

# IP over ATM 상에서 DV와 MPEG2 스트림의 트래픽 특성 고찰

이 재 기<sup>†</sup> · 사이토 타다오<sup>††</sup>

## 요 약

본 논문은 일본 기가비트 네트워크 테스트베드인 JGN 상에서 대표적인 스트림형 트래픽인 DV와 MPEG2에 대한 최종 사용자간에 실측을 통하여 초고속 네트워크 상에서 정상 부하의 변화에 따른 각 스트림 트래픽의 전송 지연과 패킷 손실에 대하여 고찰한 것이다. 이 결과에 의하면 50Mbps의 IP over ATM 상에서 DV와 MPEG2 스트림을 전송할 때, 부가된 정상 부하의 패킷 크기(512바이트 이상)에 무관하게 부하율이 네트워크 대역폭의 약 95%에 달하는 시점에서 패킷 손실이 다량 발생하고 전송 지연도 급증하였다. 또한 최종 사용자 시스템상의 버퍼 크기와 송수신 버퍼 수는 전송 지연과 패킷 손실에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

## Consideration about Traffic Characteristics of DV and MPEG2 Streams on IP over ATM

Jae Kee Lee<sup>†</sup> · Tadao Saito<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we measured and examined RTT delays and packet losses according to the changes of stationary loads for two typical stream-type traffics, a DV and a MPEG2 on the R&D Gigabit Network testbed, JGN. As the result of our actual measurements, we realized that the packet size of stationary load have no effects on a DV and a MPEG2 stream on the very high-speed network(50Mbps, IP over ATM). When its bandwidth and stationary load exceeds 95% of network bandwidth, packet losses appeared and RTT delay increased rapidly. Also we realized that the number and size of Receive & Transmit buffer on the end systems have no effects on packet losses and RTT delays.

키워드 : DV, MPEG2, 전송 지연(Transmission delay), 패킷 손실(Packet loss), 기가비트 네트워크(Gigabit network)

### 1. 서 론

최근 인터넷 이용이 급증하면서 종래 텍스트 위주의 정보 교환에서 음성과 화상 등을 포함한 실시간성과 상호 대화성이 높은 멀티미디어에 의한 정보(이것을 스트림형 정보라고 함) 교환이 증가하고 있다. 이와 같은 시대적 변화에 적극적으로 대처하기 위해 보다 고속인 네트워크와 보다 고품질의 네트워크 서비스에 대한 연구가 1996년 10월 미국의 NGI(Next Generation Internet) 구상 발표 이후, 각국에서 활발하게 추진되고 있다[1]. 특히 차세대 인터넷과 관련한 애플리케이션 연구개발에는 실시간 멀티미디어를 이용한 원격 몰입감(Tele-immersion), 가상 실험실(Virtual Laboratories), 디지털 도서관(Digital Libraries), 원격 교육(Distance-independent Learning) 등이 주류를 이루고 있다[2-5].

앞으로 인터넷 상에서 이와 같이 스트림형 정보 교환이

점차 증가할 것으로 예상되고 Everything over IP와 IP over Everything 서비스가 활발하게 제공될 것이다[6]. 일본에서도 차세대 초고속 네트워크의 연구개발용 테스트베드인 JGN(Japan Gigabit Network)이 1999년 4월부터 운용을 시작하여, 초고속 네트워크 기반 기술과 더불어 영상과 VR(Virtual Reality) 등의 기술을 포함한 스트림형 애플리케이션에 대한 연구개발이 활발하게 수행되고 있다[7-9]. 그러나 JGN 상에서의 스트림형 트래픽에 대한 애플리케이션 수준에서의 실측과 분석은 부분적으로 수행되었지만[10-12], 동일한 스트림형이면서도 성질이 다른 DV(Digital Video)와 MPEG2[13]에 대한 트래픽 특성의 비교는 아직 수행된 바가 없다. 그러므로 JGN 상에서 대표적인 스트림형 트래픽인 DV와 MPEG2 트래픽의 실측을 수행하여, 네트워크측에는 전송 지연과 패킷 손실을 최소한으로 억제하여 전송 효율을 향상시키고, 사용자측에는 품질이 높은 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는 방안을 도출하는 연구가 필요하다.

JGN 상에서의 대표적인 관련 연구인 문헌[12]는 ATM 네트워크 상에서 DV 전송 시스템에 대한 지연(Delay)과 품

\* 이 논문은 1999학년도 동아대학교 학술연구조성비(국외연구과제)에 의하여 연구되었음.

† 정 회 원 : 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

†† 비 회 원 : 일본 중앙대학 교수

논문접수 : 2003년 9월 2일, 심사완료 : 2003년 10월 17일

질(Quality)에 대하여 기술하고 있다. 여기서는 소프트웨어에 의한 DV 전송인 경우 전송 지연중에 처리 지연이 주된 것으로 위성 통신과 유사한 약 200msec 정도이지만 하드웨어로 구현하면 약 100msec 이하로 줄일 수 있음을 보이고 있다. 또한 최종 사용자 시스템의 버퍼 크기가 크면 패킷 손실은 적지만 지터의 영향이 커짐을 보이고 있다.

JGN 이외의 네트워크 환경에서 DV와 MPEG2 스트림 전송과 관련한 연구로는 문헌[14, 15] 등이 있다. 문헌[14]는 인터넷 상에서의 DV 스트림 설계와 구현에 관한 것으로, 실제 DV 전송 시스템을 구현하여 일본과 미국간의 Trans PAC [16]을 통한 실험을 수행한 것이다. 인터넷 상에서는 전송 지연과 패킷 손실의 영향을 많이 받지만, 개발된 DV 전송 시스템에서는 패킷 손실이 발생하면 DV 스트림내의 화상 데이터를 드롭 시키도록 문제가 없고 단지 음성 부분에 대한 고려만 하면 인터넷 상에서의 DV 전송도 가능함을 보이고 있다. 또 문헌[15]는 MPEG2 비디오 통신에서의 성능에 에러와 지연의 영향을 다루고 있다. 여기서 MPEG2 비디오 화질에 대한 비트 에러의 효과는 디코더에서 MPEG2의 TS(Transport Stream) 패킷 경계와 PCR(Program Clock Reference) 동기를 유지할 수 없기 때문에 발생하며, 양방향 서비스인 경우 CTD(Cell Transfer Delay)는 실시간 비디오 처리에 있어 중요한 요소로서 150msec 이하이면 영향이 적지만 400msec 이상이면 화질에 심각한 영향을 미친다고 한다.

본 논문에서는 초고속 네트워크 상에서의 실시간 멀티미디어 애플리케이션(TV 방송, VoD, 실시간 전송, 비디오 회의, 원격 교육 등)에 많이 사용되고 있는 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 트래픽을 IP over ATM으로 구축되어 있는 JGN 상에서 실험한다. 이것에 의해 프레임 내(IntraFrame) 압축 기법을 채택하고 있는 DV와 프레임간(InterFrame) 압축 기법을 채택하고 있는 MPEG2의 애플리케이션 수준에서의 QoS(Quality of Service)와 밀접한 관계를 가지고 있는 전송 지연과 패킷 손실을 위주로 트래픽 특성을 비교하고 고찰한다. 다시 말하여, JGN상에서 DV와 MPEG2 스트림의 각각에 대한 트래픽 파라미터(RTT, 패킷 손실)가 최종 사용자 측에서 부가된 정상 부하에 따라 어떠한 영향을 받는지에 대하여 분석한다.

본 논문의 구성은 1절의 서론에서 연구 배경과 필요성 및 관련 연구에 이어, 2절에서 실험 환경과 가정 및 실험 조건 등의 실험 시스템에 대하여 기술하고, 3절에서 구축된 실험 환경 하에서의 대표적인 스트림형 트래픽인 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 실험 데이터에 의한 DV와 MPEG2의 트래픽 특성을 비교하고 고찰한 뒤, 4절에서 결론을 맺는다.

2. 실험 시스템의 개요

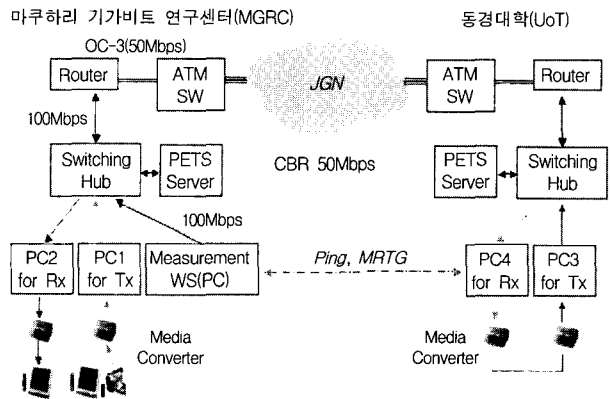
2.1 실험 시스템의 환경

(그림 1)은 JGN에 접속된 액세스 포인트 중의 하나인 마

쿠하리(幕張) 기가비트 연구센터(이하 MGRC[Makuhari Gigabit Research Center]로 약함)와 동경대학(이하 UoT[University of Tokyo]로 약함)간에 설치된 DV와 MPEG2 트래픽 실험 시스템의 구성이다. 실험 네트워크인 JGN은 MGRC와 UoT간을 ATM CBR(Constant Bit Rate) 50Mbps로 연결되어 있다. 여기서 CBR로 측정된 것은 지연과 지터 및 패킷 손실에 대해 엄격한 요구를 하는 실시간 애플리케이션에 적합하기 때문이다[16].

DV 트래픽의 실험에 있어 DV 카메라와 DV용 PC간에는 IEEE 1394로, DV용 PC와 스위칭 허브간 그리고 스위칭 허브와 라우터간은 Fast Ethernet으로, 라우터와 ATM 스위치간은 OC-3로 접속되어 있다. 또 MPEG2 트래픽의 실험에 있어 DV용 카메라와 MPEG2 엔코더/디코더 보드간은 DV에 사용하는 미디어 변환기를 사용하지 않고 직접 비디오와 오디오 케이블에 접속한다.

DV와 MPEG2 스트림 모두 정상 부하에 따른 트래픽의 영향을 조사하기 위해 의사 트래픽 발생장치(Pentium II, Windows NT 4.0)인 PETS(Performance Test System with traffic generator) 서버와 클라이언트를 사용한다. 이 경우 정상 부하의 패킷 크기별로 부하율은 0%(무부하)에서 90%(45Mbps)까지 변경시켜 인가하면서 측정한다.



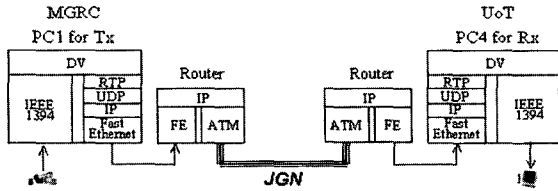
(그림 1) 실험 시스템의 구성

더욱이 DV 실험 시스템(Pentium II, FreeBSD 3.1) 및 MPEG2 실험 시스템(Pentium II, Windows NT 4.0)은 MGRC와 UoT에 각각 송신용 PC와 수신용 PC를 준비하고, MGRC의 송신용 PC(PC1 for Tx)를 통하여 IEEE 1394로 연결되어 있는 DV용 카메라에서 영상(디비오 + 오디오)을 UoT의 수신용 PC(PC4 for Rx)에 보낸다.

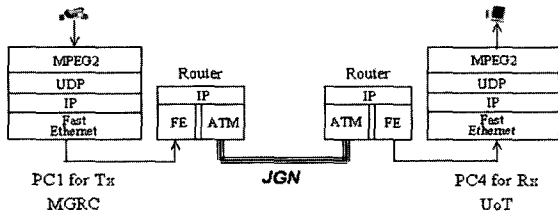
또 MGRC의 실험측으로부터의 전송 확인을 위해 UoT의 수신용 PC에 도착한 DV와 MPEG2 스트림은 송신용 PC(PC3 for Tx)를 경유하여 MGRC의 수신용 PC(PC2 for Rx)에 되돌아오게 한다. 이때 실제 트래픽 파라미터 측정은 MGRC에 있는 측정용 시스템(Sun Ultra5, Sun OS 5.6)상에서 UoT에 있는 수신용 PC(PC4 for Rx)에 대하여 수행한다.

(그림 2)는 측정 시스템에 사용한 DV 시스템과 MPEG2

시스템의 프로토콜 구조를 나타내고 있다. DV용 카메라에서 입력된 영상을 IP 패킷화하는 프로그램으로서, DV 시스템은 WIDE 프로젝트에서 작성한 FreeBSD용 DVTS이고 [17], MPEG2 시스템은 Winsock2에 의한 전용 통신 프로그램을 사용하였다[18].



(a) DV 시스템의 프로토콜 구조



(b) MPEG2 시스템의 프로토콜 구조  
(그림 2) 실측 시스템의 프로토콜 구조

2.2 실측 가정과 조건

DV와 MPEG2 스트림에 대한 실측은 다음과 같은 가정과 조건으로 수행한다.

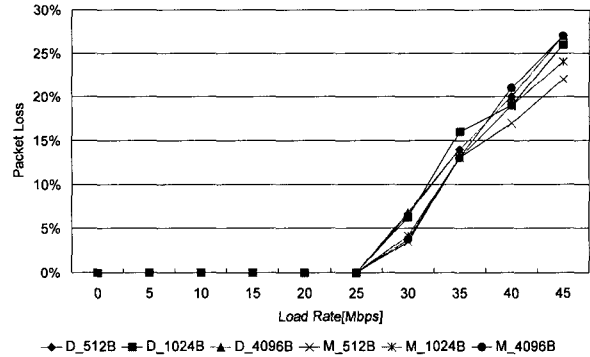
- ① 실측에 사용한 스트림(영상)은 DV와 MPEG2에 동일한 것을 사용한다.
- ② 측정 파라미터는 영상 전송의 QoS 전송에 일반적으로 사용되는 패킷 손실과 평균 RTT 지연을 대상으로 한다.
- ③ 측정 항목 별로 측정 시간은 30분 이상으로 하고, 측정 값은 3회의 평균을 취한다.
- ④ 정상 부하의 패킷 크기는 최소 512바이트(이하 B라고 표기함)에서 최대 4096B까지로 한다.
- ⑤ 이때 부하율은 네트워크 대역폭의 90%(45Mbps)까지 10% (5Mbps)씩 증가시키며 인가한다.
- ⑥ DV 스트림과 MPEG2 스트림간의 비교는 가능한 동일한 조건으로 수행한다.
- ⑦ MGRC와 UoT간에 다른 트래픽은 존재하지 않고, 양측 라우터의 버퍼 설정은 기본값으로 한다.
- ⑧ 화질과 음질에 대한 분석은 고려하지 않는다.

3. DV와 MPEG2 스트림의 트래픽 특성 비교와 고찰

3.1 정상 부하와 패킷 손실

(그림 3)은 DV 스트림과 MPEG2 스트림에서 패킷 크기가 다른 정상 부하 상에서 부하율을 변경하면서 실측한 패킷 손실을 나타낸 것이다. 이 경우 DV 스트림은 MPEG2 스트림의 최대 비디오 전송 속도(Video Bit Rate, 약 15.8

Mbps)에 맞추기 위해 프레임 드롭율(Frame Drop Rate)을 1/2(약 16.8Mbps)로 하였다.



(그림 3) DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실

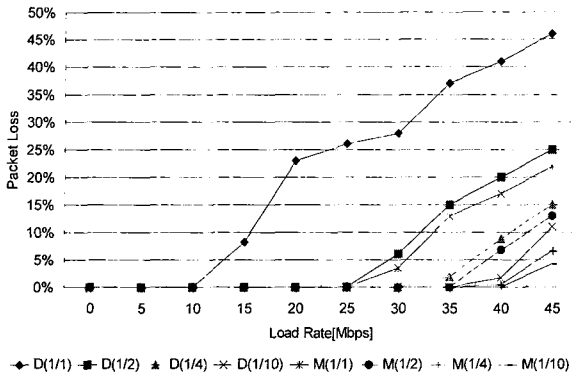
이것에 의하면 프레임의 내부(Intraframe)에서 압축을 수행하는 DV 스트림과 프레임간(Interframe)에서 압축을 수행하는 MPEG2 스트림에서는 정상 부하의 패킷 크기와 부하율에 상관없이 거의 일정한 패킷 손실이 발생함을 알 수 있었다.

그러나 DV 스트림의 경우는 부하율이 네트워크 대역폭의 약 54%(약 27Mbps) 이상이 되면 화면에 모자이크형의 잡음(Noise)이 부하율에 비례하여 많이 나타나지만, MPEG2 스트림의 경우는 부하율이 네트워크 대역폭의 약 58%(약 29Mbps) 이상이 되면 화면이 정지하고 만다. 이것은 DV 스트림인 경우에는 프레임 내부에서의 압축 부분이 전송 중에 손실되기 때문이고, MPEG2 스트림인 경우에는 I 프레임을 정확하게 수신한 경우만 화면에 해당 프레임을 나타내기 때문이다. <표 1>은 (그림 3)에 보인 DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실 실측치이다.

<표 1> DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실 실측치

Load Rate	D_512B	D_1024B	D_4096B	M_512B	M_1024B	M_4096B
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.066	0.063	0.068	0.035	0.042	0.038
35	0.140	0.160	0.140	0.130	0.130	0.130
40	0.200	0.190	0.200	0.170	0.190	0.210
45	0.270	0.260	0.270	0.220	0.240	0.270

(그림 4)는 DV 스트림과 MPEG2 스트림에 각각 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도를 적용한 경우의 패킷 손실을 비교한 것이다. DV 스트림은 약 32.2Mbps(1/1)부터 차례로 패킷 드롭을 수행하고, MPEG2 스트림은 약 15.8Mbps(1/1)부터 비디오 전송 속도를 낮추어 실측하였다.



(그림 4) 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도에 의한 DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실

(그림 4)에서 알 수 있듯이 양쪽 스트림 모두 각각의 대역폭과 부하율의 합이 네트워크 대역폭을 초과하는 시점에서 패킷 손실이 발생하는 것을 알 수 있다. JGN 상에서는 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 경우, 네트워크 대역폭의 평균 약 94.5%(약 42.8Mbps)에서 약 95.8%(약 43.4Mbps)까지 영상 전송이 가능하여 스트림형 애플리케이션에 적합한 것이 확인되었다. <표 2>는 (그림 4)에 보인 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도에 의한 DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실의 실측치이다.

<표 2> 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도에 의한 DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실

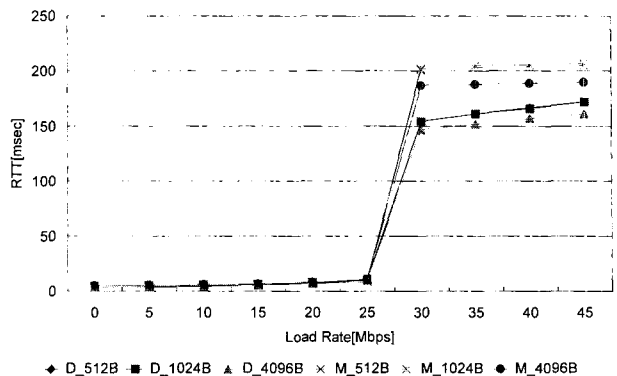
Drop & Bit Rate	D(1/1)	D(1/2)	D(1/4)	D(1/10)	M(1/1)	M(1/2)	M(1/4)	M(1/10)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.280	0.061	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000
35	0.370	0.150	0.019	0.000	0.130	0.000	0.000	0.000
40	0.410	0.200	0.088	0.017	0.170	0.068	0.005	0.000
45	0.460	0.250	0.150	0.110	0.220	0.130	0.067	0.042

3.2 정상 부하와 RTT

(그림 5)는 (그림 3)과 동일한 상황에서 측정된 RTT 지연을 나타낸 것이다. DV 스트림의 경우는 패킷 손실과 같이 정상 부하의 패킷 크기에 상관없이 부하율에서의 RTT 지연은 거의 일정하다. MPEG2 스트림도 DV 스트림 보다 RTT 지연은 크지만 정상 부하의 패킷 크기에는 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

그러나 MPEG2 스트림의 RTT 지연은 패킷 손실이 없는 경우 약 1.1msec, 패킷 손실이 있는 경우 약 43msec가 DV 스트림 보다 크다. 이 차이는 MPEG2 스트림이 DV 스트림 보다 프레임 변동이 크고, 이것에 의해 라우터의 버퍼가 넘

칠 때까지의 시간이 다르기 때문이다.



(그림 5) DV와 MPEG2 스트림의 RTT 지연

그러므로 스트림형 트래픽의 경우, 정상 부하의 패킷 크기에 상관없이 부하율과 미디어 대역폭의 합이 네트워크 대역폭을 초과하면 RTT 지연이 급증하는 것을 알 수 있다. 이 점을 고려하여 네트워크 제어를 수행할 필요가 있다. <표 3>은 (그림 5)에 보인 DV와 MPEG2의 전송 지연 실측치이다.

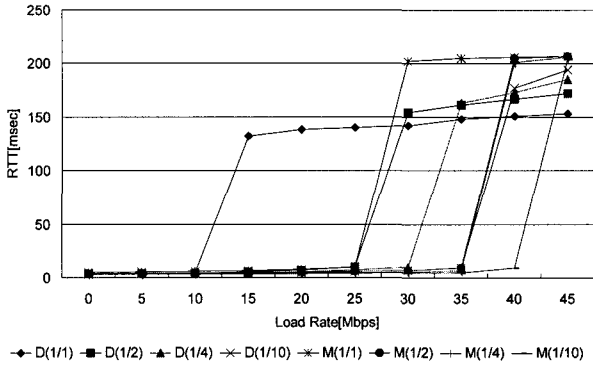
<표 3> DV와 MPEG2의 전송 지연 실측치

Load Rate	D_512B	D_1024B	D_4096B	M_512B	M_1024B	M_4096B
0	3.62	3.62	3.62	5.06	5.06	5.06
5	3.79	3.79	4.00	5.50	4.63	5.47
10	4.19	4.23	4.85	6.08	5.17	6.09
15	5.48	5.58	5.71	6.74	5.82	6.64
20	7.33	7.65	7.19	7.99	6.91	7.84
25	10.50	10.90	10.10	9.93	8.60	9.86
30	154.00	154.00	147.00	202.00	201.00	187.00
35	161.00	161.00	152.00	205.00	203.00	188.00
40	167.00	166.00	157.00	206.00	204.00	189.00
45	172.00	172.00	161.00	207.00	205.00	190.00

(그림 6)은 (그림 4)와 동일한 상황에서 측정된 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 RTT 지연을 나타낸 것이다. 이것에 의하면 RTT가 10msec 이하인 DV 스트림인 경우, 프레임 드롭이 없는 경우(1/1)와 1/2인 경우를 비교하면 평균 약 0.35msec(약 7.9% 개선)로 1/2쪽의 RTT 지연이 개선되었다. 또 프레임 드롭율을 1/4로 하면 평균 약 0.51msec(약 11.4% 개선), 프레임 드롭율을 1/10로 하면 평균 약 0.53msec(약 12.2% 개선)의 RTT 지연이 단축된다.

이것에 대하여 MPEG2 스트림에서는 최대 비디오 전송 속도와 비디오 전송 속도를 1/2로 한 경우를 비교하면 평균 약 2.25msec(약 31.4% 개선)의 RTT 지연이 단축된다. 더욱이 비디오 전송 속도를 1/4로 하면 평균 약 2.89msec(약 40.6% 개선), 비디오 전송 속도를 1/10으로 하면 평균

약 3.38msec(약 47.7% 개선)의 RTT 지연이 단축된다. <표 4>는 (그림 6)에 보인 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도에 의한 DV와 MPEG2 스트림의 RTT 지연 실측치이다.



(그림 6) 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도에 의한 DV와 MPEG2 스트림의 RTT 지연

결과적으로 전송 속도(Bit Rate) 제어에 의한 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 RTT 지연을 비교하면(DV의 1/2와 1/4간[약 12%]과 MPEG2의 최대 비디오 전송 속도와 비디오 전송 속도 1/2로 한 경우[약 31.4%]), 동일한 대역폭에서의 속도 제어의 효과가 MPEG2 스트림 쪽이 크다는 것을 알 수 있다.

<표 4> 프레임 드롭율과 비디오 전송 속도에 의한 DV와 MPEG2 스트림의 RTT 지연

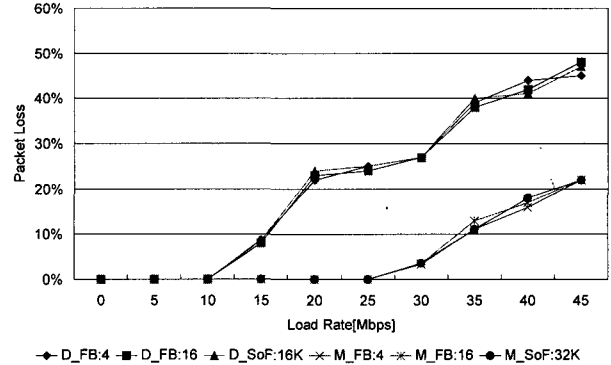
Drop & Bit Rate	D(1/1)	D(1/2)	D(1/4)	D(1/10)	M(1/1)	M(1/2)	M(1/4)	M(1/10)
0	3.79	3.62	3.55	3.49	5.06	3.82	3.41	3.09
5	4.05	3.80	3.69	3.56	5.50	4.00	3.49	3.13
10	4.88	4.25	3.95	3.77	6.08	4.22	3.70	3.29
15	132.00	5.41	4.69	4.37	6.74	4.75	4.00	3.49
20	138.00	7.21	5.86	4.91	7.99	5.15	4.38	3.81
25	140.00	10.20	7.35	6.16	9.93	5.88	5.01	4.20
30	142.00	154.00	10.00	7.16	202.00	6.83	5.52	4.47
35	148.00	161.00	163.00	9.61	205.00	9.29	6.56	4.81
40	151.00	167.00	173.00	177.00	206.00	205.00	201.00	5.84
45	153.00	172.00	185.00	194.00	207.00	207.00	206.00	206.00

3.3 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기의 영향

(그림 7)은 End-to-End 시스템간의 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기에 따른 정상 부하(패킷 크기 512B)별 패킷 손실을 나타낸 것이다. 실측에 있어서 DV 스트림의 기본 프레임 버퍼 수와 버퍼의 크기는 각각 2와 20KB이다. 여기서 프레임 버퍼 수는 4와 16으로, 프레임 버퍼의 크기는 16KB를 대상으로 하여 측정하였다.

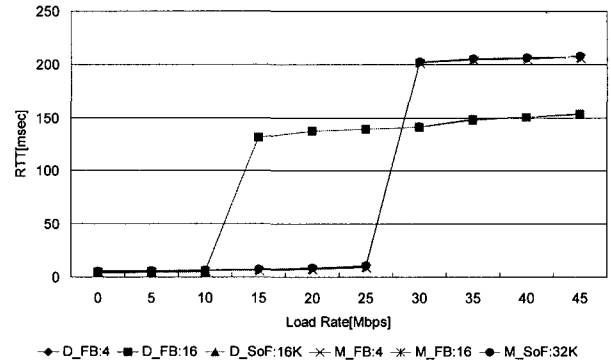
또 MPEG2 스트림의 기본 프레임 버퍼 수와 버퍼의 크기는 각각 16과 16KB이다. 여기서 프레임 버퍼 수가 4, 프레임 버퍼 크기가 32KB인 경우 패킷 손실의 변화를 측정

하였다. 이것에 의하면 DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실은 사용자 시스템의 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기에 영향을 받지 않음을 알 수 있다.



(그림 7) 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기에 의한 패킷 손실

(그림 8)은 (그림 7)과 동일한 조건에서 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기에 따른 정상 부하(패킷 크기 512B)별 RTT 지연을 나타낸 것이다. 패킷 손실에서도 동일하게 어느 쪽도 RTT 지연에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.



(그림 8) 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기에 의한 패킷 손실

지금까지 초고속 네트워크(IP over ATM) 상에서 DV와 MPEG2 스트림을 전송하면서 정상 부하를 인가해 실측으로 트래픽 특성을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, DV 스트림인 경우 부하율이 네트워크 대역폭의 약 54% 이상, MPEG2인 경우 부하율이 네트워크 대역폭의 약 58% 이상이 되면 패킷 손실이 다량 발생하여 스트림 전송이 불가능하게 된다. 그 차이는 압축 방식에 기인하며, 정상 부하의 패킷 크기와는 무관하다.

둘째, 초고속 네트워크 상에서 DV와 MPEG2 스트림의 경우, 네트워크 대역폭의 약 94.5%에서 약 95.8%까지는 영상 전송이 원활하므로, QoS 제어에 이 값을 활용하면 고품질의 실시간 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

셋째, DV와 MPEG2 스트림 전송에서 RTT 지연은 정상 부하의 패킷 크기에 무관하게 거의 일정하지만, MPEG2 스

트림인 경우가 RTT 지연이 더 크다. 그 이유는 MPEG2 스트림의 프레임 변동이 크기 때문이다. 또한 스트림의 소요 대역폭과 정상 부하가 네트워크 대역폭을 초과하는 경우 RTT 지연이 급증한다.

넷째, 네트워크 대역폭이 특정 스트림의 소요 대역폭과 부하율을 감당하지 못하는 경우는 그 스트림의 프레임 드롭율을 조정하여 전송하면 품질이 보장된 스트림 전송이 가능하다.

다섯째, DV와 MPEG2 스트림의 패킷 손실이나 RTT 지연은 최종 사용자 시스템의 프레임 버퍼 수와 프레임의 크기에 영향을 받지 않는다.

#### 4. 결 론

일본의 연구개발용 초고속 네트워크인 JGN상에서의 정상 부하의 패킷 크기와 부하율을 변경하면서 DV 스트림과 MPEG2 스트림을 전송하고 실측에 의하여 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 트래픽 특성을 비교하고 고찰하였다.

이것에 의하면 DV 스트림과 MPEG2 스트림 모두 패킷 손실과 RTT 지연은 정상 부하의 패킷 크기와 부하율에 그다지 영향을 받지 않는다. 그러나 DV 스트림과 MPEG2 스트림의 대역폭과 정상 부하의 부하율의 합이 네트워크 대역폭의 약 95%를 초과하면 패킷 손실이 발생하고 RTT 지연이 급증한다. 그래서 사용자 시스템에 고품질의 스트림을 제공하기 위해서는 패킷 손실이 발생하지 않는 범위나 RTT 지연이 급증하지 않는 범위에서 트래픽을 제어할 필요가 있다.

그리고 DV 스트림의 경우는 프레임 드롭율을, MPEG2 스트림인 경우는 비디오 전송 속도를 적절하게 변경하면 각 스트림이 점유하는 대역폭을 조정하면서 네트워크 특성에 맞는 실시간 멀티미디어 전송을 수행할 수 있음을 확인하였다. 그러나 이와 같은 형태의 속도 제어는 송신 프레임의 압축 방식에 따라 화질과 음질이 저하할 수 있으므로 이 점을 고려한 최종 사용자측에서의 화질과 음질에 대한 평가를 실시하여 면밀한 파라미터, 예를 들면 전송 지연, 패킷 손실, 지터 등의 측정과 이들에 대한 적응성 제어가 요구된다.

끝으로 JGN상에서의 DV 스트림과 MPEG2 스트림은 사용자 시스템의 송수신 프레임 버퍼 수와 프레임 버퍼 크기에 영향을 받지 않고 전송할 수 있었다.

이상과 같은 초고속 네트워크상에서의 대표적인 스트림형 트래픽인 DV와 MPEG2의 실측 결과를 토대로 하여 실제 사용자측에서의 화질과 음질을 고려한 패킷 손실과 RTT 지연 효과를 분석하여 보다 고품질의 실시간 멀티미디어 전송이 가능하게 하기 위한 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

[1] NGI, Next Generation Internet Initiative, NGI Concept Paper, July, 1997.  
 [2] Internet2, <http://apps.internet2.edu/>.

[3] Startap, <http://www.startap.net/APPLICATIONS/>.  
 [4] Canet\*4, <http://www.canarie.ca/funding/index.html>.  
 [5] Surfnet, <http://www.surfnet.nl/en/surfnet-innovation/>.  
 [6] 青山 友紀, “네트워크의 진화와 IP 기술,” 電子通信學會誌, Vol.83, No.4, pp.248-256, April, 2000.  
 [7] TAO, 放送・通信機構 2002, TAO, 2002.  
 [8] JGN, <http://www.jgn.tao.go.jp/english/about.html>.  
 [9] 小峰 隆宏 外, ATM 通信網におけるDV畫像通信の検討, 信學技報, CS99-145, CQ99-68, pp.13-17, Feb., 2000.  
 [10] 栗林 孝行 外, ギガビットネットワークを用いた遠隔ストレージ間編集用映像發信實驗, 信學技報, CS99-145, CQ99-68, pp.31-36, Feb., 2000.  
 [11] 大盛 雄司, ATM網 ABRサービス ER 制御によるMPEG2畫像轉送實驗, 信學技報, SSE99-210, IN99-173, pp.183-188, March, 2000.  
 [12] Akihiko Machizawa, et al., “On the Delay and Quality of DV Transmission System using ATM Networks,” Proceedings of the 15th ICIN, IEEE, pp.709-713, Feb., 2001.  
 [13] ITU-T Draft Rec. H.262, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11/602, Seoul, Nov., 1993.  
 [14] Akimichi Ogawa, et al., “Desing and Implementation of DV Stream over Internet,” IWS 99, IEEE, pp.255-260, Feb., 1999.  
 [15] Mehaoua A., Boutaba R., “The Impact of Errors and Delays on the Performance of MPEG2 Video Communications,” Intl. Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE, pp.2195-2198, March, 1999.  
 [16] TransPAC, <http://www.transpac.org/>.  
 [17] Akimichi Ogawa, et al., Design and Implementation of DV based Video over RTP, <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/software/index.html>.  
 [18] Canopus, MVR-D2000/MPL-D2000 Development Kit Programming Manual Version 3.10J, Canopus, 2000.

#### 이 재 기

e-mail : [jklee@daunet.donga.ac.kr](mailto:jklee@daunet.donga.ac.kr)  
 1984년~1990년 한국전자통신연구소 연구원  
 1990년~현재 동아대학교 전기전자컴퓨터  
 공학부 컴퓨터공학전공 교수  
 관심분야 : 차세대 네트워크, 유비쿼터스  
 컴퓨팅, 분산시스템 등



#### 사이토 타다오

e-mail : [saito@jp.toyota-itc.com](mailto:saito@jp.toyota-itc.com)  
 1968년~2001년 동경대학 공학부 전자정보  
 공학과 교수  
 1990년~1994년 동경대학 교육용계산기센터장  
 1995년~2002년 동경대학 대형계산기센터  
 /정보기반센터장



2001년~현재 일본 중앙대학 연구개발기구 교수  
 2001년~현재 도요다 IT 개발센터 Chief Scientist  
 관심분야 : 차세대 네트워크, 고속이동통신 등