

ATM 망을 통한 전화 및 FAX 서비스의 서비스품질 평가에 관한 연구

정회원 서정욱*, 조영순**, 배건성*

A Study on the Assessment of QoS for Telephone/FAX Service over ATM

Jeong-wook Seo*, Young-soon Cho**, Keun-sung Bae* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 ATM 망을 통한 전화음성 및 FAX 데이터의 품질평가에 대해 연구하였다. 이를 위해 structured DS1 구조의 ATM 망을 OPNET을 이용하여 모델링하고, ATM 망의 전송특성과 관련된 여러 서비스품질 파라미터 중 셀 손실과 셀 지연에 중점을 두어 이들 파라미터 값의 변화에 따른 전화음성과 FAX 데이터의 품질평가를 실험하였다. 품질평가를 위한 척도로서 주관적인 평가방법으로는 MOS를, 객관적인 평가방법으로는 SNR을 사용하였는데, ATM 망을 통한 CBR 전화 서비스를 제공할 때, 셀 손실을 10-3 이하에서는 MOS 값이 3.5 이상으로 쾌적한 통화를 위한 디지털 통신망의 조건을 만족함을 알 수 있었고, FAX 서비스의 경우 셀 손실을 10-5 이하를 유지하여야만 함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we studied on the assessment of QoS for telephone/Fax service over ATM networks. To do this, we modeled ATM networks of structured DS1 link using OPNET. And we experimented assessment of quality for telephone/Fax service by varying the value of ATM QoS parameters, especially, cell loss and cell delay. For quality assessment, SNR and MOS were used as an objective and a subjective measure, respectively. Experimental results have shown that MOS score 3.5 as well as SNR 30 dB could be obtained at CLR of 10-3 or below for telephone service, and Fax service must maintain CLR of 10-5 or below for good quality.

I. 서론

B-ISDN의 서비스품질(Quality of Service)은 망의 구조나 제어를 결정하는데 있어서는 물론 망 관리에 있어서도 필수적으로 고려되어야 할 요인이다^[1]. 다양한 서비스와 사용자의 요구를 유연성있게 수용해야 하는 B-ISDN의 서비스품질에 대한 연구는 서비스 제공자의 관점에서는 물론 서비스 사용자의 관점에서도 폭넓게 이루어져야 한다. 현재 B-ISDN

의 서비스품질 연구의 초점은 망성능 파라미터의 표준화에 집중되고 있으며, 서비스품질의 표준화는 서비스품질의 범위를 객관적으로 정량화시킬 수 있는 것에 한정하고 있다. ITU-T의 권고안 I.350은 서비스품질의 범위를 사용자의 주관성이 개입되는 서비스품질은 배제하며, 서비스 접속시 직접 관측되고 측정될 수 있는 파라미터들로 표현될 수 있는 측면만을 서비스의 품질로 한정하였다^[1].

B-ISDN을 이용한 음성서비스는 오디오, 영상전화, 영상회의 등 멀티미디어 서비스에 있어서 필수

* 경북대학교 전자전기공학부(ksbae@ee.kyungpook.ac.kr)

** LG 전자 멀티미디어연구소(zeros@lge.co.kr)

논문번호 : 99017-0120 접수일자 : 1999년 1월 20일

적이고도 기본적인 서비스임에도 불구하고, 국내에서는 아직 이에 대한 서비스품질의 평가방안이 마련되어 있지 않으며, 그에 대한 연구도 미미한 실정이다^[2]. 따라서, 본 논문에서는 ATM 망에서 circuit emulation으로 전화음성뿐만 아니라 FAX 서비스를 하기 위해 유지해야할 서비스 품질을 주관적인 평가를 통해 실험하고, ATM 망 관련 서비스품질 파라미터와 사용자 관점에서 평가되는 전화음성 및 FAX 데이터의 서비스품질 파라미터간의 상관관계를 연구하였다. 이를 위해, network simulator인 OPNET을 이용하여 structured DS1 CBR 서비스를 AAL1으로 emulation하는 ATM 망^[3]을 모델링하고, 망성능 관련 서비스품질 파라미터의 변화에 따라 음성 및 FAX 데이터의 전송실험을 하였으며, 주관적인 품질평가를 실험하여 C 언어로 ATM 망을 모델링하여 얻은 결과^[2]와 비교하였다. 음성 및 FAX 데이터의 주관적인 품질평가 방법으로는 가장 일반적으로 이용되는 MOS 테스트를 하였으며, 객관적인 방법으로는 수신된 신호의 SNR을 비교하였다. 또한, 이 품질평가 실험을 바탕으로 음성 및 FAX 서비스를 위한 적절한 서비스품질 파라미터 값을 정의해보았다.

II. OPNET을 이용한 ATM 망의 모델링

OPNET(OPTimized Network Engineering Tools)은 다양하고 상세한 프로토콜 모델링 작업과 성능 분석을 통해 통신망을 시뮬레이션할 수 있는 시스템으로 본 논문에서는 OPNET을 이용하여 PSTN 망과 ATM 망의 연동에 의한 circuit emulation 서비스를 모델링하고 실험하였다. 그림 1은 OPNET을 이용하여 기본적인 ATM 망을 모델링한 예를 나타낸 것으로, ATM 망 모델은 송신측 가입자와 수신측 가입자 사이에 2개의 PBX와 2개의 ATM 스위치로 구성된다.

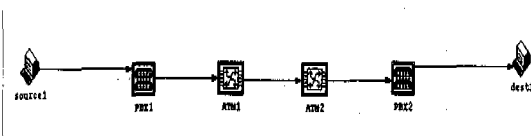


그림 1. OPNET을 통해 구현된 ATM 망의 구조

송수신측의 가입자수는 24개 채널로 제한하고 각각의 가입자는 64 kbps의 대역폭을 갖는 DS0급 서비스를 제공받을 수 있으며, PBX에서는 입력된 24

개 채널의 DS0 라인을 하나의 DS1 (1.544 Mbps) 라인을 통해 ATM 망으로 송신하게 된다. 이때, 입력신호는 10초에서 15초의 길이를 갖는 낭독체 음성 데이터를 사용하였으며, FAX 데이터는 국제 테스트 규격에 맞는 FAX 영상을 이용하였다. 실험에 사용한 음성 데이터는 8 kHz 샘플링에 8 bit μ -law 방식을 이용하여, network simulator의 입력음성이 PBX(Private Branch Exchange)를 통과하여 디지털화된 전화음성과 같게 하였다. 또, FAX 데이터는 테스트에 사용될 데이터를 FAX로 스캐닝한 후, PC에서 TIFF 형식으로 저장한 영상파일을 이용하였다.

구현된 망의 내부구조를 살펴보면, PSTN 망과 ATM 망을 연동시켜 structured DS1 CBR 서비스를 하기 위한 IWF(InterWorking Function)^[3]를 정의하여 두 망사이의 무명한 연동을 가능하게 한다. IWF를 거친 신호는 CBR 전송을 위해 고정된 VP(Virtual Path)와 VC(Virtual Channel)를 통해 두 개의 ATM 스위치를 거치게 되고, 다시 IWF를 통해 수신측 PBX를 지나 수신측 가입자에게 전송된다. PBX를 구성하는 노드의 내부구조는 그림 2와 같다. 그림에서 보듯이 PBX에 연결된 가입자 채널

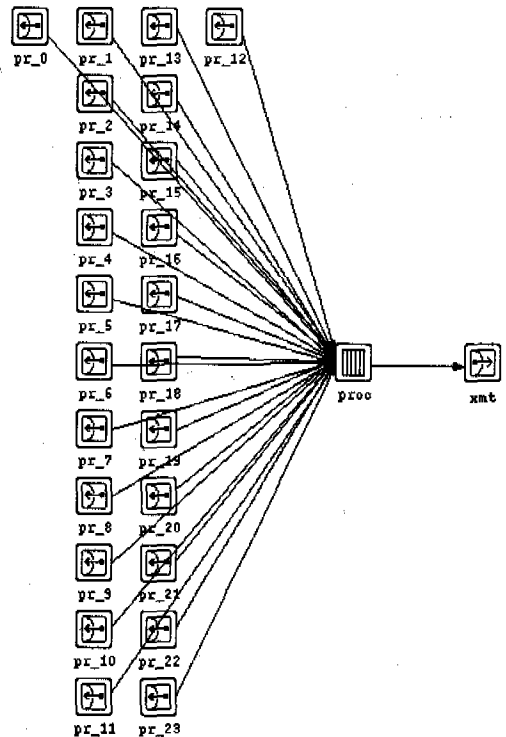


그림 2. PBX node model의 내부 구조

은 24개로 구성되며, 각각 인덱스를 부여하여 가입자를 구분하게 된다. 그림에서 'proc' 부분은 24개의 DS0 급(64 kpbs)의 입력신호를 하나의 DS1 급(1.544 Mbps) 신호로 변환하여 전송시켜주기 위한 블록을 의미하며, 이렇게 대역폭이 변환된 신호는 'xmt'를 통해 전송되게 된다. 그림 3은 ATM 스위치 node model의 내부구조이다. 우선 'rcv'를 통해 ATM 스위치 내부로 전송된 DS1급의 입력신호를 CBR 서비스를 제공하는 ATM 망과 연동시켜주기 위해 IWF를 정의해야 하는데, 'ATM1-1' 블록에서 IWF 기능을 수행한다. 이렇게 변환된 입력신호는 'ATM1-2' 블록을 통해 ATM 망에서 지원되는 53 byte 단위의 ATM 셀로 변환되어 'xmt'를 통해 상대편 ATM 스위치로 전송된다. 두 번째 ATM 스위치는 이러한 과정을 반대로 수행하여 두 번째 PBX로 전송하게 된다.

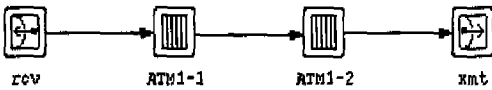


그림 3. ATM 스위치 node model의 내부구조

이와 같이 구현된 각각의 node model에 포함된 processor들의 상태천이도를 살펴보면 그림 4 및 5와 같다. 우선 음성신호를 입력받아 DS0 급 전송신호를 통해 PBX로 전송하는 송신측 입력부의 상태천이도는 그림 4와 같이 음성신호가 입력되는 'init' 블록에서 신호가 발생되면 'xmt' 블록에서는 64 kbps의 대역폭을 갖게 하기 위해서 125 μsec마다 신호를 PBX로 전송하는 구조를 갖는다. 송신측 입력부로부터 전송된 신호를 PBX에서는 그림 5와 같은 상태천이도를 가지고 처리하게 된다. 'init'를 통해 DS0급 음성신호를 입력받아 각각의 인덱스를

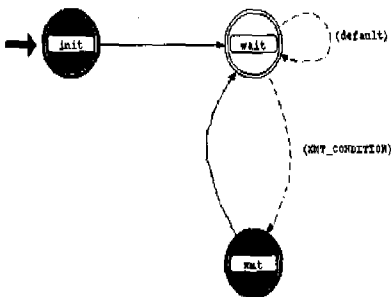


그림 4. 송신측 입력부의 상태천이도

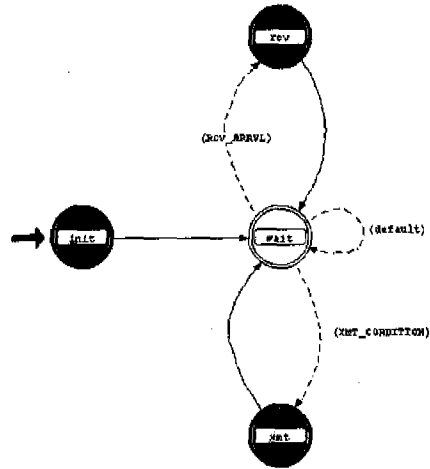


그림 5. PBX와 ATM 스위치의 상태천이도

검색하여 몇번째 채널에서 입력된 신호인지를 판별하고, 1 byte로 구성된 packet에 실어 1.544 Mbps의 대역폭을 갖는 DS1급 전송선로로 전송하기 위한 프레임에서 각 채널마다 할당된 위치에 저장시키게 된다. PBX로부터 전송받은 프레임단위의 음성신호는 ATM 스위치에서 각 채널마다 할당된 버퍼의 queue에 저장되었다가 47 byte가 되면 AAL-PDU를 생성시키고, 1 byte의 AAL header와 5 byte의 ATM header를 첨부한 53 byte 단위의 ATM cell을 상대편 ATM 스위치로 전송하게 된다. ATM 스위치의 상태천이도는 그림 5와 같다.

실제 CBR 서비스에서는 과도한 셀전달지연이나 셀손실이 발생하지 않지만, 본 실험에서는 그 QoS 파라미터들이 전송되는 음성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 ATM 스위치 내부버퍼의 셀 처리능력을 버퍼의 오버플로우에 의한 셀 손실율에 따라 임의로 조절함으로써 구현하였다. 그림 1처럼 구성된 ATM 모델의 ATM switch 내부에 전송되는 패킷을 저장하는 버퍼의 셀 처리능력이 각 셀 손실율마다 정해진 임의의 값 이하가 되는 경우 그 다음에 버퍼에 삽입되는 셀은 손실이 발생하는 것으로 가정하여 모델링하였으며, 셀손실은 균집성을 가지는 경향이 있으므로, 셀손실이 발생한 후에 다시 손실이 발생할 확률을 높임으로써 균집성을 모델링하였다^[2].

III. 실험 및 고찰

1. 음성 전송품질평가 실험

본 실험에서는 ATM 망에서 전화서비스를 하기

위한 circuit emulation 서비스 접속방안 중 SDT (Structured Data Transfer) 방식에 대해서만 실험하였는데, 이것은 OPNET이 1 byte 크기의 packet 단위로 정보를 처리하기 때문에, bit 단위로 정보를 전송하는 UDT (Unstructured Data Transfer) 방식을 구현하기에는 부적합하기 때문이다. ATM 망을 통해 전송된 음성의 품질평가를 위해 주관적 음질 평가 방법인 MOS 테스트를 사용하였으며, MOS 테스트의 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에서 M은 남성화자를 F는 여성화자를 나타낸다. MOS 테스트 결과를 보면 10^{-3} 이하의 셀 손실율에서는 MOS 값이 4 이상으로 청취자가 음질 저하를 크게 느낄 수 없음을 알 수 있다. 그러나 10^{-2} 이상의 셀 손실율에서는 MOS 값이 3 이하로 청취자가 음질저하를 확실히 느낄 수 있는 것으로 나타났다. 그림 6은 표 1의 결과와 C 언어로 구현한 SDT/UDT 방식을 이용한 망 모델에서의 실험결과^[2]를 비교하였는데, OPNET을 이용한 실험에서는 버퍼의 셀 처리능력을 trial-and-error 방법으로 조절하여 근사적으로 셀 손실율을 제어할 수밖에 없으므로 정확한 셀 손실율을 설정할 수 없음을 고려하면, 전체적으로 두 실험 결과가 비슷한 양상을 나타내고 있다고 볼 수 있다.

표 1. 셀 손실율의 변화에 따른 MOS 결과

Person \ CLR	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
M1	1	1.53	3.07	4.6
M2	1	1.93	4	4.73
F1	1.13	3.33	4.33	4.93
F2	1.4	2.07	4.4	4.93
average	1.13	2.22	3.95	4.80

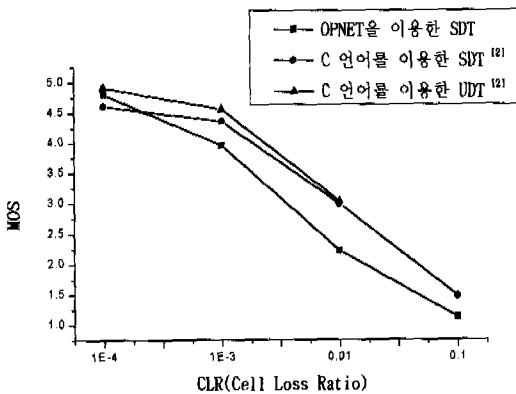


그림 6. 셀 손실율의 변화에 따른 MOS 결과

현재 디지털 통신망에서 쾌적한 통화품질을 위해서 권고되는 MOS 값이 3.5인 점을 감안하면, 본 연구의 실험결과에서는 10^{-3} 이하의 셀 손실율에서 제한적이거나 이 조건을 만족함을 확인할 수 있었다.

객관적 음질평가 방법으로는 SNR을 사용하였는데, SNR 결과는 표 2에 나타나 있다. 표 2에서 보듯이 10^{-3} 이하의 셀 손실율에서는 SNR 값이 대부분 28dB 이상으로 나타났으며 10^{-4} 이하에서는 40dB 이상으로 이는 원 음성과 거의 일치하는 것으로 간주할 수 있다. 그러나 10^{-2} 이상의 셀 손실율에서는 SNR 값이 20dB 이하로 나타나서 원 음성에 비해 상당한 손실이 있었음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 앞서 설명한 MOS 테스트에 나타난 결과와 비슷한 양상을 보임을 확인할 수 있었다. 그림 7은 표 2의 결과와 C 언어로 구현한 실험결과^[2]를 비교한 것인데, 전체적으로 비슷한 양상을 보이고 있다. SNR과 MOS 테스트 결과를 비교해 보면 10^{-3} 이하의 셀 손실율에서 MOS는 값의 변화가 아주 작지만, SNR은 전 구간 중 값의 변화가 가장 크다.

표 2. 셀 손실율의 변화에 따른 SNR

Person \ CLR	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
M1	9.69	20.03	27.90	39.66
M2	9.73	19.26	28.66	40.52
F1	9.90	20.15	28.76	41.87
F2	9.90	20.15	28.76	41.87
average	9.84	19.69	28.35	40.12

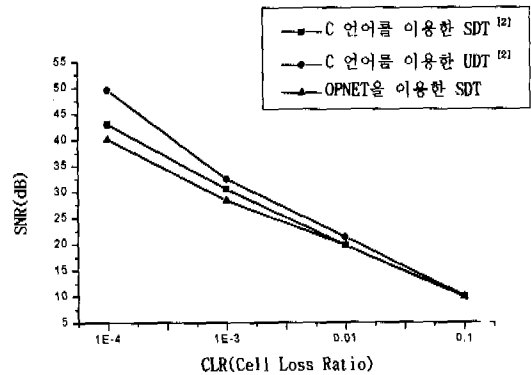


그림 7. 셀 손실율과 SNR

또, 10^{-2} 이상의 셀 손실율에서 대해서 MOS 값은 급격히 떨어지나 SNR은 그 값 변화가 10^{-3} 이

하일 때보다 줄어드는 것을 알 수 있다. 10^3 과 10^4 의 셀 손실율에서 MOS의 결과와는 달리 SNR의 경우 두 결과 사이에 상당한 차이를 보이고 있는데 이는 SNR이 30dB 이상이면 MOS 테스트시 원 음성과 거의 유사하게 인식되어 음질의 차이를 느끼지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

2. FAX 데이터의 전송품질평가 실험

ATM 망에서의 circuit emulation 서비스를 이용한 FAX 서비스에서 현재 사용되고 있는 전화망인 PSTN을 ATM 망으로 대체했을 경우 ATM 망의 망성능 서비스품질 파라미터의 변화율에 따른 FAX 데이터의 품질평가를 위해 그림 8과 같은 시뮬레이션 모델을 구성하여, OPNET과 C 언어를 이용한 망 모델²⁾로 구현하였다. 테스트에 사용될 FAX 데이터를 FAX를 통해 스캐닝하여 영상 파일형식 중 TIFF 형식으로 PC에 저장하였다. 이렇게 저장된 FAX 데이터를 ATM simulator 내에 포함되어 있는 셀손실 모델에 통과시켜 ATM 망성능 서비스품질 파라미터의 변화에 따라 손상된 FAX 데이터를 얻었다. 또, 손상된 FAX 데이터를 그림 8과 같이 두 대의 FAX 모델을 통해 직접 전송하여 최종적인 출력 데이터를 구하였다. ATM simulator는 음성데이터의 품질평가실험에 사용된 것과 동일하고 셀 손실율만을 고려하여 실험하였다. FAX 데이터는 국제 테스트 규격에 맞는 테스트 패턴을 사용하였다⁴⁾.

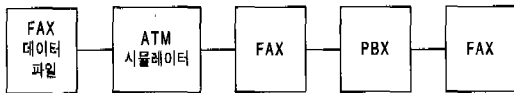


그림 8. 품질평가를 위한 FAX 시뮬레이션 블록도

본 실험에서는 셀 손실율이 10^2 에서 10^5 까지의 변화에 대해 FAX 데이터의 전송실험을 수행하였다. 전송된 FAX 데이터의 품질 평가는 FAX 데이터의 원 영상과 비교하여 테스트 영상의 품질을 5단계로 나누어 MOS 테스트를 수행하였는데⁴⁾, MOS 테스트의 조건은 음성데이터의 품질평가에 사용된 방법과 동일하다. FAX 데이터에 대한 MOS 테스트 결과는 표 3과 같다.

표 3의 결과를 보면, FAX 데이터는 셀 손실이 10^2 으로 매우 높을 경우 데이터의 전부분에 걸쳐 영상이 손실되어 데이터의 식별이 거의 불가능하였다. $10^3 \sim 5 \times 10^4$ 의 셀 손실율에 대한 FAX 데이터에 대해서도 부분적으로 FAX 데이터의 내용을

알아보기 힘들었으나, 10^5 일 경우 FAX 데이터의 일부분을 제외하고는 손상이 거의 영상에 반영되지 않았다. 그림 9는 표 3의 결과를 나타낸 것인데, 같은 셀 손실율이라도 그 손상정도의 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 여러 번 시뮬레이션을 통하여 ATM 망의 셀 손실율이 매우 낮더라도 일단 셀 손실이 일어났을 경우 Huffman 방식으로 코딩된 FAX 데이터는 음성과는 달리 셀 손실의 영향이 넓은 범위로 퍼지게 되어 많은 부분의 데이터가 손상되는 결과를 초래함을 확인하였다.

표 3. 셀 손실율에 따른 MOS

CES방식 \ CLR	10^{-2}	10^{-3}	5×10^{-4}	10^{-4}	10^{-5}
SDT 방식 (C 언어 ¹⁾)	1.07	1.93	2.36	2.64	5
UDT 방식 (C 언어 ²⁾)	1	1.86	2	3.43	5
SDT 방식 (OPNET)	1	1.43	2	2.36	3.14

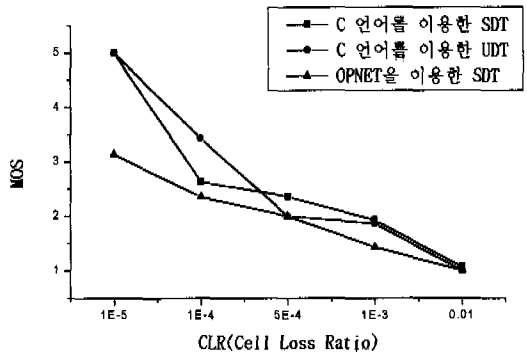


그림 9. 셀 손실율과 MOS

셀 손실이 발생한 위치에 따라 하나의 셀이 손실되어도 데이터의 손상정도의 차이가 심해서, 하나의 셀에 대한 손상이 심각하게 영상에 반영된다. 따라서, FAX 데이터는 하나의 셀에 의한 데이터 손실도 무시할 수 없으므로 ATM 망의 서비스품질 중 셀 손실율이 10^5 미만으로 매우 낮아야 한다.

3. 품질평가 척도간의 상관관계

지금까지 ATM 망성능 관련 서비스품질 파라미터의 변화에 따른 MOS와 SNR 값을 구하고 분석하였다. 본 절에서는 이러한 품질평가 척도인 MOS와 SNR과의 상관관계를 구해보고, 서비스품질 파라미터인 셀 손실율과 MOS, 셀 손실율과 SNR의 관계도 구해보았다. 객관적 음질평가 척도로부터 주관적 음질을 예측하기 위해서는 식 (1)과 같은 이차함

수가 널리 사용되고 있으며 비교적 우수한 성능을 나타낸다⁵⁾.

$$\bar{y} = ax^2 + bx + c \tag{1}$$

여기서 x 는 객관적인 음질평가 척도인 SNR이며, \bar{y} 는 예측된 MOS 값이고, a, b, c 는 Least Square Regression 방법을 사용하여 구한다. 그리고, 이들간의 상관관계를 나타내는 파라미터 값으로 식 (2)와 같이 상관계수를 구하였다.

$$r = \sqrt{\frac{\sum(\bar{y}_i - m_y)^2}{\sum(y_i - m_y)^2}} \tag{2}$$

여기서 m_y 는 평균 MOS 값, \bar{y}_i 는 예측된 MOS 값이다. 이때, $r=1$ 이 될 경우 식 (1)에서 표현한 MOS 예측함수가 100%의 신뢰도를 갖고 있음을 의미한다. 표 4를 보면 예측함수의 신뢰도를 나타내는 상관계수 r 값이 0.95가 넘어 거의 1에 가까운 높은 값을 가진다. 전체 음성 데이터에 대해서 식 (2)를 이용하여 셀 손실율과 SNR, 셀 손실율과 MOS의 상관관계를 구해봄으로써 우리가 원하는 정도의 서비스품질을 제공할 수 있는 셀 손실율에 따른 망의 상태를 알 수 있는데, 그 결과는 표 4에 나타나 있다. 표 4의 결과를 보면, 셀 손실율과 MOS, 셀 손실율과 SNR은 r 이 0.95 이상으로 상당히 높은 상관관계를 가지고 있다.

표 4. 품질파라미터간의 상관계수

상관계수 \ 파라미터		SNR:MOS	CLR:SNR	CLR:MOS
SDT 방식 (OPNET)	r	0.9462	0.9972	0.9488

이는 CLR과 식(1)이 주어졌을 때, MOS와 SNR의 값을 95%이상의 신뢰도로 추측 가능하다는 의미하며, 마찬가지로 MOS의 값이 주어지면 그에 해당하는 SNR 값을 추출할 수 있게된다. 이처럼 셀 손실율과 MOS, SNR이 모두 강한 상관관계를 가지고 있으므로 제공하고자 하는 전화 서비스의 MOS나 SNR의 값이 정해지면 망의 셀 손실율은 95% 이상의 정확도를 가지고 결정할 수 있게 된다.

V. 결론

본 논문에서는 ATM 망에서 circuit emulation으로 전화 및 FAX 서비스를 제공하고자 할 때, 이들

의 서비스품질 평가를 위한 주관적이고 객관적인 평가방법 및 파라미터에 대해 조사하고 structured DS1 ATM 망을 network simulator인 OPNET을 이용하여 모델링하여 실험하였다. 이렇게 모델링된 망을 이용하여 전화음성 및 FAX 데이터의 품질평가를 위한 데이터를 수집하고 품질평가 실험을 하였는데, 주로 ATM 망 관점에서 CBR 서비스품질(QoS) 파라미터인 셀 손실율에 따른 음성 및 FAX 데이터를 주객관적인 품질평가 방안으로 나누어 실험하였다.

실험결과, 셀 손실율의 변화에 따른 음질평가에서 10^{-3} 이하의 셀 손실율에서는 MOS 값이 3.5 이상이고, SNR이 25dB 이상으로 MOS 3.5 이상의 쾌적한 통화를 위한 디지털 통신망의 조건을 만족함을 알 수 있었다. 하지만 FAX의 경우 코딩된 데이터이므로 셀 손실에 대한 데이터 손실이 매우 유동적이어서 하나의 셀 손실이 일어나도 부분적 데이터 손실이 심하게 나타날 수 있음을 반복적인 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 따라서, FAX 데이터의 전송을 위해서는 셀 손실율이 10^{-5} 미만으로 음성에 비해 매우 낮아야 한다. 또한, 음성 데이터의 전송품질평가를 위해 사용한 평가척도간의 상관관계에 대한 연구에서는 주관적인 평가기준인 MOS와 객관적인 평가기준인 SNR간의 상관계수가 거의 1에 가까운 정도로 상관관계가 매우 높음을 알 수 있었다. 또한, 셀 손실율에 따른 MOS, 셀 손실율에 따른 SNR의 상관관계도 매우 높게 나타나서, 원하는 음성서비스의 MOS나 SNR이 정해지면 그에 따른 셀 손실율도 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] Walter J. Goralski, *Instruction to ATM Networking*, McGraw-Hill, 1995.
- [2] 조영순, 서정욱, 배전성, "ATM 망을 통한 Circuit Emulation 서비스에서 전화음성의 품질 평가", *전자공학회논문지*, 제35-S권 6호, 1998
- [3] ATM Forum/95-1504R2: "Circuit Emulation Service Version 2 Baseline," Dec. 1995.
- [4] 황건, "팩시밀리 화상의 평가방법," *전자통신동향분석*, 제9권 제1호, 1994.
- [5] Strang, *Linear Algebra and its Applications*, second edition, Academic Press INC., 1980.
- [6] CCITT SG X VIII, *Draft Recommendation I.361*,