

이동 멀티미디어 터미널 (H.324M) 구현 및 성능 분석

정희원 박상현*, 윤종성*, 정진호*, 고성제*

Implementation and Performance Analysis of Mobile Multimedia Terminal (H.324M)

Sanghyun Park*, Jong-Sung Yoon*, Jin-Ho Jung*, Sung-Jea Ko* *Regular Members*

요약

본 논문에서는 이동통신망에서 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 터미널 표준으로 현재 표준화가 진행중인 H.324M 시스템을 구현하였고 구현된 시스템의 성능을 분석하였다. 기존의 저속 멀티미디어 터미널 표준인 H.324를 이동통신망으로 확장시킨 H.324M은 H.324 구성요소 중에서 패킷 단위의 멀티플렉싱 프로토콜인 H.223을 Level 0으로 정의하고 여기에 이동통신망에서 발생하는 전송에러를 처리하기 위해 Level 1, 2, 3을 추가한 것이다. H.324M의 성능 분석을 위해 전송에러에 의해 멀티플렉싱 프로토콜에 생기는 손실을 요소별로 나누어 비교 분석한 결과 플래그와 헤더에 에러가 발생하여 생기는 손실이 전체 손실에서 차지하는 비중이 가장 높았고 따라서 Level 1과 2에서의 플래그와 헤더의 보호가 전체 손실을 줄이는데 중요함을 확인하였다. 그리고 각 Level에서 발생하는 전체 손실을 비교하여 각 Level의 성능 차이를 제시하였다. 또한 기본 모드와 이중 모드로 제공되는 Level 1, 2, 3의 플래그와 플래그를 검출하기 위한 임계값에 대한 성능 분석을 통해 전체 손실률이 가장 낮은 플래그의 길이와 임계값을 제시하였다.

Abstract

In this paper, we present the implementation and performance analysis of H.324M mobile multimedia terminal which is under standardization. The H.324M is the mobile extension of H.324 which is the standard for low bit rate multimedia terminals operating over GSTN. For H.324M, the multiplexing protocol (H.223) of H.324 is enhanced to protect data from the transmission errors over mobile channels. The multiplexing protocol of H.324M is classified into Levels 0, 1, 2, and 3 depending on the level of error protection. Each Level is analyzed according to different types of the data loss elements. Simulation results show that the loss caused by the corrupted flag and header produces the most serious performance degradation. Levels 1 and 2 which protect the header and flag are effective in reducing the total loss. Furthermore, the optimal flag length and threshold value for Levels 1 and 2 are determined.

* 고려대학교 전자공학과

논문번호 : 99104-0323, 접수일자 : 1999년 3월 23일

I. 서론

컴퓨터 및 통신 기술의 비약적 발전으로 다양한 형태의 통신망을 통하여 사용자가 선택받을 수 있는 서비스의 종류도 폭넓게 확대되어 왔다. 특히 최근 들어 활발히 보급되고 있는 이동통신은 편리하고 신속한 서비스로 폭발적인 가입자 수의 증가를 보이고 있다. 서비스 면에서도 기존의 음성 및 저속 데이터 서비스에서 다양한 종류의 데이터, 즉 멀티미디어 데이터 서비스로 성장할 것이며 이것은 차세대 이동통신의 중요한 기술적 목표가 될 것이다 [1]-[3]. 그러나 현재 멀티미디어 서비스는 주로 유선 통신을 이용하여 개발되었으며 유선 통신은 비교적 에러 발생률이 낮다. 따라서 기존의 멀티미디어 서비스는 통신 선로 상의 에러에 매우 취약한 단점을 지니고 있다. 반면 이동통신 환경은 매체 특성상 에러 발생률이 매우 높고 따라서 에러 대처 기술 없이 멀티미디어를 사용하는 것은 적절하지 못하다. 그래서 현재는 비교적 에러에 강한 음성 서비스와 에러 정정을 통한 저속의 데이터 서비스 위주로 서비스가 제공되고 있다[4][5].

이동망을 이용하여 양방향 실시간 멀티미디어를 제공하기 위한 표준안은 아직 확정되지 않은 상태이다. 유선 환경에서는 ITU-T를 중심으로 다양한 유선망에 따른 표준이 인준되었으며 현재도 계속 연구가 진행되고 있다. ITU-T에서는 1990년 ISDN 비디오 컨퍼런싱에 대한 H.320 표준을, 1995년 실시간 데이터 컨퍼런싱에 대한 T.120 표준을, LAN 상에서 비디오 통신에 대한 H.323 표준을, GSTN 상에서 모뎀 연결을 통한 비디오와 오디오 전송을 위한 H.324 표준[10]을 개발하여 인준했다. H.324는 저속 멀티미디어 통신 단말 표준으로 전송 대역폭의 변화가 심하고 비교적 낮은 전송 대역폭을 가지는 이동망에 적용하기 적합한 표준이다. H.324를 이동망에 적용한 것이 H.324M 권고안[9]이고 이것은 현재 ITU-T에서 표준을 제정 중에 있다[6]-[8]. H.324M은 전송환경의 채널 에러율에 따라 네 가지 Level을 정의하며 에러 발생률이 높을수록 높은 Level을 적용하여 에러를 처리하도록 설계되었다. 그러나 각 Level에 대한 성능 분석은 아직 미진한 상태이며 향후의 표준화를 위해서 성능 분석 연구가 절실히 요구되고 있다.

본 논문에서는 현재 논의 중에 있는 H.324M을 기반으로 이동 멀티미디어 터미널을 실제로 구현하

여 성능을 분석하였다. 채널 에러율에 대한 각 Level의 성능을 분석하고 에러 요소들을 분석하였다. 그리고 각 Level이 최적의 성능을 보이기 위한 조건을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 H.324M 규격에 대해서 살펴보고, 3장에서는 H.324M 규격을 바탕으로 구현된 시스템을 설명하고 구현된 시스템을 바탕으로 H.324M의 성능을 분석한다. 마지막으로 4장에서 성능 분석 결과를 토대로 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 이동 멀티미디어 터미널

이 장에서는 H.324M의 권고안을 구성하는 요소에 대해서 설명하고, H.324에서 H.324M으로 확장되면서 실제로 변화된 멀티플렉싱 프로토콜에 대해서 설명한다.

1. H.324M 권고안의 구성요소

H.324M은 이동 환경에서 동작하는 저속 멀티미디어 터미널을 규정하는 권고안이다. 여기서 H.324M의 M은 Mobile의 약자이며, 기존의 H.324에 이동성이 부여되었음을 의미한다. H.324는 저속 멀티미디어 통신에 적합하지만 에러가 거의 발생하지 않는 환경을 가정하고 개발되었으므로 에러가 발생하는 이동 환경에 그대로 적용하는 것은 적합하지 않다. 따라서, H.324를 이동 환경에 적용시키기 위해 Annex C[9]를 H.324에 추가하였고 이것이 H.324M이다. 이 확장안(H.324M)에는 H.324의 패킷단위 멀티플렉싱 프로토콜인 H.223[14] 외에 H.223/Annex A[11], B[12], C[13]가 추가되었고, 이를 제어하기 위한 내용이 H.245 제어 프로토콜에

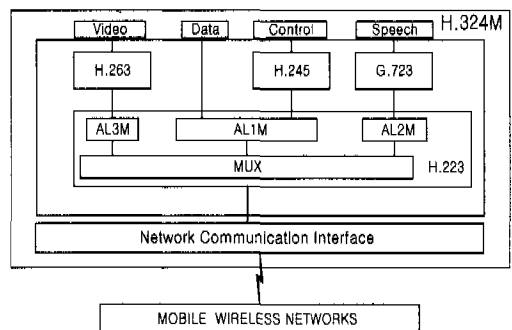


그림 1. H.324M에서 규정하는 이동 멀티미디어 터미널의 구성

추가되었다.

H.324M을 나타내고 있는 그림 1에서 H.263은 비디오 코덱이고, H.245는 제어 프로토콜이며, G.723은 오디오 코덱이다. 그리고, 멀티플렉싱 프로토콜인 H.223 내부의 AL1M, AL2M, AL3M은 H.324를 구성하는 멀티플렉싱 프로토콜 H.223의 AL1, AL2, AL3이 H.324M으로 확장되면서 변화한 것이다. 또한 H.324는 GSTN 망에 접속되는 반면, H.324M은 이동 무선 망 (mobile wireless network)에 접속되고 있다.

2. 멀티플렉싱 프로토콜

H.223과 H.223/Annex A, B, C는 H.324M에서 차례로 Level 0, 1, 2, 3으로 규정되며, Level이 높을수록 더 심한 에러 환경에서 적용된다. 이 절에서는 각 Level에 대하여 설명한다. 각 Level의 특징을 요약하면 표 1과 같다.

1) H.223 (Level 0)

H.223은 멀티플렉스 (Multiplex: MUX) 계층과 적응 계층 (Adaptation Layer: AL)으로 나누어진다. 각 계층에서 담당하는 일은 다음과 같다.

(1) 적응 계층 (AL)

AL에는 AL1, AL2, AL3이 있다. 영상, 음성, 데이터, 제어 정보는 각각 하나의 논리 채널을 형성하며 각 논리 채널에 맞게 세 종류의 적응 계층이 정의되어 있다.

· 적응 계층 1 (AL1)

AL1은 데이터나 제어 정보를 전송하는데 쓰이는데, AL1에서는 에러 감지나 정정 능력이 제공되지 않는다. 그러므로, 에러 제어는 AL1의 상위 계층에서 처리한다.

· 적응 계층 2 (AL2)

AL2는 주로 디지털 음성의 전송에 쓰인다. AL2는 전송된 AL-PDU 내부에 발생한 에러의 감지를 위해 8비트의 Cyclic Redundancy Code (CRC)를 제공하며, 또한 전송 도중 누락되거나 순서가 바뀐 AL-PDU들을 감지하기 위해 Sequence Number (SN)를 제공한다. 만약 에러가 있거나 순서가 바뀌어 전송된 AL-PDU가 감지되면 AL2는 관련된 MUX-PDU를 제거한다.

· 적응 계층 3 (AL3)

AL3는 디지털 영상의 전송에 쓰인다. AL3에서는 전송 도중 누락되거나 순서가 바뀐 AL-PDU를 감지하기 위한 SN이 제공되며, 감지된 패킷에 대한 재전송 기능도 제공된다.

(2) 멀티플렉스 (MUX) 계층

MUX 계층에서는 각 논리채널의 적응 계층 (AL)으로부터 받은 패킷인 MUX-SDU들을 하나로 멀티플렉싱하는 역할을 한다. 이렇게 멀티플렉싱 된 패킷이 H.223의 최종 데이터인 MUX-PDU가 된다.

표 1. 멀티플렉싱 프로토콜 각 Level의 기능

| | Level | MUX-PDU 구분 기법 | MUX 계층에 추가된 내용 | AL 계층에 추가된 내용 |
|---------------|-------|--------------------|----------------------|---|
| H.223 | 0 | 8비트 플래그와 0비트 삽입 기법 | No | No |
| H.223/Annex A | 1 | 16비트 플래그와 임계값 사용 | No | No |
| H.223/Annex B | 2 | 16비트 플래그와 임계값 사용 | MUX-PDU 헤더의 에러 정정 기능 | No |
| H.223/Annex C | 3 | 16비트 플래그와 임계값 사용 | MUX-PDU 헤더의 에러 정정 기능 | AL1과 AL3의 에러 감지와 정정 능력 AL2의 에러 감지 능력 |

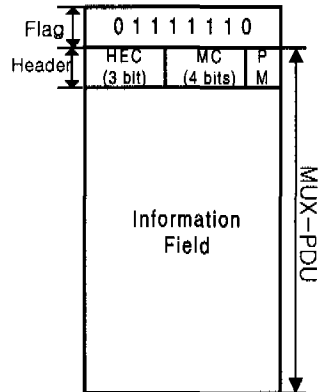


그림 2. Level 0의 MUX-PDU 포맷

Level 0에서는 그림 2에서와 같이 모든 MUX-PDU의 앞에 독립적인 비트 패턴 "01111110"으로 구성된 플래그를 붙여 MUX-PDU를 구분할 때 사용한다. 수신기는 MUX-PDU 사이에 하나 이상의 플래그가 있더라도 이를 감지할 수 있도록 설계된다. 플래그는 MUX-PDU를 기준으로 하여 MUX-PDU의 앞에 있는 경우 시작 플래그로

정의되며, 뒤에 오는 경우 종료 플래그로 정의된다. 만약 MUX-PDU 사이에 하나의 플래그가 있는 경우 이 플래그는 앞의 MUX-PDU에 대해서는 종료 플래그, 뒤의 MUX-PDU에 대해서는 시작 플래그로 동작한다. 전송 측에서는 시작 플래그와 종료 플래그의 사이에 있는 MUX-PDU의 내용을 검색하여 "1"비트가 5개 연속되면 "0"비트를 삽입하여 플래그가 MUX-PDU 내부에 발생하는 것을 막는 0 비트 삽입 기법 (zero-bit insertion)을 사용한다. 수신 측에서는 시작 플래그와 종료 플래그 사이에 있는 정보의 스트림을 검색하여 연속되는 다섯 개의 "1" 비트 뒤의 "0"비트를 제거한다. 이러한 과정을 통해 데이터 내부에 우연히 플래그와 같은 옥텟이 발생하여 이를 플래그로 잘못 인식하게 되는 경우를 방지한다.

그림 2에서 MUX-PDU의 헤더는 Header Error Control (HEC), Multiplex Code (MC), Packet Marker (PM)로 구성된다. 우선 4비트의 MC 필드는 정보 필드 내부에 각 채널이 어떠한 순서로 멀티플렉싱되어 있는지를 나타내는 역할을 한다. 만약 에러가 MC 필드 내부에 발생하면 정보 필드에 있는 모든 정보를 잃어버리게 된다. HEC 필드는 3비트의 CRC를 사용하여 MC 필드의 에러를 감지하는데 쓰인다. 수신기는 HEC 필드로 에러 체크를 하여 에러 발생이 감지된 경우 해당되는 MUX-PDU를 제거한다. PM 필드는 MUX-SDU의 경계를 나타내기 위하여 쓰인다.

2) H.223/Annex A (Level 1)

Level 1에서는 기존의 H.223에 에러를 견딜 수 있는 MUX-PDU 구분 기법이 추가되었다. 기존의 H.223에서 8비트의 플래그를 사용하는 반면, Level 1에서는 그림 3에서와 같은 16비트의 플래그를 사용한다. 그리고, 기존의 H.223에서는 수신된 비트열에서 플래그와 일치하는 부분을 감지할 경우만 플래그로 인식하는 데 비해, Level 1에서는 입력 비트 스트림의 correlation을 구하여 이 값이 특정 임계값 (Correlation Threshold: CT)보다 높다면 플래그로 간주하게 된다. 즉, 플래그에 에러가 발생한다 하더라도 플래그 부분의 correlation 값이 임계값 보다 높다면 플래그로 감지된다. 임계값을 사용하면 임계값에 따라 특정 크기의 에러에 견딜 수 있는 능력이 주어지지만 0 비트 삽입 기법을 사용하지 않기 때문에 정보 필드 내부에 플래그와 같은 비트 열이 나타날 확률이 높아진다.

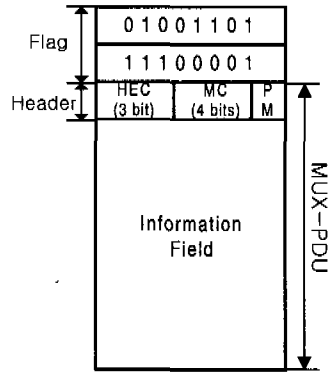


그림 3. Level 1의 MUX-PDU 포맷

Level 1에는 이중 플래그 모드 (double-flag mode)가 존재한다. 이 모드에서는 하나의 플래그 대신 연속되는 두 개의 플래그가 삽입되며, 이 경우 연속되는 두 개의 플래그는 하나의 32비트 플래그처럼 동작한다. 이중 플래그 모드를 사용하면 MUX-PDU의 정보 영역 내부에 플래그와 같은 비트 패턴이 나타날 확률을 줄일 수 있다.

3) H.223/Annex B (Level 2)

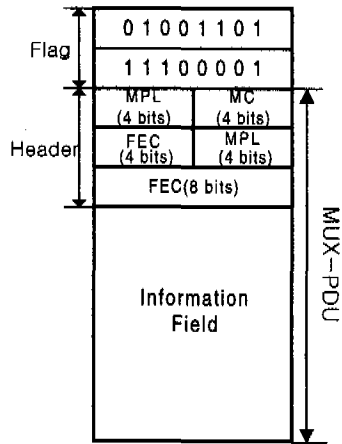


그림 4. Level 2의 MUX-PDU 포맷

Level 2에서는 Extended Golay 부호를 통하여 MUX-PDU 헤더의 에러 정정 능력을 제공한다. 그림 4에서 MUX-PDU의 포맷을 볼 수 있는데, Multiplex Code (MC)에 정보 필드의 바이트 수를 나타내어주는 Multiplex Payload Length (MPL) 필드가 추가되었음을 알 수 있다. 여기서, 8비트의

MPL 필드는 0부터 254까지 값을 이용하여 정보 필드의 길이를 나타낸다. 그리고 Forward Error Correction (FEC)은 Extended Golay 부호를 사용하였다. 여기서는 Extended Golay (24, 12) 부호를 사용하는데 Extended Golay (24, 12) 부호는 12비트 (MC 필드 + MPL 필드)에 12 비트의 패리티를 추가하여 헤더에 발생하는 3비트까지의 에러를 정정할 수 있도록 한다.

4) H.223/Annex C (Level 3)

Level 3에서는 AL의 에러 감지와 정정 능력이 더욱 강화되었다. 먼저, AL1의 경우 다른 Level들 (Level 0, 1, 2)에서는 에러 감지와 정정 능력이 제공되지 않았지만 Level 3에서는 CRC를 통한 에러 감지와 길쌈 부호를 통한 에러 정정 능력이 제공되며 재전송이 추가로 제공된다. AL2의 경우에는 다른 Level들에서 8 비트의 CRC를 이용하여 AL-PDU에 발생하는 에러를 감지하였지만 Level 3에서는 CRC를 사용하지 않고 Extended Golay 부호 또는 Systematic Extended BCH (SEBCH) 부호로 보호 (error protection)되는 SN을 사용하여 에러를 감지할 수 있다. 마지막으로 AL3의 경우 이전 Level에서는 CRC와 SN을 통한 에러 감지 능력만 제공되었으나 Level 3에서는 길쌈 부호를 통한 에러 정정 능력이 추가로 제공되며, 재전송을 담당하는 제어 필드에 Extended Golay 부호 또는 SEBCH 부호가 추가되어 제어 필드 내의 에러를 정정하는 능력이 제공된다.

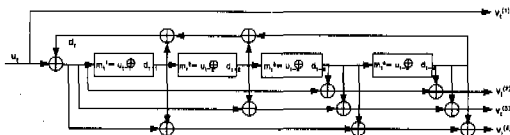


그림 5. 길쌈 부호기

AL1과 AL3의 에러 정정을 위해 사용되는 길쌈 부호의 전체 구조 그림 5와 같다. H.223 비트 스트림이 위의 인코더에 입력되면 그림에서 사각형으로 보여주는 register에 하나씩 shift 된다. 한 비트의 입력 (u_i)당 출력된 비트는 $v_i^{(1)}$, $v_i^{(2)}$, $v_i^{(3)}$, $v_i^{(4)}$ 의 4개 이므로 출력된 비트 스트림은 입력된 길이의 4배가 되며 이에 해당하는 에러 정정 능력을 갖게 된다. 전송할 데이터의 길이를 줄이기 위해서는 인코딩 된 비트 스트림의 비트들을 제거하는 Puncturing 기법을 사용한다.

III. 시스템의 성능 분석

본 장에서는 구현된 이동 멀티미디어 터미널 시스템의 성능을 분석하고 분석 결과를 제시한다. 특히 구현된 에러 보호 방법의 성능을 평가하기 위하여 에러 보호를 거친 비트 열로 생성되는 MUX-PDU의 손실률에 대한 내용을 실험 결과로 제시하고자 한다. 구현된 멀티미디어 터미널은 이동성 및 휴대성을 고려하여 노트북 컴퓨터를 시스템의 기본 하드웨어 플랫폼으로 하였고 노트북 컴퓨터와 이동 통신망과의 인터페이스는 휴대폰을 이용하였다. 그림 1의 시스템을 구성하는 각 권고안은 각각의 독립성 및 모듈화를 위하여 윈도우의 DLL (dynamic link library) 형식으로 구현하여 전체 시스템이 구성되었다. 그림 6은 실제 구현된 멀티미디어 터미널이다.

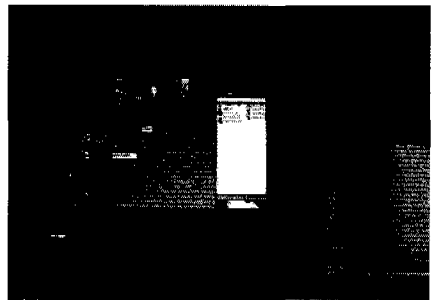


그림 6. 실제 구현된 멀티미디어 터미널

1. 실험 환경

실험은 실제로 구현한 시스템의 MUX-PDU 패킷을 이용하여 실험하였다. 에러 패턴은 에러의 연속성을 고려하지 않은 단순한 Bit Error Rate (BER)와 이동 환경에서 발생하는 에러 특성에 대한 모델링으로 많이 사용되는 Rayleigh fading 채널을 사용하였고 에러 패턴을 H.223 비트 스트림에 추가하였다. 그림 7은 실험 모델을 나타낸다.

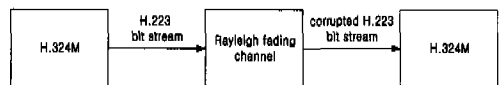


그림 7. 실험 모델

사용한 Rayleigh fading 비트 패턴은 1.4km/h의

속도로 이동하는 Digital Europe Cordless Telephone (DECT) 시스템에서 발생하는 에러 패턴이다. 이 에러 패턴은 E_s/N_0 (dB)에 따라 다르게 주어지고 각 패턴에 대한 BER을 구하면 표 2와 같다.

표 2. E_s/N_0 (dB)와 BER의 관계

| E_s/N_0 | BER |
|-----------|----------|
| 28 | 0.000328 |
| 26 | 0.000548 |
| 24 | 0.000899 |
| 22 | 0.001453 |
| 20 | 0.002341 |
| 18 | 0.003728 |
| 16 | 0.005919 |
| 14 | 0.009329 |

이동통신에서의 서비스 요구사항 중 BER에 관계된 것을 보면 데이터에 대해서는 10^{-6} 이하를 요구하고 있고 음성에는 대해서는 10^{-3} 이하를 요구하고 있다. 화상전화와 같은 실시간 응용은 재전송과 같은 에러처리가 제한된 시간 범위 내에서 가능하기 때문에 음성보다는 좋고 일반 데이터보다는 낮은 10^{-3} 과 10^{-6} 사이의 BER 환경에서 서비스된다. 본 실험에 사용된 에러패턴에서 E_s/N_0 가 23dB일 때 BER이 10^{-3} 정도 되며 음성 서비스를 이용하여 데이터를 전송할 경우 이 정도의 에러가 발생하게 된다.

2. MUX-PDU 손실 요소 분석

MUX-PDU에 발생하는 손실은 표 3과 같이 나누어 볼 수 있다.

표 3. MUX-PDU에 발생하는 손실 요소

| Case | 원인 | 손실률 |
|------|--------------------------------------|-------|
| 1 | Level 0에서 에러에 의해 0 비트 삽입 처리가 잘못된 경우 | r_0 |
| 2 | 플래그나 헤더에 에러가 생겨서 MUX-PDU 전체가 손실되는 경우 | r_m |
| 3 | 정보필드 내에 에러가 생기는 경우 | r_p |
| 4 | 정보필드 내에 플래그의 패턴이 나타나는 경우 | r_f |

여기서, 손실률은 전체 손실에서 차지하는 비율을 나타낸다. Case 1은 Level 0에만 해당되는 것으로 5개의 연속된 비트 1 이후에 삽입된 0 비트를 제대로 제거하지 않았거나 에러에 의해 비트 1이 연속적으로 5개가 생긴 경우로 이후의 비트 정렬이 깨지게 되어 모두 에러 처리된다. Case 2, 3, 4에 대해서는 그림 8을 이용하여 설명한다.

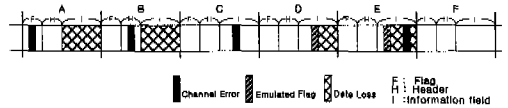


그림 8. MUX-PDU의 손실 요소들

그림 8에서 A, B, C, D, E, F는 여섯 개의 MUX-PDU와 플래그로 이루어진 전송 스트림의 구조를 나타내며, 각각은 F (flag), H (header), I (information field)로 구성된다. A는 플래그에 에러가 발생한 경우이고 B는 헤더에 에러가 발생한 경우이다. C는 정보필드에만 에러가 발생한 경우이고 D는 정보필드 내에 플래그가 나타난 경우를 나타내며 E는 플래그가 나타난 이후에 추가적으로 채널 에러에 의해 손실이 발생한 경우이다. 그리고 F는 에러가 없는 경우이다. A와 B는 Case 2를 나타내며 정보필드가 모두 손실된다. C는 Case 3을 나타내며 정보필드 내에 에러가 발생한 부분만 손실된다. D와 E는 Case 4를 나타내며 플래그가 나타난 이후의 정보들이 모두 손실된다.

각각의 Case에 대한 손실률을 구할 때 Level 0과 다른 Level (Level 1, 2, 3)을 구분하여 고려하여야 한다. Level 0은 0 비트 삽입을 하기 때문에 MUX-PDU 내에는 플래그가 나타나지 않지만 채널 에러에 의해 Case 1, 2, 3, 4의 손실이 발생하게 되어 수식적인 분석이 복잡해진다. 따라서 Level 0의 에러요소들은 모든 것을 실험으로 구하였다. 반면, Level 1, 2, 3은 MUX-PDU 내에 플래그가 나타나는 횟수를 이용하여 각 경우의 손실률들을 쉽게 구할 수 있다. 여기서는 Level 1, 2, 3에서 MUX-PDU 내에 플래그가 나타나는 횟수를 이용하여 손실률을 구하는 방법을 살펴본다. 실험을 통해 실제로 구하는 값들은 다음과 같다.

- N : 전송된 전체 MUX-PDU의 개수
- N_e : Case 1에 해당되는 MUX-PDU의 개수
- M_e : Case 1에 해당되지 않는 MUX-PDU 중에

서 Case 3을 고려하지 않았을 때 정보필드에 발생한 손실량 (byte)

- N_f : 하나의 MUX-PDU에 플래그와 같은 비트열이 나타나는 횟수
- L : MUX-PDU의 길이 (byte)

구현된 시스템에서는 MUX-PDU 길이가 거의 일정하게 생성되기 때문에 성능 분석에서는 L 값을 상수로 가정하였다.

예를 들어, 그림 8에서 N 은 6, N_e 는 2이고 채널 에러에 의한 손실이 1 byte라고 가정할 때 C와 E에서 각각 1byte씩 손실되어 M_e 는 2byte가 된다. 즉, M_e 는 플래그가 나타나서 생기는 손실을 고려하지 않고 단순히 채널 에러에 의한 손실을 합한 값이다.

이 값들을 이용하여 MUX-PDU의 손실 요소들을 구하면 다음과 같다. 먼저 r_m 은 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$r_m = \frac{N_e}{N} \quad (1)$$

나머지 Case들은 N_f 를 이용하여 계산한다. N_f 가 크면 Case 3에 의한 손실이 커진다. N_f 는 플래그의 길이와 플래그를 검출하기 위한 임계값에 따라 달라지게 된다. 플래그의 길이와 임계값에 따른 N_f 의 값은 그림 9와 같다.

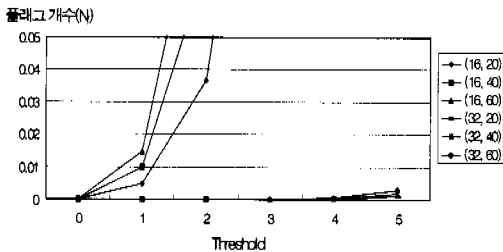


그림 9. 플래그가 MUX-PDU 내에 나타나는 횟수, (x, y): x는 플래그 bit 수, y는 프레임 길이(byte)

그림 9에서 16비트 플래그에 비해 32비트 플래그의 성능이 월등히 뛰어난 것을 알 수 있다. 32비트 플래그의 경우는 임계값을 3에서 5정도로 해도 거의 MUX-PDU 내에 플래그가 나타나지 않는 것을 알 수 있다

N_f 를 이용하여 Level 1, 2, 3에 대한 r_f 와 r_p 를 분석하면 다음과 같다. MUX-PDU에 플래그가 나타났다는 가정 하에 MUX-PDU 내에서 플래그가 나타난 위치에 대한 확률은 일정하고 나타난 플래그 이후의 데이터는 모두 손실되기 때문에 플래그가 나타날 때마다 평균적으로 MUX-PDU의 절반이 손실되는 것으로 계산하였다. r_f 는 식 (2)와 같이 주어진다.

$$r_f = \frac{(N - N_e) \times N_f \times \frac{L}{2}}{N \times L} = \frac{(N - N_e) N_f}{2N} \quad (2)$$

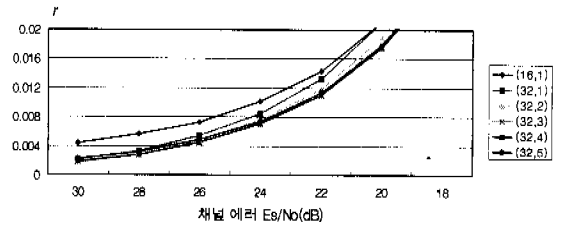
r_p 는 r_f 를 제외한 부분에 대한 비율이므로 식 (3)과 같이 주어진다.

$$r_p = \frac{\left\{ 1 - \frac{r_f N}{N - N_e} \right\} \times M_e}{N} \quad (3)$$

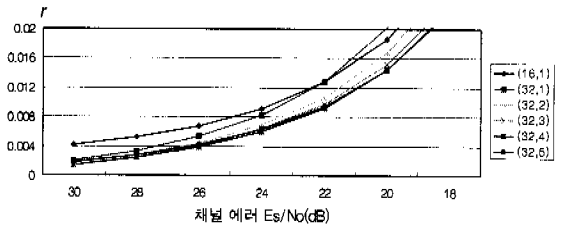
따라서 전체 손실률을 식 (4)와 같이 주어진다.

$$r = r_m + r_f + r_p \quad (4)$$

그림 10은 N_f 를 결정하는 플래그 길이와 임계값에 따른 전체 손실률을 비교한 것이다.



(a) Level 1



(b) Level 2

그림 10. Payload 길이와 Level에 따른 손실률, (x, y): x는 플래그 개수, y는 임계값

그림 10에서 볼 수 있듯이 모든 Level에서 32비트 플래그, 임계값 4에 해당하는 N_f 를 사용했을 때 가장 좋은 성능을 보인다. 따라서 구현된 시스템은 32비트 플래그에 임계값 4를 사용하였다.

3. MUX-PDU 손실률에 따른 서비스 품질 비교

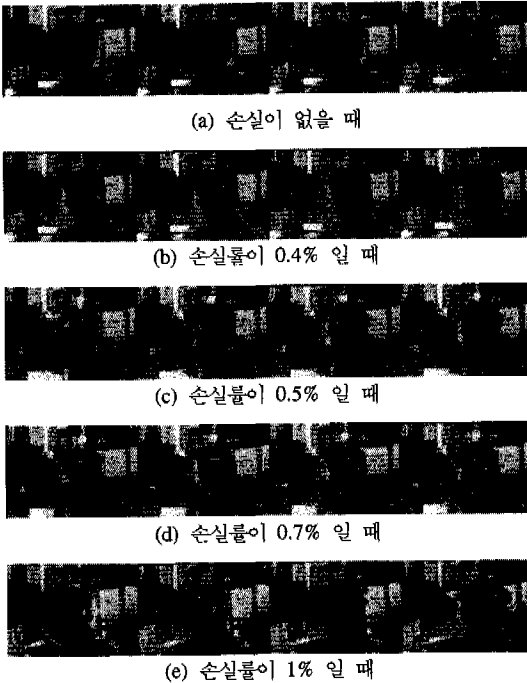


그림 11. 영상 서비스 품질 비교

음성의 경우 MUX-PDU 손실률이 5% 이상이면 손실이 생기는 것을 약간 느낄 수 있다. 반면, 영상의 경우는 MUX-PDU 손실률이 1%를 넘어가면 영상의 손실이 매우 심각해진다. 그림 11에서는 손실률에 따른 영상의 서비스 품질을 비교한다.

4. Level 0, 1, 2의 성능 분석

각 Level의 손실률을 요소별로 분석하면 다음과 같다. 여기서는 채널 에러에 의한 데이터의 손실을 보호하는 Level 1과 2를 중심으로 살펴본다. 그림 12는 채널 에러 발생률에 대한 H.223 Level 0의 데이터 손실률을 나타낸다. Level 0은 데이터를 보호하는 방법을 사용하지 않기 때문에 r_b , r_f , r_0 을 구분하지 않고 함께 나타내었다. 전체 손실 중에 r_m 이 가장 많은 부분을 차지하는 것을 알 수 있다.

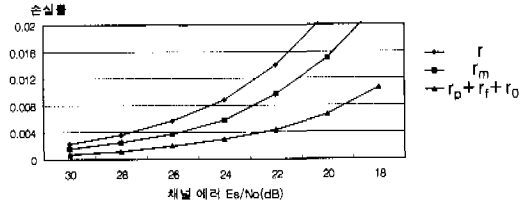


그림 12. Level 0의 손실 요소들

다음으로 Level 1과 Level 2에 대한 r , r_m , r_b , r_f 를 살펴보면 그림 13과 같다.

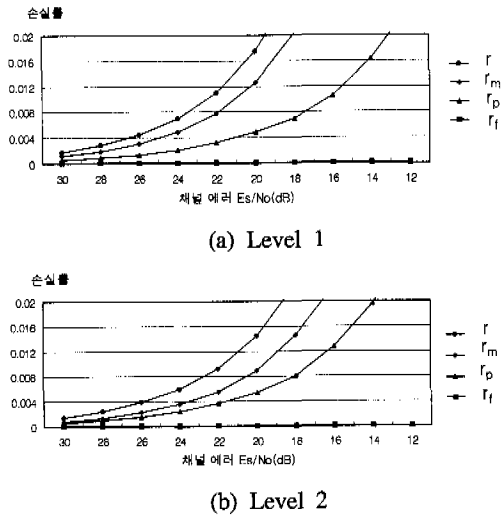


그림 13. Level 1과 2의 손실 요소들

그림 13에서와 같이 32 비트 플래그와 임계값 4를 사용한 시스템의 MUX-PDU 손실은 r_m 에 의한 손실이 가장 많고 다음이 r_b 에 의한 손실이고 r_f 에 의한 손실은 거의 없는 것을 알 수 있다. 32 비트 플래그에 임계값 4를 사용하여 정보필드 내에 플래그가 나타날 확률이 매우 작게 하였기 때문에 전체 에러에 거의 영향을 주지 못함을 알 수 있다.

Level 0, 1, 2의 전체 손실을 비교하면 그림 14와 같다.

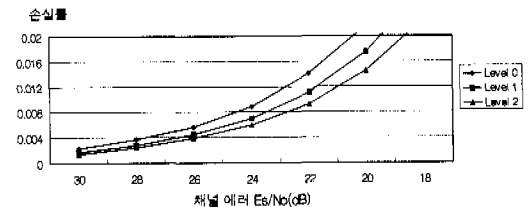


그림 14. Level 0, 1, 2의 손실률 비교

그림 14에서 10^{-3} 에 해당하는 23dB를 중심으로 각 Level의 성능을 비교할 때, Level이 증가할수록 손실률이 감소한다. Level 0인 경우에는 그림 11의 영상 서비스 품질에서 볼 수 있듯이 거의 동작의 한계로 볼 수 있는 1%의 손실률 보다 더 높은 손실률을 보인다. 하지만, Level 1이 사용이 되었을 경우에는 약 0.9%정도의 손실률을, 그리고 Level 2가 사용되었을 경우에는 약 0.7%의 손실률을 보이므로 Level 증가가 화질 개선에 상당한 영향을 미치게 됨을 알 수 있다.

5. Level 3의 성능 분석

Level 3은 멀티플렉싱 프로토콜의 AL 계층에서 에러를 정정한다. 따라서 각 미디어별로 에러를 정정하게 된다. 그리고 손실 요소 중에서 r_p 를 줄여 주는 역할을 한다. 영상 신호를 전송하는 AL3의 경우 영상 압축에서 쓰이는 예측 코딩으로 인하여 일부 비트에서 에러가 발생하면 뒤따르는 비트들이 에러 없이 전송이 되더라도 디코딩 된 결과는 뒤따르는 영상들까지 에러가 전파하는 특성을 보인다. 그러므로 Level 3이 사용될 때 AL3의 이득 계산은 각 영상 프레임과 원 영상과의 차이를 나타내는 Δ PSNR을 이용하여야 한다. 본 실험에서는 Level 3을 적용했을 때 영상 신호의 에러 전파에 초점을 두고 성능을 분석하였다.

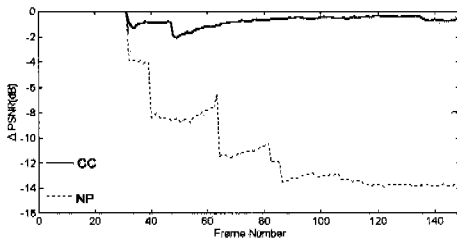


그림 15. 실험 결과 (BER=3.91×10-4)

여기서 NP (no error protection)는 에러 복구 기능이 없음을 나타내고 CC (convolutional code)는 길쌈부호 사용으로 에러 복구 기능을 추가한 경우를 나타낸다.

그림 15를 보면 각 영상 프레임에 대한 Δ PSNR을 볼 수 있는데, Δ PSNR이 0이면 원 영상과의 차이가 없는 것이고 Δ PSNR이 내려갈수록 원 영상과 차이가 많이 나는 것이다. 약 30번째 프레임부터 에러가 발생함을 볼 수 있는데 이 에러를 복구하지

않은 경우 (NP) 뒤따르는 MUX-PDU들을 통해 Δ PSNR이 급격히 감소함을 볼 수 있다. 하지만 길쌈 부호를 사용하여 에러를 어느 정도 복구한 경우 (CC)에는 Δ PSNR이 거의 일정하므로 에러의 전파가 심하지 않음을 볼 수 있다. 수치적으로는 평균 10dB정도의 Δ PSNR이 향상된 결과를 볼 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 이동통신망에서 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 터미널 표준으로 현재 표준화가 진행중인 H.324M 권고안을 실제로 구현하여 전송에러에 따른 시스템의 성능을 분석하였다. H.324M에서 전송에러의 처리는 멀티플렉싱 프로토콜에서 이루어진다. 멀티플렉싱 프로토콜에서는 전송에러의 정도에 따라 적절하게 데이터를 보호하기 위하여 네 가지의 Level을 정의하고 전송에러가 높아질수록 높은 Level을 적용한다.

전송에러에 의해 멀티플렉싱 프로토콜에서 생기는 손실은 Level 0에서 에러에 의해 0 비트 삽입 처리가 잘못된 경우, 플래그나 헤더에 에러가 생기는 경우, 정보필드 내에 에러가 생기는 경우, 정보필드 내에 플래그의 패턴이 나타나는 경우의 네 가지로 나누어진다. 실험을 통해 각 Level에 대해서 손실요소들을 비교하였을 때 플래그나 헤더에 에러가 생겨서 MUX-PDU 전체가 손실되는 경우가 전체 손실에서 차지하는 비율이 가장 높았다. 이것은 Level 1과 2에서의 플래그와 헤더 보호가 전체 손실을 줄이는데 중요하며 또한 정보필드를 보호하는 Level 3의 한계를 의미한다. 채널 에러가 20dB 이상이면 플래그와 헤더 손실에 의한 손실이 영상 서비스의 동작 한계점인 1%를 넘어가기 때문에 정보필드를 보호하는 것이 의미가 없게된다.

이동통신에서 음성 서비스의 채널 에러율인 10^{-3} 에서 각 Level의 전체 손실률을 비교하면 Level 0의 경우 1% 이상이 손실되고 Level 1의 경우 0.9%, Level 2의 경우 0.7%로 Level의 증가가 전체 손실률 감소에 상당한 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한 Level 3에서의 길쌈 부호를 이용하여 영상의 PSNR을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

Level 1, 2, 3에 사용되는 플래그는 기본 모드와 이중 모드가 있어서 다양한 길이의 플래그가 가능하고 또 플래그를 검출하기 위한 임계값도 다양하다. 실험을 통해 32 비트에 임계값을 4로 했을 때

전체 손실률이 가장 낮은 것을 알 수 있었고 이것을 실제 시스템 구현에 적용하였다.

본 연구를 통해 구현된 H.324M 터미널 및 성능 분석 결과는 앞으로 H.324M 표준화 및 상용화의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 표현명, 송재섭, "IMT-2000 서비스 및 망구성 방안," 전자공학회지, 제25권, 제10호, pp. 13-20, 1998. 10.

[2] 김선영, 한기철, "IMT-2000 단말기 기술," 전자공학회지, 제25권, 제10호, pp. 52-61, 1998. 10.

[3] P. W. Baier, P. Jung, and A. Klein, "Taking the Challenge of Multiple Access for Third-Generation Cellular Mobile Radio Systems - A European View," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 34, no. 2, Feb. 1996.

[4] P. Bahl, I. Chlamtac, and A. Farago, "Resource Assignment for Integrated Services in Wireless ATM Networks," *Int'l. J. Commun. Sys.*, Special Issue on Personal Communication Systems, John Wiley, May 1998.

[5] N. Davies, J. Finney, A. Friday, and A. Scott "Supporting Adaptive Video Applications in Mobile Environment," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 36, no. 7, pp. 138-143, June 1998.

[6] N. Farber, B. Girod, "Extensions of ITU-T Recommendation H.324 for Error-Resilient Video Transmission," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 36, no. 7, pp. 120-128, June 1998.

[7] D. Lindberg, H. Malvar, "Multimedia Teleconferencing with H.324," *Standards and Common Interfaces for Video Information Systems*, K. R. Rao, Ed., Bellingham, WA: SPIE Optical Engineering Press, pp. 206-232, 1995

[8] D. Lindberg, "The H.324 Multimedia Communication Standard," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 34, no. 12, pp. 46-51, Dec. 1996.

[9] ITU-T Recommendation H.324/Annex C (1996), Multimedia telephone terminals over error prone channels.

[10] ITU-T Recommendation H.324 (1995), Terminal for low bitrate multimedia communication.

[11] ITU-T Recommendation H.223/Annex A (1997), Multiplexing protocol for low bitrate mobile multimedia communication over low error-prone channels.

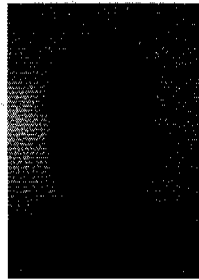
[12] ITU-T Recommendation H.223/Annex B (1997), Multiplexing protocol for low bitrate mobile multimedia communication over moderate error-prone channels.

[13] ITU-T Recommendation H.223/Annex C (1997), Multiplexing protocol for low bitrate mobile multimedia communication over highly error-prone channels.

[14] ITU-T Recommendation H.223 (1996), Multiplexing protocol for low bitrate multimedia communication.

박 상 현(Sanghyun Park)

정회원



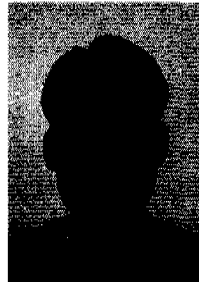
1995년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1997년 2월 : 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1997년 3월~현재 : 고려대학교 대학원 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, Wireless ATM, MAC 등

E-mail : batman@dali.korea.ac.kr

윤 종 성(Jong-Sung Yoon)

학생회원



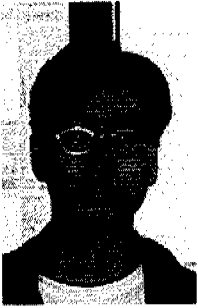
1998년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 3월~현재 : 고려대학교 대학원 전자공학과 석사과정

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, Wireless ATM 등

E-mail : force@dali.korea.ac.kr

정 진 호(Jin-Ho Jung)

학생회원

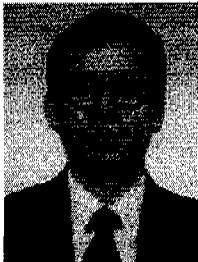


1998년 2월: 한성대학교 정보전
산학과 졸업(공학사)
1998년 3월~현재: 고려대학교
대학원 전자공학과
석사과정
<주관심 분야> 멀티미디어 통신,
MPEG 등

E-mail : angels@dali.korea.ac.kr

고 설 제(Sung-Jea Ko)

정회원



1980년 2월: 고려대학교 전자공
학과 졸업(공학사)
1986년 5월: State Univ. of New
York at Buffalo, 전기
및 컴퓨터공학과
(공학석사)
1988년 8월: State Univ. of New
York at Buffalo, 전기
및 컴퓨터공학과
(공학박사)

1981년 8월~1983년 12월: 대한전선 중앙 연구소연구원

1988년 8월~1992년 5월: The University of Michigan
Dearbon, 전기 및 컴퓨터 공학과 조교수

1992년 3월~현재: 고려대학교 전자공학과 교수

현재: IEEE Senior member, IEE member

1996년 11월: IEEE APCCAS best paper award

1997년 12월: 대한 전자공학회 해동 논문상 수상

<주관심 분야> 신호 및 영상 처리, 영상 압축 및 통신,
멀티미디어 통신 등

E-mail : sjko@dali.korea.ac.kr