

논문97-2-1-04

디지털 위성 방송 기본 화질과 전송 화질의 주관적 평가 시험

박대철*, 김용선**, 유태선**, 전병민***

The Subjective Assessment Testing of Basic and Transmission Video Quality for Digital Broadcasting Satellite

Daechul Park*, Yougsun Kim**, Taesun You**, and Byungmin Jun***

요 약

디지털 위성 방송의 비디오 화질 의 주관적 평가 시험을 MPEG-2 MP@ML 표준에 기초하여 설계된 하드웨어 부호화기/복호화기 기본 화질 평가와 위성 전송 에러 화질 및 전송 시스템 성능에 따른 화질 열화에 대한 시험을 위성 시뮬레이터(Satellite Simulator)를 사용해 실시간에서 수행하였다. 평가 방법으로는 CCIR 500-5의 2중 자극 열화 척도법과 2중 자극 연속 화질 척도법을 사용하였다. 또한 디지털 위성 방송 시스템의 화질을 전체 시스템 즉 MPEG-2코덱, 다중화 장치, 채널 코덱, 변복조기, 안테나 등을 연계시켜 여러 비트율과 비트 오류율에서 평가 시험을 수행함으로써 시스템 전반적인 성능을 평가하고 위성 전송로와 수신 시스템을 연계한 전송로 환경을 고려한 보다 통합적인 화질 평가 시험을 수행하였다. 특히 전송로 오류 화질 평가에 있어서 주어진 5가지의 BER에대하여 전송 에러 화질은 평균적으로 5단계 카테고리에서 3.9이상을 유지함을 알 수 있었다. 필름 모드와 같은 낮은 비트율(특히 2Mbps)에서 코덱 시스템의 부호화 화질의 성능은 영상 소스의 통계적 성질에 따라 크게 좌우됨을 알 수 있었고 평균적으로 절대 평가 기준에서 2.7정도를 기록하였다.

Abstract

Basic and transmission video quality testing was performed in real-time mode using hardware video codec based on MPEG-2 MP@ML standard including subsequent transmitting and receiving satellite simulator unit. The double-stimulus impairment scale method and the double-stimulus continuous quality scale method based on CCIR 500-5 were used as an evaluation method. The whole digital broadcasting satellite system consisting of MPEG-2 codec, system mux/demux, channel codec, channel, modem, antenna, etc. was put into the overall video quality testbed and the basic and transmission error quality assessment was performed at various bitrates and BER for an integrated system performance evaluation. In transmission error video quality testing, transmission error video quality maintained on average above 3.9 point on the 5-point scale. The low-bit rate quality such as film mode(@2Mbps) highly depended on the statistical characteristics of video source and maintained on average around 2.7 point.

*한남대학교 정보통신공학과 Dept. Info. & Comm, Hannam University

**국방과학연구소 정보센터, 제5개발본부 Information Center, 5th Division, ADD

***충북대학교 컴퓨터공학과 Dept. Comp. Engineering, Chungbuk University

I 서론

디지털 비디오/오디오 압축 기술과 디지털 전송 기술의 발달로 위성체를 통한 디지털 위성 통신 방송은 새로운 정보 통신 서비스로 등장하였다. 종전의 아날로그 방송과는 달리 디지털 비디오/오디오 소스로부터 압축된 데이터가 다중화되어 고풍력 직접 방송 위성(Direct Broadcasting Satellite)을 거쳐 소형 접시 안테나를 통해 일반 가정에서 직접 수신할 수 있게 되었다.

중계기 당 주어진 대역 자원을 효율적으로 활용하기 위해 비디오 소스를 MPEG-2 MP@ML로 압축하여 1개의 중계기 당 4개 이상의 방송 채널을 전송하게 된다. 압축된 화질이 시청자에게 미치는 여러 심리적 반응을 척도화하기 위한 연구보고가 MPEG-2 Ad-hoc 화질 평가 그룹에 의해 다양하게 구성된 시스템에 대해 수행해 왔으며 MP@ML 단계에서의 기본 화질 평가는 완료되었고 여러 프로파일과 레벨에 대한 화질 평가도 수행중에 있다 [1,2,3,4]. 평가의 대상 시스템을 구성함에 있어 여러 복구 능력, 지연성, 연결성, 압축률, 비트 에러 확률 등의 평가 항목을 고려한 평가를 수행 중에 있다. 특히 국내의 경우 디지털 위성 방송의 코덱 화질 평가를 위한 평가 방식과 평가 시험이 일부 진행되었다.

본격적인 디지털 위성 방송에 앞서 디지털 방송 화질

평가는 단일 부호화기/복호화기 시스템으로 구성된 기본 화질 평가 뿐만이 아니라 다양한 부호화기/복호화기간의 연계 시험을 통해 화질 열화 현상을 정량적으로 규명해야 한다. 또한 디지털 위성 방송 시스템의 화질을 전체 시스템 즉 MPEG-2코덱, 다중화 장치, 채널 코덱, 변복조기, 안테나 등을 연계시켜 실시간에서 시험함으로써 시스템 성능을 평가할 수 있게 된다고 본다. 방송 분야, 통신 분야, 영화 분야, 디지털 저장 미디어 산업 분야 등에 MPEG-2 표준이 활발히 활용되기 위해 표준에 기초한 제품들의 화질을 검증하기 위한 여러 방법이 권고 되었고[6,7,8], 그 가운데 압축 비디오의 화질 평가에 있어서 주관적 화질 평가에 의한 시스템의 질과 성능을 평가하고 있다.

화질 평가와 관련하여 본 논문에서 수행한 주된 연구 내용은 디지털 위성 방송에 사용하게 될 MPEG-2 MP@ML의 하드웨어 부호화기/복호화기의 기본 화질 평가와 전송 에러 화질 및 전송 시스템 성능에 따른 화질 열화 시험을 위성 시뮬레이터(Satellite Simulator)를 사용하여 수행하였다. 평가 방법으로는 CCIR 500-5의 2중 자극 열화 척도법과 2중 자극 연속 화질 척도법을 사용하였다. 위성 전송로와 수신 시스템을 연계한 전송로 환경을 고려한 보다 통합적인 화질 평가 모델을 검토하였다.

1.1 디지털 TV 위성방송 시스템 구성

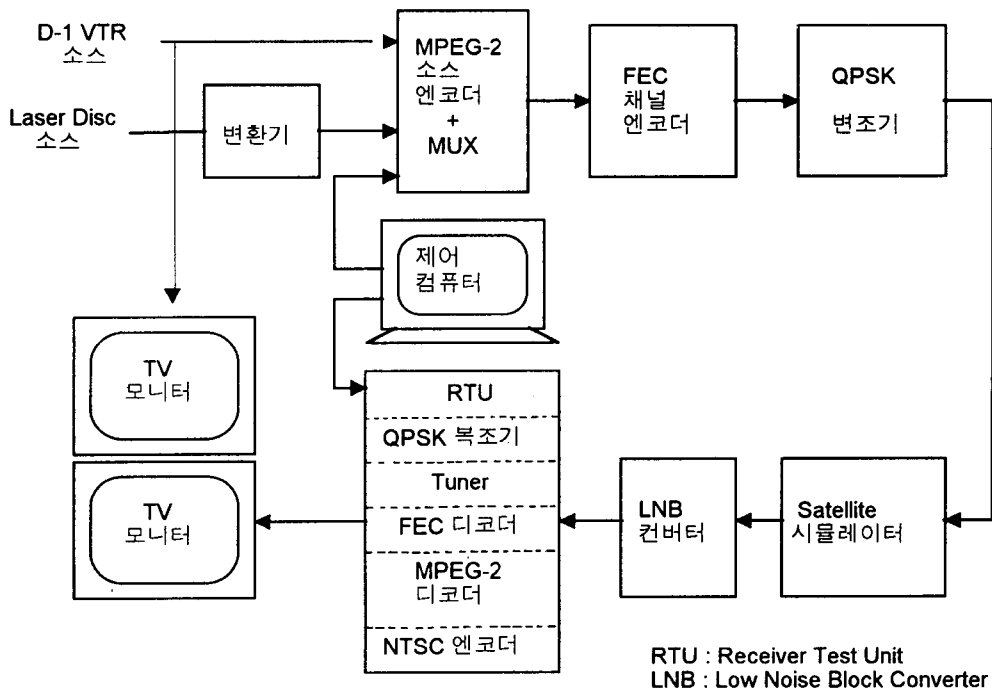


그림 1. 디지털 DBS 시스템 구성도
Fig. 1. Block diagram of digital DBS system

디지털 위성방송의 DTV 송수신 시스템 구성은 그림 1과 같다.

시스템 구성은 국내 연구소 위성 방송 시스템 연구실에 설치된 장비를 사용하여 구성하였으며 화질 평가 시험에 사용될 각 구성 unit의 좀더 상세한 구성과 기능을 RF/IF부 구성과 위성 방송 수신 장치의 구성을 각각 그림 2와 그림 3에 보였다. 국내 디지털 DBS의 채널부 구성은 DVB(Digital Video Broadcasting)의 규격[10]을 바탕으로 하여 채널 코딩과 변조 부분으로 되어 있다. 채널 코딩은 RS(204,188,t=8), convolutional interleaver(길이=12), 길쌈 부호(convolutional coding) ($k=7, rate=3/4, 7/8$)을 사용하여 QEF ($BER=10^{-10}$)를 구현하였다.

RF부의 변조부는 패킷 단위로 randomizing을 한 후, raised cosine pulse shaping(roll-off=0.35), gray-coded absolute mapping의 QPSK를 사용하였다. 수신기(set-top box와 LNB컨버터)의 채널부는 위성 시뮬레이터, LNB(Low Noise Block Converter), 튜너, QPSK(Quadrature Phase Shift Key) 복조기, FEC(Forward Error Control) 디코더(Vieterbi 와 RS), MPEG-2 디코더, NTSC 엔코더로 구성되어 있다.

1.2 디지털 위성 방송 전송 방식 기술 기준 사항

가. 디지털 위성 방송 서비스 요구사항

서비스 가능 지역은 대한민국 영토 및 영해 내에서 스튜디오 기술 기준에 의해 제작된 영상과 음성을 송출하였을 때 위성 수신부에서 만족스러운 방송 품질을 얻기 위해서 C/N비를 11.8dB이하로 할 것을 요구하고 있다[11]. 무궁화 위성 방송이 코드율(code rate) 7/8을 사용하므로 QEF(Quasi Error Free) ($BER=10^{-10}$)을 얻기 위한 이상적인 C/N=8.5dB (혹은 $E_b/N_0=6.4dB$)를 필요로 한다.

날씨 영향, 모델 구현 시 손실, 채널 ISI(Inter Symbol Interference)에 의한 손실과 여유(margin)을 고려해야 하기 때문에 실제 C/N값은 12.9dB가 된다. 이 같은 결과를 얻기 위해서 위성 수신부의 RS(202,188) 디코더 입력 단에서 $BER=2 \times 10^{-1}$ 을 요구하게 된다[9,11]. RS(204,188) 디코더 출력 단에서의 $BER \leq 10^{-10}$ 을 만족하기 위한 수신 시 비디오 화질은 ITU-R 권고 500의 절대 평가 방법의 5단계 평가치로 얼마가 되어야 하는 것에 대한 기준을 정하지 않았다. 이에 대해서는 실험적으로 주어진 BER 성능에 대해 화질을 평가해야 될 것이다.

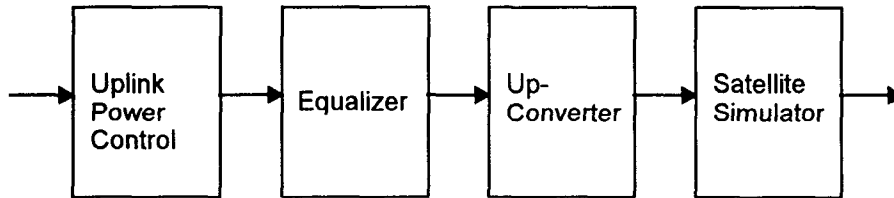


그림 2. DBS 전송 RF/IF부 구성도
Fig. 2. RF/IF block diagram for DBS transmission system

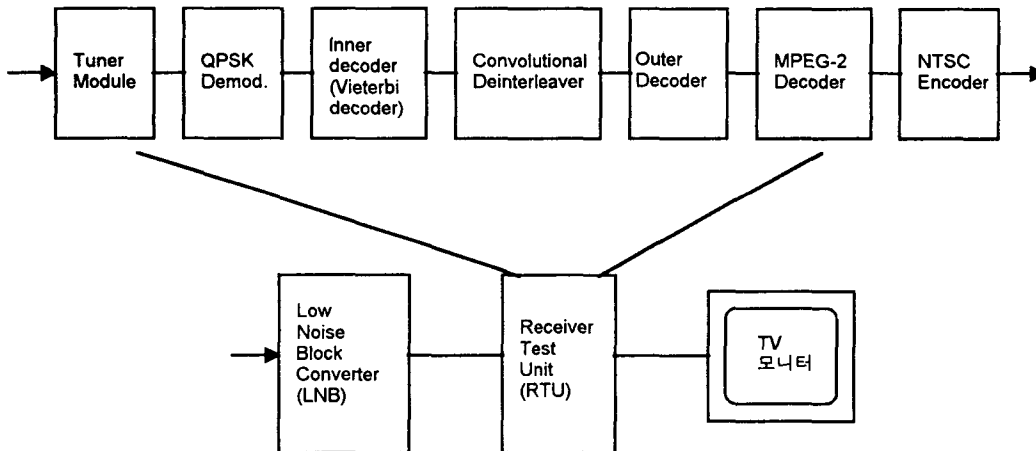


그림 3. DBS 수신 장치 구성도
Fig. 3. Receiver block diagram for DBS reception

DBS에서 우주 공간 전송시 약 205dB 감쇄되고, 기타의 감쇄 및 수신기의 G/T등을 고려하여 얻은 최종 down link C/N값은 맑은 하늘의 경우 19.1dB, 우천시 14.4dB 이다. 수신기에서 QEF인 BER=10⁻⁴을 얻기 위해 필요한 최소한의 C/N비값이 11.8dB이므로 맑은 하늘의 경우 여유 마진은 (19.1-11.8)dB이고 우천시의 경우 여유 마진은 (14.4-11.8)dB가 되어 더 적어진다.

나. 디지털 위성 방송·전송 방식 기술 기준 요약

디지털 위성 방송 시스템의 입력 포맷은 CCIR 601 525/60 TV 시스템 규격으로 정의하고 있으며 출력 포맷은 디스플레이 규격으로 정의하고 있다. 화면의 가로대 세로 비는 표준 화면비(4:3)와 광폭 화면비(16:9)를 모두 지원하도록 하고 있다. 지원해야 할 프레임 율은 29.97Hz 또는 23.976Hz 만을 명시하고 있다. 영상 신호의 크로마 포맷은 4:2:0 을 지원하도록 규정하고 있다. 디지털 TV 비디오 엔코더 기준 사항 과 디지털 TV 다중화 전송 기준 사항에 대한 더 자세한 사항은 참고문헌 [11]을 참고하기 바란다.

II. 방송 화질 평가 방법

2.1 1차원 척도에 의한 해석 방법

화상과 음의 품질은 텔레비전 카메라, 마이크의 변환계 특성에서 시작하여 압축 방법, 전송, 기록, 처리계의 특성 및 수신부의 여러 특성에 의해 크게 좌우된다. 화질이나 음질을 단계적인 카테고리(아주좋다(5), 좋다(4), 보통(3), 나쁘다(2), 아주나쁘다(1) 등)에 의해 평가하는 방법을 평정 척도법이라 한다. 이 방법에서는 자극으로 부여하는 화상이나 음을 여러명의 평정자에게 여러 번 반복해서 제시하고 제시할 때에 자극이 어느 카테고리에 해당하는가를 판단 시킨다. 판단 결과를 시험 화상마다 카테고리에 점수로 표현하여 점수의 통계적 처리를 거친 후 자극의 척도치가 얻어지게 된다.

위에서 언급한 평정 척도법에서는 5단계의 카테고리의

경우 카테고리 1에서부터 5까지 한 스텝씩 변화한 수치(단극 척도)를 할당하여 카테고리의 점수간의 거리가 같다고 하는 보장은 전혀 없다. 이런 의미에서 평정 척도는 척도에 할당한 수치가 엄밀하게 거리를 표시하는 것이 아니라 단순히 순위를 표시하는 것(순시척도)에 지나지 않는다. 그러나 척도치와 물리량의 함수 관계를 구하는 등 엄밀하게 거리를 나타내는 척도를 구하고 싶은 경우에는 평정 척도법에서 얻어진 데이터에 계열 범주법에 의한 처리를 함으로서 거리 척도를 구하게 된다. 계열 범주법은 "인간의 판단 분포가 정규 분포다"라는 가정에 기초하고 있다. 계열 범주법에 의한 데이터 분석의 자세한 방법은 참고문헌[5,12]를 참고하기 바란다.

화질 성능 평가에는 EBU, CCIR, SMPTE등에 의해 제안된 시험 방법과 절차, 환경 설정 등을 근간으로 하지만 주어진 사용 환경을 고려한 시험 모델에 따라 재평가 되어야 한다. DTV 방송 화질의 주관적 평가 방법을 보고된 권고안에 따라 평가하되 국내 위성 전송의 여건에 맞춰 보다 통합적인 평가 모델을 제시해야 할 것이다.

현재로서는 디지털 압축 영상의 화질을 어떤 객관적 평가 방법을 사용하여 평가하기란 대단히 어려우며 여러가지 평가 항목에 대한 요구사항을 만족시켜주는 보편적인 객관적 평가 방법이 아직 보편화 되어 있지 않다. 따라서 본 논문에서도 현재 널리 시행되어지는 ITU-R 500-5 권고안과 ITU-R BT. 500-5 권고안에 준한 평가 방법을 따르되 테스트 시퀀스의 표현 방법과 평가실 조건에 필요한 수정을 가한 기본 화질 평가 시험과 직접 위성 전송 시스템을 포함한 가정의 수신 조건 환경하에서 시스템의 능력을 설정해주는 전송 화질 성능 평가 시험을 수행하고자 한다.

2.2 주관적 화질 평가법

고성능 부호화(MPEG-2 코덱등)방법에 의해 처리된 화상은 사용된 부호화 기법과 입력 신호의 움직임 량이나 소스의 통계적 성질에 의해서 그 특성은 크게 변하게 된다. 따라서 현재 부호화 화상을 객관적으로 평가하는 일은 어렵다. CCIR에서는 이 같은 점을 고려하여 동화상 테스트

표 1. 디지털 TV 방송화상의 품질 목표
Table 1. Video quality target for digital TV broadcasting

	4Mbps	6Mbps	9Mbps
기본화질	5단계척도에서 3.0	5단계척도에서 3.7	5단계척도에서 4.5
Down-Stream	5단계척도에서 2.5	5단계척도에서 3.2	5단계척도에서 4.0
처리화질			
전송로에서의 화질	BER=10 ⁻⁴ 에서 5단계척도로 3.0이상	BER=10 ⁻⁴ 에서 5단계척도로 3.5이상	BER=10 ⁻⁴ 에서 5단계척도로 4.5이상
비 고		NTSC TV수준의 화질	

신호를 택하여 주관적 평가에 따른 목표 화질을 기본 화질(부호화 화질), Down-Stream처리 화질(크로마키 합성, 느린 동작 재생), 전송로 에러 화질의 3가지 항목으로 정하여 평가하고 있다.

DTV 방송 화상 품질의 목표는 무궁화 위성방송에서는 구체적으로 규정한 바 없지만 만족스러운 방송 화질을 얻기 위해서는 CCITT PCM 고능률 부호화 방식에서 제안된 다음 표 1과 같은 품질 목표로 시스템이 개발되어야 한다고 본다.

본 논문은 CCIR 권고 500-5에서 추천하고 있는 주관적 평가법을 사용한다. 주관적 평가 시험을 할 때 목적과 상황에 가장 알맞는 평가 방법, 시험 평가 화상, 관찰 조건을 선택할 필요가 있다. 아래에 간단히 평가 방법에서 사용하게 될 2중 자극 열화 척도법과 2중 자극 연속 품질 척도법에서 각종 주관적 평가법 및 관찰 조건에 대하여 간단히 설명한다.

가. 2중 자극 열화 척도법

(The Double Stimulus Impairment Scale Method)

평가 시험의 계통도를 그림 4에 나타내었다. 평정자에 게 먼저 디지털 비디오 신호원으로부터 디스플레이에 들

어가는 화상이 제시되며, 이어서 같은 화상이 평가 대상 시스템을 경유하여 제시된다.

표 2. 5단계 열화 척도
Table 2. 5-grade impairment scales

평 점	평가용어
5	(열화를)알 수 없다
4	(열화를)알 수 있으나 마음에 걸리지 않는다
3	(열화를)알 수 있으나 마음에 걸리지 않는다
2	(열화가)방해가 된다
1	(열화를)대단히 방해가 된다

평가 화상의 제시 방법은 그림 5와 같은 방법과 순서에 따라 제시되며 평가 척도는 5단계 열화 척도(표 2)를 사용한다.

나. 2중 자극 연속 품질 척도법(The Double -Stimulus Continuous Quality Scale Method)

평가 시험의 계통도는 그림 4와 유사하다. 평정자는 신호원에서 직접 디스플레이에 들어가는 화상과 평가 대상 시스템을 경유하여 제시되는 화상을 대조하여 평가한다.

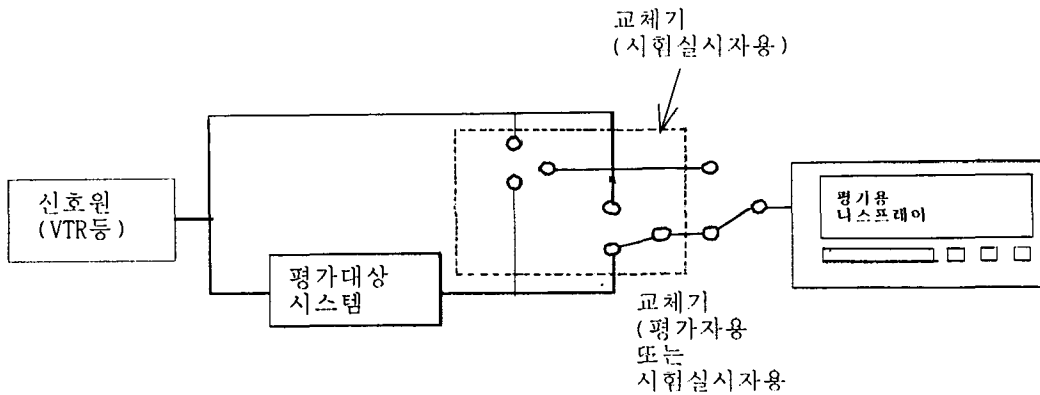


그림 4. 2중 자극 열화 척도법(EBU법)에 의한 평가 시험 계통도
Fig. 4. Test system block diagram using the double stimulus impairment scale method

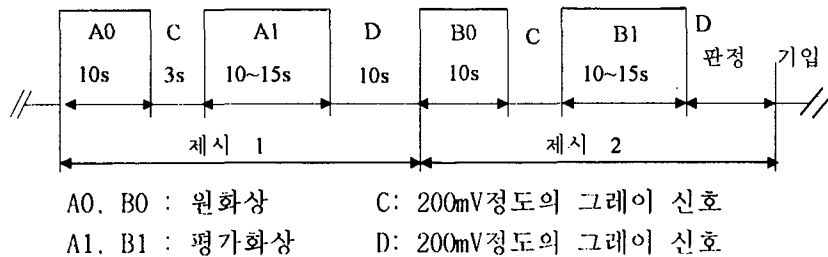


그림 5. EBU법에 의한 평가에서의 화상 제시 방법
Fig. 5. Test sequence display method in EBU assessment method

단,[원화상 대 원화상]의 조합도 넣어둔다.

평가 화상에 사용된 시험 화상 시퀀스의 제시 방법은 2 줄(앞에 3사람, 뒤에 2사람) 구성된 평정자에게 시험 화상의 여러 조합을 자유로이(보통 10초간에 2-3회)교체시켜가며 제시하고 제시한 평가 시험 용지에 평가 점수를 기록한다. 평가 결과의 처리 방법은 참고문헌 [12]을 참고하기 바란다.

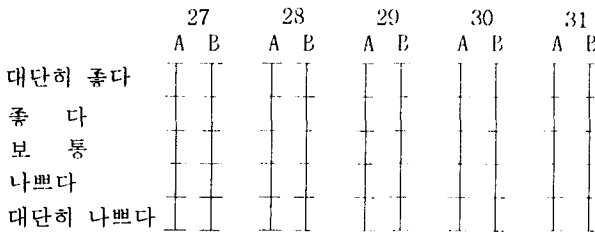


그림 6. 2중 자극 연속 품질 및 열화 척도법의 평가 시험용지(일부)

Fig. 6. Score sheet of the double stimulus continuous quality and impairment scale method(in part)

2.3. 기본 시스템 화질 평가

단일 부호화기/복호화기 525/60 TV 시스템의 압축 비디오 기본 화질 평가를 위해서는 DSCQS 방법을 사용하게 되며 MPEG-2 MP@ML 표준 코딩의 화질을 검증하기 위해 여러 항목(예를 들면 화질, 예러 복구 능력, 지연 특성, 직렬 접속, 콤포지트 비디오 처리등)에 대해 평가되어야 한다. 그러나 525/60 TV 시스템에 대한 기본 화질 평가의 주된 내용은 단일 엔코더와 다중화기로 연결된 채널에 대하여 잡음 효과를 무시할 수 있는 경우에 대한 평가 시스템을 구성하여 부호화기/복호화기 자체의 화질과 성능을 평가하고자 한다. 평가를 위해 DSCQS 방법에 따라 시험 화상을 편집하고 제시하게 된다.

2.4. 전송 에러 화질 평가법

전송 채널에 따른 화질 열화에 대한 평가는 2단계로 이루어진다. 먼저 전송 채널 성능 척도가 유도되고 다음은 실제적으로 이 척도의 값이 발생하는 확률을 추정하게 된다.

전송 채널 척도는 시각적으로 소스 자료의 충실한 재생을 제공하려는 상황하에서 평가 시스템의 능력에 영향을 미치는 채널 성능의 양상을 포착해주는 통계치이다. 분명히 이런 경우에 적절한 시각적 모델에 기준하여 추정이 이루어진다면 유의할 것이다. 하지만 그 같은 시각적 모델이

없는 경우에 이 척도가 인식된 화질과 대략적으로 단조적인 관계를 유지한다면 채널에 대해 강조된 어떤 면만을 포착해주는 척도로도 충분하다.

특히 전송 오류에 기인한 부호화기/복호화기 화질의 열화에 대한 주관적인 평가를 위한 유용한 척도는 엔코더와 디코더 사이에 놓인 전송 링크에서 발생하는 비트 오류율의 함수로써 결정된 열화가 될 수 있다. 다양한 범위의 전송 오류율에 걸쳐 부호화기/복호화기 성능을 탐색하는게 필요하기 때문에 실제적 제약 조건은 부가적인 데모 시퀀스와 함께 3가지 종류의 시험 화상이면 충분하다고 본다. 각 시퀀스의 제시 길이는 약 10sec정도면 되지만 보편적으로 15sec-30sec정도의 시간을 요한다.

비트 오류율의 선정은 약 최소한 5가지의 비트율이 필요하며 비율 선정은 대략적으로 로그 스케일로 하여 "열화 인식 불가능"에서부터 "열화가 대단히 심함"까지의 열화 범위를 포함할 수 있어야 한다.

시험 방법은 보통 2중 자극 열화 척도법이 적절하다. 본 평가 시험에도 이 방법이 사용되었다.

가. BER-C/N 비 계산

채널 코딩을 사용하는 경우 IF(Intermediate Frequency)-loop back 연결시 모델은 아래 표 3의 BER-Eb/No 성능을 만족시켜야 한다. 이 성능 지수는 모델 구현 마진 0.8dB, outer code에 의한 잡음 대역 증가분인 $10\log_{10}(188/204) = 0.36\text{dB}$ 를 포함한 값이다.

표 3. IF-loop 성능 규격
Table 3. IF-loop performance specification

Inner Code Rate	요구 Eb/No비(dB) *Vieterbi 디코딩후의 BER=2×10 ⁻⁴ *Rs 디코딩후의 BER=1×10 ⁻¹⁰	요구 Eb/No(dB) 순수요구Eb/No(dB) +모델구현마진(0.8dB)
1/2	4.5	3.7+0.8=4.5
2/3	5.0	4.2+0.8=5.0
3/4	5.5	4.7+0.8=5.5
5/6	6.0	5.2+0.8=6.0
7/8	6.4	5.6+0.8=6.4

채널 코딩시와 채널 무코딩시의 성능 대조를 보면 아래와 같이 요약할 수 있다

BER=2×10⁻⁴을 달성하기 위한 요구 Eb/No

1. 채널 무코딩(모뎀): 위 표4로부터 (Eb/No)₁ = 7.97dB
2. 채널 코딩시(모뎀+비터비 7/8코드): 위 표3으로부터 (Eb/No)₂ = 6.4dB

따라서 채널 코딩 이득은 (Eb/No)₂ - (Eb/No)₁ = 1.57dB이 된다.

BER=QEF(BER=1×10⁻¹⁰이하)를 달성하기 위한 요구 Eb/No

3. 채널 무코딩(모뎀): 위 표4로부터 (Eb/No)₁=13.06dB

4. 채널 코딩시(모뎀+비터비(7/8)+(RS code)): 위 표 3 으로부터 (Eb/No)₂=6.4dB 따라서 채널 코딩시 코딩이득 은 (Eb/No)₂ -(Eb/No)₁=6.66dB이 된다.

R=10Mbps, B=27MHz이다.C/N비 대 BER 관계는 다음 관계식으로부터 반송파대 잡음 전력비를 나타낼 수 있다.

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b/T_b}{N_0 B} = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)\left(\frac{R}{B}\right)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} + 10\log_{10}\left(\frac{R}{B}\right) = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} - 4.31364$$

나. BER에따른 Eb/No와 C/N비의 계산

전송 에러 화질의 열화 상태에 대한 채널 잡음 및 간섭 영향을 제공하기 위해 사용한 측정 계측기는 HP3708A Noise & Interference Test Set이고 사용된 파라미터는

Ⅲ. 디지털 위성 방송 화질 평가 시험

3.1 시험의 범위

표 4. BER vs Eb/No(or C/N) 비
Table 4. BER vs Eb/No(or C/N) Ratio

BER 목표치	Eb/No(dB) (비채널코딩시)	Eb/No(dB) _c (채널코딩시)	이상적인 C/N(dB) _i	실제적인 C/N(dB) _r	비 고
10 ⁻¹⁰	13.06	12.81 (5.2+1.2=6.4)	Eb/No-4.31 (10log10 R/B) =8.5	8.5+3.3=11.8	실제적인 경우 모델손실 1.5dB, 채널 ISI손실 1.8dB
10 ⁻⁶	10.53	12.31 (4.7+1.2=5.9)	Eb/No-4.31 =8.0	8.0+1.5+1.8 =11.3	
10 ⁻⁴	8.40	12.11 (4.5+1.2=5.7)	Eb/No-4.31 =7.8	7.8+3.3=11.1	
10 ⁻³	6.79	11.91 (4.3+1.2=5.5)	Eb/No-4.31 =7.6	10.9	
10 ⁻²	4.32	11.71 (4.1+1.2=5.3)	Eb/No-4.31 =7.4	10.7	

주1. HP3708A 계측기 사용시 얻어지는 Eb/No임. ()안은 다른 파라미터(R=34.353Mbps, B=21.3MHz) 사용시 얻어진 것임. 이때 10log10(R/B)=2.1 정도임.

주2. IF loop back 연결시 R=7/8 Vieterbi decoder 와 RS code를 사용한 경우 채널디코더 전 단에서 필요한 C/N비임.

주3. 실제적인 C/N비는 우천시 업링크(약 1.1dB) 를 고려하지 않았음.

표 5. MPEG-2 MP@ML 코덱의 화질평가 시험에 사용된 비디오 테스트 시퀀스 특성
Table 5. Video test sequence characteristics used in assessment of MPEG-2 MP@ML codec

TV시스템	시퀀스 명	소스 제공원	영상내용 유형	카메라 센서
525/60	Table Tennis	ITU-R Library	Multiple rapid motion, pan, zoom and cuts	Tube
	Flower Garden	ITU-R Library	Color detail, Slow pan	Tube
	MOBILE & Calendar	ITU-R Library	Random motion of objects, slow motion, sharp moving detail	Tube
	Bicycle	ITU-R Library	Bicycle wheel, complex movement and fast motion	Tube
	Football	ITU-R Library	Sports, rapid motion	Tube

본 논문에서 평가 시험 범위는 평정 척도법과 계열 범주법에 의한 1차원 척도법을 사용하는 분석 방법에 따라 DTV 방송 화질 시험을 주어진 BER하에서(BER=10⁻¹⁰ 여러 압축률에 따른 기본 화질 열화 현상을 시험하고 또한 주어진 압축률(7Mbps)에서 여러 BER 변화에 따른 전송 에러 화질 열화 시험을 수행하고자 한다. 평정자의 구성은 각 시험에 대해 권고안에 기준한 조건하에서 가능한 수행한다.

3.2 방송 화질 평가 시험 환경 설정

직접 방송 위성의 DTV 화질 평가 시스템 전체 구성도는 그림 1과 같으며 원 영상은 D-1 4:2:2 VCR 소스로부터 직접 모니터 1로 입력되고 다른 하나는 평가할 DTV 위성 방송 시스템을 거쳐 셋탑 상자인 RTU 에 입력되어 평가용 모니터로 출력된다.

특히 MPEG-2의 MP@ML로 코딩화 될 화질 평가 시험에 사용된 비디오 테스트 시퀀스는 소스 영상의 특성과 센서 유형에 대해 표 5에 요약하였다.

3.3 평가 항목 선정 및 시험 방법

가. 평가 항목

- 하드웨어 비디오 코덱의 기본 화질 시험
- 위성 채널의 전송로를 포함한 전송 에러 화질

나. 시험방법

평가 시험을 위한 기본 적인 평가실 조건은 표 6와 같다.

표 6. 평가실 조건
Table 6. Testing Room conditions

평가방법	DSCQS,DSIS(EBU방법)	
관측조건	화면의 휘도	70cd/m
	비발광 화면 휘도의 픽 휘도에 대한 비	<0.02
	흑 레벨 휘도의 픽 휘도에 대한 비	~0.01
	모니터 설치장소 배경 휘도의 피이크 휘도에 대한 비	~0.15
	실내조명(주의 조도)	낮을 것
	모니터 설치장소의 배경색	D ₈₈
	화면과 배경의 입체각의 비	>9
평가자 (비전문가)	4H거리에 15명, 6H거리에 15명 (남녀 혼성 15명, 나이분포 20~45세)	
테스트퀀스	5종류(표5 참조)	

CCIR에서는 TV 전송을 방송용(Contribution), 1차 분배용(Primary Distribution), 2차 분배용(Secondary Distribution)의 3가지로 분류하고 있다. 따라서 부호화 방식의 표준화에 대해서는 각각의 전송 조건으로 사용자 측

에서 요구하는 품질 목표를 만족하는 일이 필수 항목으로 되어 있다. 엄격히 말해서 방송용 코덱의 화질은 스튜디오 후처리(Studio Post-processing), 전송을 위한 신호처리, 재코딩 과정을 거치게 되므로 본 논문에서는 이 같은 중간 처리 과정을 거치지 않은 순수한 코덱 자체(단일 코덱 시스템 구성)만의 성능을 평가하는 기본 화질 시험을 수행한다. 기본 화질 시험에서는 CCIR 500-5 권고에 따라 5단계 품질 평가 척도(5:Excellent, 4:Good, 3:Fair 2:Poor 1:Bad)를 사용하는 DSCQS 방법을 채택 하고 D1 VCR 4:2:2 신호를 기준 영상으로 한다. 이 기준 원 영상과 부호화 화상을 각각 10초씩 그림 5와 같이 제시한다. 이때 기준 영상과 부호화 영상의 제시 순서는 랜덤하게 조합하고 5단계 화상 척도는 0~100인 연속치로 하여 점수를 부여한다.

위성 방송 송수신 시스템 전체를 연계하여 방송 화질을 평가하는 것이 실제 시청자들이 가정에서 경험할 수 있는 화질이 될 것이므로 위성 전송 채널을 포함한 전체 시스템을 통한 화질 열화 현상을 규명할 필요가 있다. 이 경우에 전체 시스템 안에는 단일 코덱이 있고 채널 코덱, 송신 RF/IF 단, 수신 시험 유니트(RTU)을 포함하게 된다.

전송 에러 화질의 평가에서는 CCIR 500-5 권고의 5단계 화질 열화 척도(5:Imperceptible, 4:Perceptible, But not annoying, 3: Slightly Annoying, 2: Annoying, 1: Very Annoying)를 사용하는 DSIS방법을 채택하고 D1 4:2:2 VCR신호를 기준영상으로 한다. 이 기준 영상과 부호화 전송 화상은 각각 10초씩 그림 5 와 같이 제시한다.

3.4 평가 시험과 데이터 분석

기본 화질 평가는 CCIR 500-5 권고에 기술된 DSCQS 방법에 따라 시험 데이터를 얻었고, 5가지의 압축률(2Mbps, 4Mbps, 6Mbps, 7Mbps, 9Mbps)에 대하여 하드웨어 엔코더, 디코더의 성능을 살펴보았다. 정규화 절대 5단계 평가치에서 7Mbps시퀀스는 약 3.75를 얻었다. 압축률의 변화에 따라 일관성있게 평가 점수가 변하는 것이 아니라 영상 소스의 통계적 특성에 매우 좌우되었다. 4H와 6H 거리의 평정자들에 의해 평가된 결과를 그림 8-9에 제시하였다. 여기서 "정규화"된 화질이란 원화상을 5단계 평점에서 5점으로 보상한 것에 대한 평가화상들의 평점을 말한다.

전송 에러 화질 평가도 마찬가지로 CCIR-500-5 권고에 기술된 DSIS 방법에 따라 시험 데이터를 얻었고, 5가지의 비트 오류율(BER=10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴, 10⁻⁵, 10⁻⁶)에 대하여 전송로의 채널 잡음 환경을 시뮬레이션하였다. 이때 사용된 영상 시퀀스는 비교적 운동량이 많은 football 시퀀스를 선정하였고 7Mbps로 압축하여 전송하였다. BER 측정은 HP3708A 계측기를 사용하였다. 전반적으로 사용된 FEC 채널 오류 정정 코드는 절대 5단계 평가치에서 거의 균일하게 3.9를 유지하였다(그림 10참조). 평가 결과가 의미하

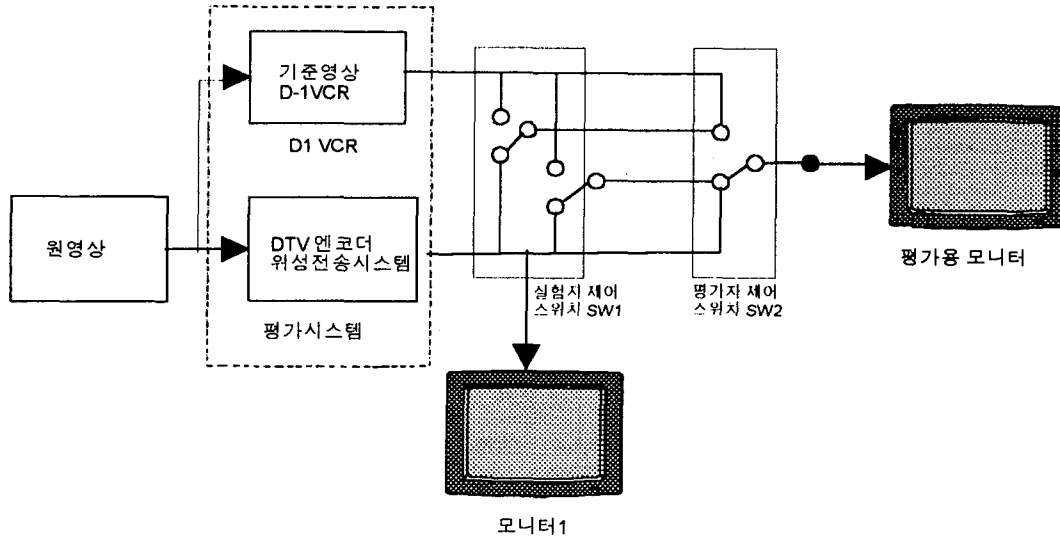


그림 7. DSCQS와 DSIS 방법에 의한 시험 시스템 구성도
 Fig. 7. Testing system configuration by the DSCQS and DSIS method

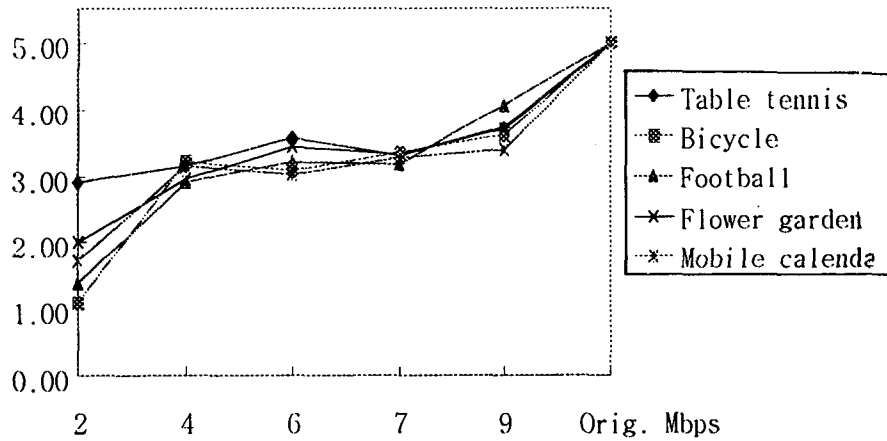


그림 8. 정규화된 평가화질 (@4H 거리)
 Fig. 8. Normalized video quality (@4H distance)

는 바는 상대적인 것으로서 사용된 비트율과 소스 시퀀스 길이 동안에 오류는 거의 식별할 수 없음을 보여주었다. 주관적인 화질면에 있어서도 전송화질은 기존의 NTSC TV 수준의 화질보다 월등한 상태를 보여주었다. 이는 절대 평가의 수치가 주는 의미의 해석에 있어 절대적인 점수차가 매우 작을 지라도 화질의 차는 크게 보일 수 있으므로 절대적인 점수에 의존한 판단만은 정확지 않음을 말해준다.

IV. 결론

주어진 관찰 조건 하에서 (특히 조명 부분에서 권고 사항과 다른 부분이 많음) 여러 전송 비트율과 전송로 잡음 (BER변경)에 의한 DTV 위성 방송의 송수신 장치와 위성 전송 시스템의 성능 평가를 수행하였다. 특히 전송로 오류 화질 평가에서 주어진 5가지의 BER에서는 전송로 잡음의 영향을 무시할수 있는 전송 에러 화질을 나타냈고 평균적

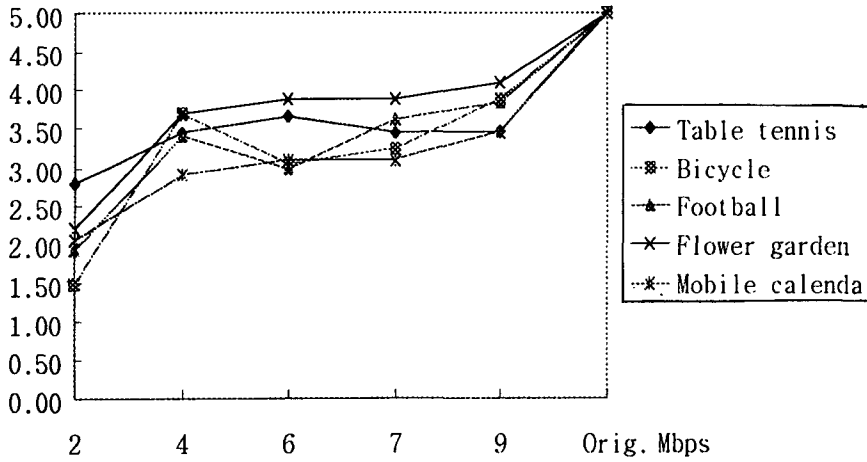


그림 9. 정규화된 평가화질 (@6H 거리)
Fig. 9. Normalized video quality (@6H distance)

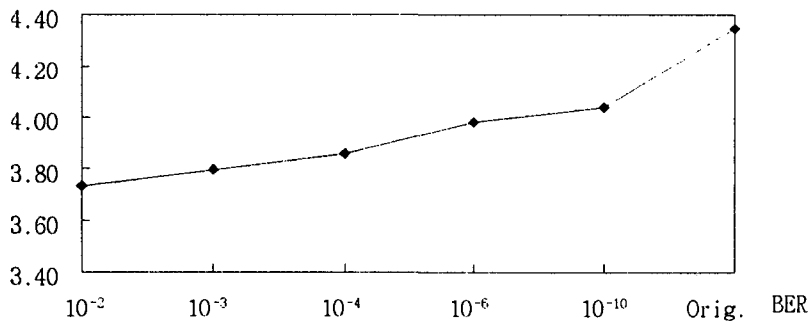


그림 10. BER에 따른 시험 화상에 대한 평균 전송 화질(@4H와 6H거리의 평균)
Fig. 10. Average transmitted video quality for test sequences at various BERs

으로 5단계 카테고리에서 3.9이상을 유지함을 알 수 있었다.

필름 모드와 같은 낮은 비트율(특히 2Mbps)에서 코덱 시스템의 부호화 화질의 성능은 영상 소스의 통계적 성질에 따라 크게 좌우됨을 알 수 있었고 평균적으로 절대 평가 기준에서 2.7정도를 기록하였다. 이는 표1에서 언급한 디지털 TV 방송 화상의 품질 목표가 기존의 아날로그 NTSC TV 수준보다 못함을 보여준다. 그러나 육안으로 화질 열화 현상을 식별하기란 비전문가들에겐 어려웠다. 이는 절대 평가의 수치가 주는 의미의 해석에 있어 절대적인 점수에 의존한 판단만으론 정확치 않음을 말해준다.

참고 문헌

- [1] T. Hidaka, "Report of Ad-hoc Group on MPEG-2 Verification Test", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG94/006, Mar. 1994.
- [2] C. Fogg, "Report of Ad-Hoc Group on Video Conformance Testing", ISO/IEC JTC1/SC25/WG11 MPEG94/008, Mar. 1994.
- [3] NHK, "Result of MP@ML Subjective Assessment Tests at NHK", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG 94/027, Mar. 1994.

- [4] T. Hidaka, K. Ozawa, and D. Nasse, "Assesment of the MPEG-2 Performance," *Proc. Int. Workshop on HDTV'93, Ottawa Congress Centre, Ottawa, Canada*, Oct. pp. 26-28, 1993.
- [5] 한국 전자 통신 연구소, 디지털 방송 화질 시험과 삼차원 디지털 TV 코딩 방법에 관한 연구, 최종 연구보고서, 1995. 12. 30.
- [6] CCIR rec. 500,5, Method for the Subjective Assessment of the quality of Television Picture, 1992-CCIR Rec, RBT, pp. 166-189, 1992.
- [7] ITU-R BT 500-5, Subjective Assessment of Digital Television Systems at of near the Quality of Conventional Systems, MPEG 94/005 doc. 11/182-E, 1993.
- [8] 成田長人, CCIR 권고 500-5 화질 평가법, *텔레비죤學會誌*, vol. 47, no. 7, pp. 979-982, 1993.
- [9] Hiroyoki Hamada, 難波誠, *バイビジョソ 静止畫 JPEG 符號化畫像の符號化パラメタと客觀的評 價度 の檢謝*, *텔레비죤學會誌*, vol.47, no. 10, pp. 1332-1339, 1993.
- [10] DVB, Digital Video Broadcasting; Background Documents on Digital Video Broadcasting, pp. 16-33, Apr. 1994.
- [11] 정보통신부, 디지털 위성 방송 전송 방식 기술 기준 (안), 1995. 3. 24.
- [12] 大串 健吾 外 2人, *畫質 と 音質 の 評價技術*, *텔레비죤學會學會 編*, 昭光堂 1990.

 저 자 소 개

**박 대 철**

1953년 11월 23일생
 1977년 2월 서강대 전자공학과 (공학사)
 1985년 12월 미국 Univ. of New Mexico 전기공학과 (공학석사)
 1989년 5월 미국 Univ. of New Mexico 전기공학과 (공학박사)
 1991년 8월 ~ 1992년 7월 미국 Columbia 대학 CTR 객원 교수
 1977년 3월 ~ 1982년 12월 국방과학연구소 연구원
 1989년 5월 ~ 1993년 8월 한국전자통신연구소 선임연구원
 1993년 9월 현재 : 한남대학교 정보통신공학과 조교수
 주관심분야 : 디지털 TV 방송, 입체 영상 디스플레이 및 3-D 영상 압축, 분산망 영상 DB 설계, 실시간 비디오 스트림 처리 및 전송

**김 용 선**

1953년 11월 23일생
 1977년 2월 성균관대 전자공학과(공학사)
 1981년 2월 충남대 대학원 전자공학과(공학석사)
 1994년 3월 현재 충북대 컴퓨터공학과 박사과정
 1997년 3월 ~ 1987년 12월 국방과학연구소 선임연구원
 1990년 12월 국방과학연구소 선임연구원
 주관심분야 : 영상처리, 패턴인식



유 태 선

1954년 4월 1일생
1977년 2월 한국항공대 전자공학과(공학사)
1982년 3월 연세대 산업대학원 전자공학과 (공학석사)
1992년 1월 ~ 현재 충북대 컴퓨터공학과 박사과정
1981년 9월 ~ 현재 국방과학연구소 선임연구원
주관심분야 : 정보전자전, 레이다, 신호처리



전 병 민

1954년 1월 9일생
1976년 2월 한국항공대 전자공학과(공학사)
1978년 2월 연세대 전자공학과 (공학석사)
1988년 8월 연세대 전자공학과 (공학박사)
1978년 8월 ~ 1982년 3월 공군사관학교 전자과 전임강사
1982년 4월 ~ 1986년 2월 동양공전 통신과 조교수
1986년 3월 ~ 현재 충북대 컴퓨터공학과 교수
1991년 1월 ~ 1992년 1월 미국 미시간 대학교 교환교수
주관심분야 : 영상처리, 패턴인식