 1회 평균접속시간} = \text{transfer time} + \text{think time}$$

위 식에서 transfer time은 웹 페이지가 전송되는 시간을 나타

표 4. 각 document의 채널별 발생 트래픽 양

웹 페이지	B-채널 이용 확률	B-채널 트래픽 양(확률)	D-채널 이용 확률	D-채널 트래픽 양(확률)
뉴스	0.36	50K(0.16) 55.8K(0.16) 70.8K(0.02) 76.6K(0.02) 평균: 55.21K	0.64	29.2K(0.32) 35K(0.32) 평균: 32.1K
쇼핑	0.36	44.6K(0.16) 50.4K(0.16) 65.4K(0.02) 71.2K(0.02) 평균: 49.81K	0.64	23.8K(0.32) 29.6K(0.32) 평균: 26.7K
전문 정보수집	0.28	35.4K(0.18) 67.2K(0.08) 88K(0.02) 평균: 48.25K	0.72	14.6K
게임/오락	0.5185	48.4K(0.3612) 69.2K(0.0903) 90K(0.0075) 188.6K(0.02434) 209.4K(0.01902) 230.2K(0.00472) 251K(0.0004) 885.6K(0.0049) 906.4K(0.0036) 927.2K(0.0009) 948K(0.000076) 1046.6K(0.00026) 1067.4K(0.000192) 1088.2K(0.000048) 1109K(0.000004) 평균: 83.69K	0.4815	27.6K
전자메일/파일전송	0.37	40.8K(0.07) 63.4K(0.15) 72.6(0.12) 93.4(0.03) 평균: 64.54K	0.63	10.8K(0.35) 20K(0.28) 평균: 14.89K
생활 정보수집	0.208	35.4K(0.198) 872.6K(0.008) 893.4K(0.002) 평균: 75.85K	0.792	14.6K
재테크	0.2	30K(0.05) 35.4K(0.05) 35.8K(0.05) 41.2K(0.05) 평균: 35.6K	0.8	9.2K(0.2) 14.6K(0.2) 15K(0.2) 20.4K(0.2) 평균: 14.8K
뉴스그룹	0.1	35.4K(0.05) 41.2K(0.05) 평균: 38.3K	0.9	5.4K(0.25) 11.2K(0.25) 14.6K(0.2) 20.4K(0.2) 평균: 12.37K

표 5. transfer time

웹 페이지 크기	transfer time
0~10K	5초
10~30K	10초
30~50K	15초
50~100K	20초
100~300K	25초
300~500K	30초
500K 이상	40초

내는데 이는 An Empirical Model of HTTP Network Traffic(Mah, 1997)의 <그림 9>를 토대로 구하였다. <표 5>는 웹 페이지의 크기별 transfer time을 나타내 준다.

한편 think time은 document간 이용자가 소비하는 시간 간격을 나타내는데, 이는 An Empirical Model of HTTP Network Traffic(Mah, 1997)의 실측 자료를 토대로 유추하였다. 이 연구에서는 여러 가지의 경우 think time을 실측하였는데 일부 결과는 median이 15초 정도로 짧았으며 또 다른 실측결과는 이보다 훨씬 큰 값을 보여주고 있다. 본 연구에서 위 실측 결과를 감안하여 각 서비스별 think time을 유추하였고 특정 서비스의 평균 1회 접속시간과 transfer time, 그리고 think time을 토대로 1회 접속당 발생하는 웹 페이지의 개수를 구하여 다음의 <표 6>으로 정리하였다.

표 6. think time 및 1회 접속당 발생 document 개수

서비스	Think time	1회 접속당 document 수
뉴스	20초	15.15
쇼핑	25초	13.23
전문 정보수집	40초	24.48
생활 정보수집	30초	18.11
전자 메일/파일 전송	90초	5.56
게임	15초	21.79
오락	15초	23.91
재테크	45초	9.04
뉴스그룹	45초	9.89

2.3.4 각 서비스의 1회 접속당 채널별 발생 트래픽 양
이제 위의 ①, ②, 그리고 ③의 결과를 토대로 하여 각 서비스의 1회 접속당 채널별 발생 트래픽 양을 다음과 같이 계산할 수 있다.

- 각 서비스의 1회 접속당 채널별 발생 트래픽 양
= 각 서비스의 1회 접속당 발생 document 개수
× 해당 document의 채널별 이용 확률
× 해당 document의 채널별 평균 발생 트래픽 양

표 7. 각 서비스의 1회 접속당 채널별 발생 트래픽 양

서비스	B채널	D채널	총계
뉴스	301.20K	311.33K	612.53K
쇼핑	237.24K	226.07K	463.31K
전문 정보수집	330.72K	257.33K	588.06K
생활 정보수집	285.64K	209.35K	494.99K
전자메일/파일 전송	472.34K	185.55K	657.89K
게임	945.48K	289.56K	1235.03K
채팅		5.283K	5.283K
오락	1037.72K	317.81K	1355.53K
재테크	64.39K	107.08K	171.47K
뉴스 그룹	37.90K	110.16K	148.05K

• 시간대별 각 서비스의 채널별 발생 트래픽 양

= 시간대별 각 서비스의 접속횟수

× 서비스의 1회 접속당 채널별 발생 트래픽 양

각 시간대별로 각 서비스의 채널별 발생 트래픽 양을 합산하여 이 중 크기가 가장 큰 시간대를 최번시로 설정하였다. 계산 결과는 B-채널과 D-채널 모두 오전 9~10시가 최번시로 나타났다. 이 때 각 서비스의 채널별 발생 트래픽 양은 <표 8>과 같다.

3. X.25 패킷망으로의 액세스 망(Access Network) 모델

본 연구의 목적은 서론에서도 밝혔듯이 D-채널을 통한 AO/DI 인터넷 연결시 X.25 패킷망으로의 액세스 회선(access line) 용량 결정과 성능 분석에 두고 있다. X.25 패킷망으로의 액세스 망 모델이 <그림 2>에 나타나 있다.

한편 채팅의 경우는 초당 5byte의 크기로 트래픽이 발생하고 D-채널을 사용한다고 가정하여 다음과 같이 구하였다.

- 채팅의 1회 접속당 발생 트래픽 양
 - = 1회 평균 접속시간 (17.61분) × 5 byte/sec
 - = 5.283 Kbyte

<표 7>에 위의 계산 결과를 정리하였다.

2.4 각 서비스의 시간대별, 채널별 발생 트래픽 양 계산 및 최번시 트래픽 양 결정

2.2에 나와 있는 각 서비스의 시간대별 접속횟수와 2.3에서 유도한 1회 접속당 발생 트래픽 양을 토대로 시간대별로 각 서비스의 채널별 발생 트래픽 양을 구한다. 즉,

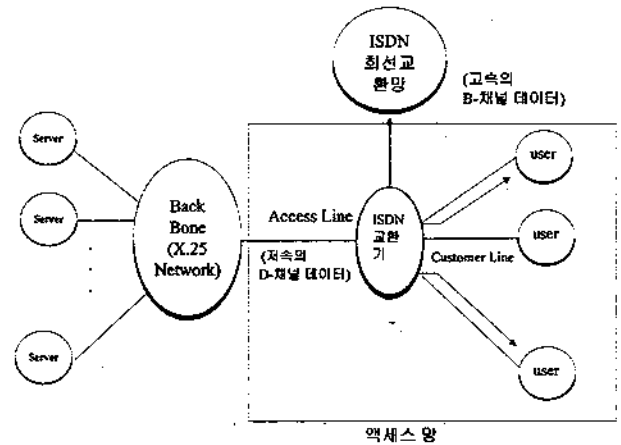


그림 2. 액세스 망 모델.

표 8. 최번시 오전 9~10시의 가입자당 채널별 발생 트래픽 양

	서비스	접속 횟수(1)	B채널			D채널			계
			사용 확률 (2)	1회 접속 트래픽(3)	발생 트래픽 (1)*(2)*(3)	사용 확률 (4)	1회 접속 트래픽 (5)	발생 트래픽 (1)*(4)*(5)	
AO/DI 인터넷 서비스	뉴스	0.343	0.360	836.67K	103.31K	0.64	486.45K	106.78K	210.09K
	쇼핑	0.303	0.360	659.00K	71.88K	0.64	565.18K	68.50K	140.38K
	전문 정보수집	0.128	0.280	919.04K	42.33K	0.72	357.4K	32.94K	75.27K
	생활 정보수집	0.107	0.208	1373.27K	30.56K	0.79	264.33K	22.40K	52.96K
	전자메일	0.707	0.370	1276.59K	333.94K	0.63	294.52K	131.18K	465.08K
	게임	0.002	0.519	1823.49K	1.89K	0.48	601.37K	0.58K	2.47K
	채팅	0.013	—	—	—	—	5.283K	0.07K	0.07K
	오락	0.038	0.519	2001.39K	39.43K	0.48	660.04K	12.08K	51.51K
	재테크	0.129	0.200	321.95K	8.30K	0.80	133.85K	13.81K	22.11K
	뉴스그룹	0.066	0.100	379.00K	2.50K	0.90	122.4K	7.27K	9.77K
	총계				634.31K			395.58K	1029.6K

이 망에서 각 가입자는 2B+D의 가입자 회선을 통해 ISDN 교환기로 접속된다. ISDN 교환기의 패킷 처리기(packet handler)를 거친 저속의 D-채널 트래픽은 액세스 회선을 통해 백본망인 X.25 망으로 전송된다. 본 연구에서는 X.25 백본망과 가입자 회선, 그리고 ISDN 교환기의 패킷 처리기가 모두 충분한 용량을 갖고 있다는 가정하에 액세스 회선의 필요 용량 결정에 초점을 맞추었다. 이 액세스 회선은 대기 모델(queueing model)로 모형화할 수 있다. 여기서 서버(server)는 액세스 회선, 그리고 도착하는 고객(customer)은 패킷(packet)에 각각 해당한다.

먼저 액세스 회선에 도착하는 D-채널 트래픽은 관측 수준(level)에 따라 다음 <그림 3>의 4단계로 살펴볼 수 있다.

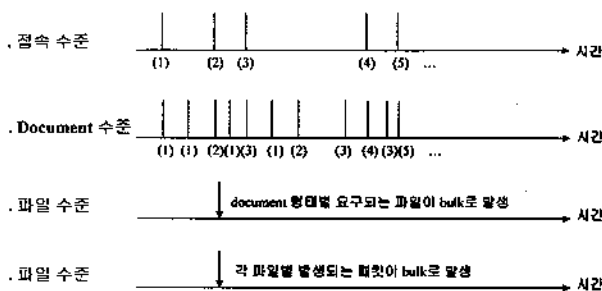


그림 3. 관측 수준별 액세스 회선의 D-채널 트래픽
(n): 접속 번호

최상위 수준인 접속은 최번시에 가입자들이 특정 서비스를 사용하는 경우를 나타내는데 이는 Poisson 분포로 가정할 수 있다. 예로 <표 8>에 나와 있는 뉴스의 최번시 가입자당 접속횟수는 0.343인데 50,000 가입자에 AO/DI 가입률 50%를 가정할 경우 뉴스의 접속횟수는 평균 8575(=0.343×50,000×0.5)인 포아송 분포를 따른다고 가정할 수 있다. 한 번의 인터넷 서비스 접속은 다수 개의 document를 발생시키는데, 이 개수 역시 큰 무리없이 Poisson 분포를 따른다고 가정할 수 있다. document의 평균 발생 개수는 인터넷 서비스 종류에 따라 다른데 이는 <표 6>의 결과를 이용한다. 한편 파일 수준에서는 각각 document의 형태별로 요구되는 파일(<표 3> 참조)이 bulk로 document 발생 시점에 도착한다고 볼 수 있다. 파일의 크기는 종류별로 서로 다른 평균(<표 3> 참조)을 갖는 지수분포로 가정한다. 패킷의 크기를 S(bit)라고 가정하면 패킷 수준에서는 도착한 파일의 종류에 따라 파일 발생시점에 평균 패킷 개수가 '파일의 크기/S'를 갖는 포아송 분포에 의거, 적당한 개수의 패킷을 bulk로 발생시키게 된다.

액세스 회선에 도착하는 트래픽을 종합적으로 살펴보면 document 수준에서 Poisson 분포를 따르는 document들의 도착이 발생하고 각 도착시점에 패킷이 bulk로 발생되는 형태를 취한다. 이 때 각 file별 패킷의 bulk 크기는 '각 파일의 크기/S'를 평균으로 갖는 Poisson 분포를 따른다.

액세스 회선의 용량을 C(Mbps)라고 하면 각 패킷의 서비스 시간은 S/C로 일정하게 주어지며 서비스 방식은 FCFS 정책을

가정하였다. 본 연구에서는 액세스 회선의 성능 측도(performance measure)로서 패킷 지연시간을 사용하였다. 패킷의 지연시간이 100 ms(0.1s) 이하가 될 확률을 95% 이상 보장해 주는 $[Pr(\text{패킷지연시간} \leq 100 \text{ ms}) \geq 0.95]$ 액세스 회선 용량을 주어진 가입자수와 AO/DI 가입률에 따라 구하였다.

본 연구에서 사용자의 총수는 50,000명으로 설정하였고 이 중 AO/DI 가입률은 10~50% 사이의 값을 갖는 것으로 가정하였다.

4. 시뮬레이션 모형 및 분석 결과

본 절의 시뮬레이션 모형은 3절에서 논의한 액세스 망에 기초하여 구축하였으며 ARENA 시뮬레이션 언어를 사용하였다. 시뮬레이션은 최번시인 오전 9~10시의 트래픽 모델에 대해 4600초 동안 시뮬레이션을 수행하였으며 1000초는 warm-up 기간으로 삭제하고 1000~4600초 동안의 시뮬레이션 결과로부터 성능을 분석하였다.

4.1 시뮬레이션 파라미터

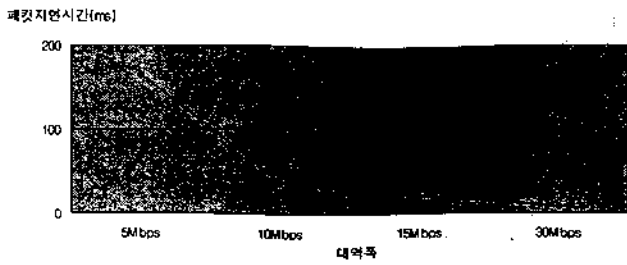
다음 <표 9>에 본 시뮬레이션에서 사용한 파라미터들을 정리하였다.

표 9. 시뮬레이션 파라미터

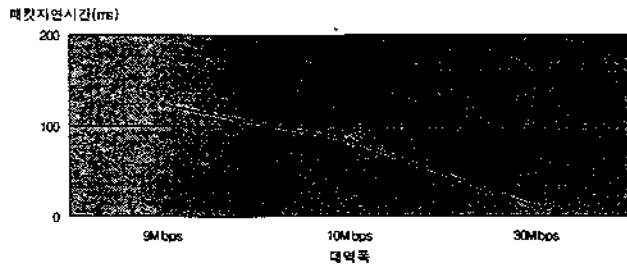
시뮬레이션 파라미터	값
총 가입자수	50,000명
AO/DI 가입률	10%, 20%, 30%, 40%, 50%
각 서비스별 접속횟수	'50,000 AO/DI 가입률×최번시의 서비스별 가입자당 접속횟수(<표 8>)'를 평균으로 갖는 Poisson 분포
1회 접속시 document 발생 개수	서비스별로 <표 6>의 평균을 갖는 Poisson 분포
하나의 document당 발생하는 파일 종류 및 개수	서비스별로 <표 3>에 의해 결정
각 파일의 크기	파일별로 <표 3>의 평균 크기를 갖는 지수분포
각 파일별 발생 패킷 수	(각 파일의 크기/패킷 크기)를 평균으로 갖는 Poisson 분포
패킷 크기(S)	1Kbit

4.2 시뮬레이션 분석 결과

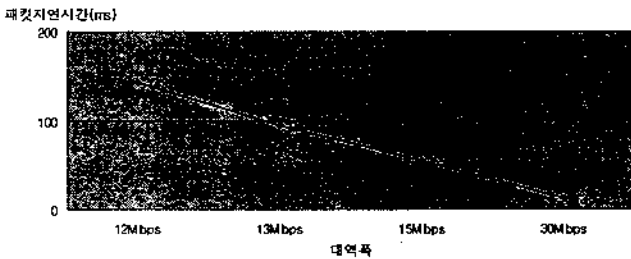
다음 <그림 4>는 주어진 AO/DI 가입률하에서 $Pr(\text{패킷지연시간} \leq x) \geq 0.95$ 가 되는 지연시간 x를 액세스 라인의 전송 속도에 따라 나타낸 결과이다. 각 그림의 ()안의 수치는 전송 대역폭 30 Mbps하에서 평균 지연시간을 나타낸다.



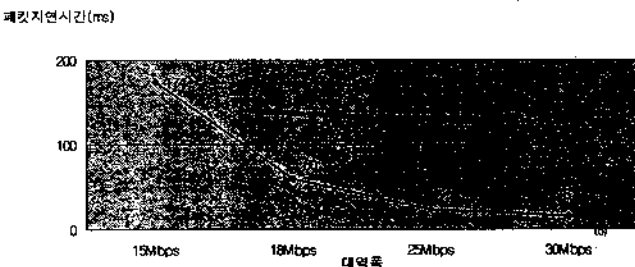
(a) AO/DI 가입률 10%



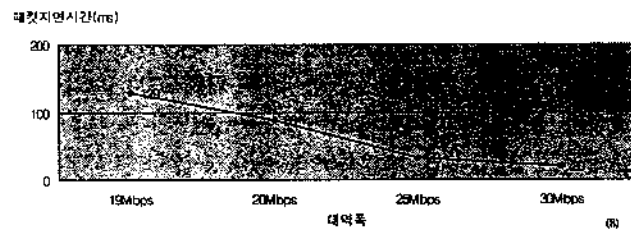
(b) AO/DI 가입률 20%



(c) AO/DI 가입률 30%



(d) AO/DI 가입률 40%



(e) AO/DI 가입률 50%

그림 4. 전송속도에 따른 $Pr(\text{패킷지연시간} \leq x) \geq 0.95$ 가 되는 지연시간 x

한편 다음 <표 10>은 $Pr(\text{패킷지연 시간} \leq 100 \text{ ms}) \geq 0.95$ 를 만족시키는 액세스 회선 용량 및 그 때의 회선 점유도를 보여 주고 있다.

표 10. $Pr(\text{패킷지연 시간} \leq 100 \text{ ms}) \geq 0.95$ 를 만족시키는 액세스 회선 용량과 점유율

AO/DI 가입률(%)	10	20	30	40	50
요구 대역폭	7	10	13	17	20
회선 점유율(%)	55.6	67.8	77.7	74.5	83.9

한편 <그림 2>의 액세스 회선상에서의 평균 패킷 지연시간은 대기 이론을 이용하여 근사적으로 유도할 수 있다. 액세스 회선에 도착하는 트래픽을 살펴보면 document들이 Poisson분포에 따라 도착하고 각 도착시점에 패킷이 bulk로 발생되는 형태를 취한다. 패킷의 처리시간을 S/C 로 일정하게 하는 대신 평균 S/C 를 갖는 지수분포로 가정하면 액세스 회선은 bulk 도착을 갖는 M/M/1모델로 모형화될 수 있다. 즉,

- document 평균 도착률 (λ)

$$= \left\{ \sum_i (50,000 \times \text{AO/DI 가입률} \times \text{최번시의 서비스 } i \text{의 가입자당 접속횟수} \times \text{서비스 } i \text{의 1회 접속당 document 발생개수} \times \text{D채널 사용확률}) / 3600 \right\}$$

- 평균 서비스율 (μ): S/C

- 패킷 bulk의 크기: <표 3>을 토대로 도착하는 패킷 bulk 크기의 확률 분포 $g_k (k=1, 2, \dots)$ 를 구하면 다음 <표 11>과 같다.

표 11. 패킷 bulk 크기의 확률분포

Bulk 크기	g_k
1	0.0071
44	0.0100
74	0.0176
90	0.2258
120	0.1711
165	0.1948
192	0.0825
222	0.0218
239	0.1759
283	0.0934

이 때 P_k 를 시스템 내에 있는 패킷 개수를 나타내는 평형상태 확률이라 하면 이의 Z-변환(Z-transform)은 다음과 같이 나타난다 (Kleinrock).

$$P(z) = \frac{\mu(1-\rho)(1-z)}{\mu(1-z) - \lambda z[1-G(z)]}$$

위의 식에서 $G(z)$ 는 g_k 의 z-변환을 나타낸다. 위식을 토대

표 12. bulk 도착을 갖는 M/M/1 모델을 이용한 평균지연시간

가입률(%)	10	20	30	40	50
평균지연시간(ms)	3.7	4.1	4.8	5.7	7.2

로 전송속도 30 Mbps하에서 가입률에 따른 평균지연시간을 구하면 <표 12>와 같다.

한편 <그림 4>에 따르면 전송 대역폭 30 Mbps하에서 평균 패킷 지연시간의 시뮬레이션 결과는 가입률(10~50%)에 따라 각각 3.7 ms, 4 ms, 5 ms, 6 ms, 그리고 8 ms로 나타났다. 이는 <표 12>의 결과와 매우 유사함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 현재 ISDN 교환기로 개발된 TDX-10A 교환기가 목표로 하는 중단 용량만큼의 가입자를 수용했을 때 D-채널을 통한 AO/DI 인터넷 서비스 연결시 X.25 패킷망의 액세스 회선 용량결정과 성능분석에 목적을 두고 있다.

이를 위해 AO/DI 수요를 예측하고 이로부터 D-채널 발생 트

래픽 양을 파악하였다.

본 연구에서는 X.25 백분망과 가입자 회선, 그리고 ISDN 교환기의 패킷 처리기가 모두 충분한 용량을 갖고 있다는 가정하에 액세스 망의 시뮬레이션 모델을 통해 액세스 회선의 필요 용량 결정에 초점을 맞추었다. P_r (패킷 지연시간 ≤ 100 ms) ≥ 0.95 를 성능 요구 조건으로 하였을 때 액세스 회선의 필요 용량은 50,000명 가입자 수용시 AO/DI 가입률(10~50%)에 따라 8 Mbps~20 Mbps의 값을 갖는 것으로 나타났다.

한편 본 연구에서는 근사적으로 패킷 평균지연시간을 산출할 수 있는 대기모형을 아울러 제시하였다.

참고문헌

한국전자통신연구원(1999. 12), AO/DI 서비스 트래픽 조사 특성 분석에 관한 연구, 최종 연구 보고서.
 Kleinrock, L., *Queueing Systems, 1, Theory*, John Wiley & So.
 Mah, B. A. (1997), An Empirical Model of HTTP Network Traffic, *IEEE Inform.*, 592-600.
 Nabe, M., Murata, M., and Miyahara, H. (1997), Analysis and modeling of WWW traffic for capacity dimensioning for Internet access lines, *SPIE*, 3231, 2-12.



이강원
 서울대학교 공과대학 산업공학과 학사
 서울대학교 공과대학 산업공학과 석사
 Kansas State University 산업공학과 박사
 현재: 서울산업대학교 산업공학과 교수
 관심분야: ATM, 이동통신시스템 트래픽 분석, 신뢰도 분석



국광호
 서울대학교 공과대학 산업공학과 학사
 서울대학교 공과대학 산업공학과 석사
 Georgia Institute of Technology 산업공학과 박사
 현재: 서울산업대학교 산업공학과 교수
 관심분야: 대기행렬이론, 이동통신시스템 트래픽 제어 및 성능평가



정광재
 전북대학교 전자공학과 학사
 전북대학교 전자공학과 석사
 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
 현재: 제너닷컴, 과장
 관심분야: 지능망(IN), ISDN 서비스, IP 라우터, VoIP



김태일
 숭실대학교 컴퓨터공학과 학사
 정보통신기술사
 현재: 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원
 관심분야: 지능망(IN), IMT-2000, IP 라우터