

SVC 적용에 의한 다매체 멀티미디어 지원 서비스 효율 향상 기법

SVC Based Multi-channel Transmission of High Definition Multimedia and Its Improved Service Efficiency

김동환*, 조민규**, 문성필**, 이재열**, 전준길***, 장태규***

Dong-Hwan Kim*, Min-Kyu Cho**, Seong-Pil Moon**, Jae-Yeal Lee**, Jun-Gil Jun***, Tae-Gyu Chang***

Abstract

This paper presents an SVC based multi-channel transmission technique. Transmission of high definition multimedia and its service efficiency can be significantly improved by the proposed method. In this method, the HD stream is divided into the two layer streams, i.e., a base layer stream and an enhancement layer stream. The divided streams are transmitted through a primary channel and an auxiliary channel, respectively. The proposed technique provides a noble mode switching technique which enables a seamless service of HD multimedia even under the conditions of abrupt and intermittent deterioration of the auxiliary channel. When the enhancement layer stream is disrupted by the channel monitoring in the mode switching algorithm, the algorithm works further to maintain the spatial and time resolution of the HD multimedia by upsampling and interpolating the base layer stream, consequently serving for the non disrupted play of the media. Moreover, the adoption of an adaptive switching algorithm significantly reduces the frequency of channel disruption avoiding the unnecessary switching for the short period variations of the channel.

The feasibility of the proposed technique is verified through the simulation study with an example application to the simultaneous utilization of both Ku and Ka bands for HD multimedia broadcasting service. The rainfall modeling and the analysis of the satellite channel attenuation characteristics are performed to simulate the quality of service performance of the proposed HD broadcasting method. The simulation results obtained under a relatively poor channel (weather) situations show that the average lasting period of enhancement layer service is extended from 9.48[min] to 23.12[min] and the average switching frequency is reduced from 3.84[times/hour] to 1.68[times/hour]. It is verified in the satellite example that the proposed SVC based transmission technique best utilizes the Ka band channel for the service of HD broadcasting, although it is characterized by its inherent weather related poor reliability causing severe limitations in its independent application.

요약

이 논문에서는 SVC 기반의 다매체 전송기법을 제시하였다. 제시한 기법을 통하여 HD 멀티미디어 전송 서비스 효율이 크게 개선되었다. 논문에서는 신뢰도가 떨어지는 보조채널을 주채널과 함께 사용하여 고품질 멀티미디어 서비스 효율을 높여주기 위한 SVC 기반 다매체 멀티미디어 전송기법을 제시하였다. 실시간 모드 전환 알고리즘에 의하여 보조 채널의 열화 정도에 따라 주채널 스트림과 보조채널 스트림을 함께 사용할 지 아니면 Base Layer 스트림을 단독적으로 사용할지를 단독적으로 전환하여 준다. Enhancement Layer 스트림이 채널 모니터링에 의해 차단 되었을 때 채널 모드 전환 알고리즘은 Base Layer 스트림에 대한 업샘플링과 인터폴레이션을 통하여 HD 멀티미디어 서비스의 공간적, 시간적 Resolution을 유지시켜주어 끊임 없는 다매체 멀티미디어 서비스 지원을 가능케 한다.

Ku 대역과 Ka 대역을 함께 사용하여 고품질 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 방송시스템을 예로 본 논문에서 제안한 기법의 타당성을 확인하였다. 실제 강우량의 변화를 Bartlett-Lewis Pulse (BLP) 프로세스로 모델링하고 그에 따른 강우 감쇠효과를 적용하여 시스템에 대한 성능시험을 수행하였다. Enhancement Layer의 평균지속시간이 9.48[min]에서 23.12[min]으로 늘어났으며, 시간당 계층전환 횟수가 3.84[번/hour]에서 1.68[번/hour]으로 줄어드는 결과를 얻었다. Ka 밴드는 본질적으로 기후와 관련하여 상대적으로 신뢰도가 떨어져서 독립적인 응용에는 한계가 있지만, 이상의 위성방송 시스템의 예를 통하여 볼 때, 본 논문에서 제안한 SVC 기반 전송기법은 고품질 방송을 위한 Ka 대역의 활용을 극대화 시켜줄 것을 확인하였다.

Key words : SVC, multi-channel transmission, HD multimedia service, adaptive switching algorithm,

* LG电子 CTO 컨버전스 연구소

** 中央大學校 電子電氣工學部 (Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University)

*** 韓國電子通信研究員 放送通信융합연구부문 (Electronics and Telecommunications Research Institute)

★ 교신저자 (Corresponding author)

※ 본 논문은 중앙대학교 신진우수연구자 학술비 지원에 의한 결과임.

接受日:2011年 6月 1日, 修正完了日: 2011年 6月 29日

1. 서론

최근 광대역 통신망의 급속한 발전과 디지털 멀티미디어 단말 기술의 발달에 따라 사용자들의 보다 좋은 품질의 멀티미디어 서비스에 대한 요구는 급속도로 커졌고 그에 필요한 정보 전송량 또한 늘어나고 있

다. 이에 따라서 상황에 따른 매체의 광범위한 선택을 통해 사용자의 요구를 충족시킬 수 있는 다매체 서비스가 주목 받고 있다. 다매체 서비스란 활용 가능한 여러 가지 통신 매체들 중에서 날씨나 사용자의 통신 환경 등에 따라 적절한 매체를 선택하여 최적의 서비스를 받는 것을 말한다. 주파수 대역이 부족하고 사용자가 급증하는 현 상황에서는 다매체를 이용한 서비스에도 한계가 있을 수 밖에 없다. 이에 착안하여 본 논문에서는 SVC 기반의 복수 매체를 이용한 멀티미디어 서비스 지원 기법을 고안하였다.

스케일러블 비디오 코딩은 하나의 압축된 비디오 데이터를 다수의 계층을 갖도록 압축하는 기술이다 [1][2]. 스케일러블 비디오 코딩으로 압축된 스트림은 H.264/AVC와 호환이 가능하며, 독립적으로 디코딩할 수 있는 하나의 기본 계층 (Base layer)과 비디오 품질을 향상시키기 위한 상위 계층 (Enhancement layer)들로 구성된다. 계층적으로 구성된 스트림은 다양한 네트워크의 특성이나 단말의 성능에 맞춰 선택적으로 사용될 수 있다. 종래의 SVC를 이용한 응용에서는 단일 매체를 통한 다계층의 스트림의 전송이 주를 이루었다. 한정된 대역폭으로 인하여 단일 매체를 통한 고품질 멀티미디어 서비스의 제공은 한계가 있다. 이러한 한계는 계층적으로 나뉘어진 SVC 스트림을 복수의 매체를 통하여 전송함으로써 극복할 수 있다. 하지만 안정적인 고품질 멀티미디어 서비스를 위해서 신뢰도가 보장되는 다수의 매체를 사용하는 것은 많은 비용이 든다. 이에 본 논문에서는 신뢰도가 보장되는 Primary Channel과 상대적으로 저비용의 낮은 신뢰도를 가지는 Auxiliary Channel을 통한 전송 기법을 제안하였다. 이러한 Auxiliary Channel은 독립적인 응용에는 한계가 있지만 Primary Channel과 함께 사용함으로써 유연하게 매체를 활용하고 지속적인 멀티미디어 서비스를 제공한다[3]. 짧은 시간 단위로 변하는 Auxiliary 채널 환경에서 끊임 없는 멀티미디어 서비스를 유지하기 위한 기법들을 제안하였다.

본 논문은 제안한 기법의 타당성을 확인하기 위하여 Ku(12GHz)대역과 Ka(21GHz)대역을 사용하는 계층적 위성방송 시스템을 예로 성능을 검증하는 실험을 하였다. 실제 강우량의 변화를 Bartlett-Lewis Pulse (BLP)[4] 프로세스로 모델링하고 그에 따른 강우 감쇠효과 [5]를 적용하여 시스템에 대한 성능시험을 수행하였다. 이를 통하여 본 논문에서 제안한 전송 기법이 열악한 통신환경을 지닌 다매체를 통하여 안정적인 고품질 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있음을 확인한다.

Ku 대역과 Ka 대역을 함께 사용하여 고품질 멀티

미디어 서비스를 지원하기 위한 방송시스템을 예로 본 논문에서 제안한 기법의 타당성을 확인하였다. 실제 강우량의 변화를 Bartlett-Lewis Pulse (BLP) 프로세스로 모델링하고 그에 따른 강우 감쇠효과를 적용하여 시스템에 대한 성능시험을 수행하였다. Enhancement Layer의 평균지속 시간이 9.48[min]에서 23.12[min]으로 늘어났으며, 시간당 계층전환 횟수가 3.84[번/hour]에서 1.68[번/hour]으로 줄어드는 결과를 얻었다. Ka 밴드는 본질적으로 기후와 관련하여 상대적으로 신뢰도가 떨어져서 독립적인 응용에는 한계가 있지만, 이상의 위성방송 시스템의 예를 통하여 볼 때, 본 논문에서 제안한 SVC 기반 전송기법은 고품질 방송을 위한 Ka 대역의 활용을 극대화 시켜줄 수 확인하였다.

II. 본론

1. 복수 매체를 이용한 SVC 기반 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법

본 논문에서 제안한 다매체 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법은 전송과 수신이 Primary Channel과 Auxiliary Channel의 두 별도 매체를 통해 이루어진다. Primary Channel은 신뢰도가 높은 매체로서 Base Layer 품질의 멀티미디어 스트리밍 서비스를 연속적으로 보장한다. Auxiliary Channel은 고품질 목적의 Enhancement Layer 스트림을 서비스하기 위한 매체로서 채널 상황을 짧은 시간 단위의 변화까지 monitoring 하며 SNR level에 따라 단속적으로 사용된다.

짧은 시간 단위로 변하는 Auxiliary 채널 환경에서 끊임 없는 멀티미디어 서비스를 유지하는 기능이 본 논문에서 제안한 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법의 중심이 되는 사항이다. 이를 위해서는 Enhancement Layer 스트림의 서비스 가능 여부를 판단하여 Base Layer와 Enhancement Layer 스트림의 혼합 사용하여 고품질 서비스를 유지할지 아니면 Base Layer 스트림을 단독적으로 사용할지를 단속적으로 전환해주는 실시간 모드 전환 기법을 적용하여야 한다. 또한 계층 스트림 혼합 사용 모드와 단독

사용 모드 간에 전환이 이루어지는 경우 사용자 입장에서 전환을 감지하지 못할 정도로 서비스를 유지하기 위해서는 전환에 따른 공간적 Resolution의 불연속을 최소화 하기위한 호환성 유지 기법이 필요하다. 호환성 유지 기법은 서로 다른 해상도를 가지 두 계층의 화면을 사용자의 디스플레이 상에 동일한 해상도로 보여지게 하기 위한 기법이다.

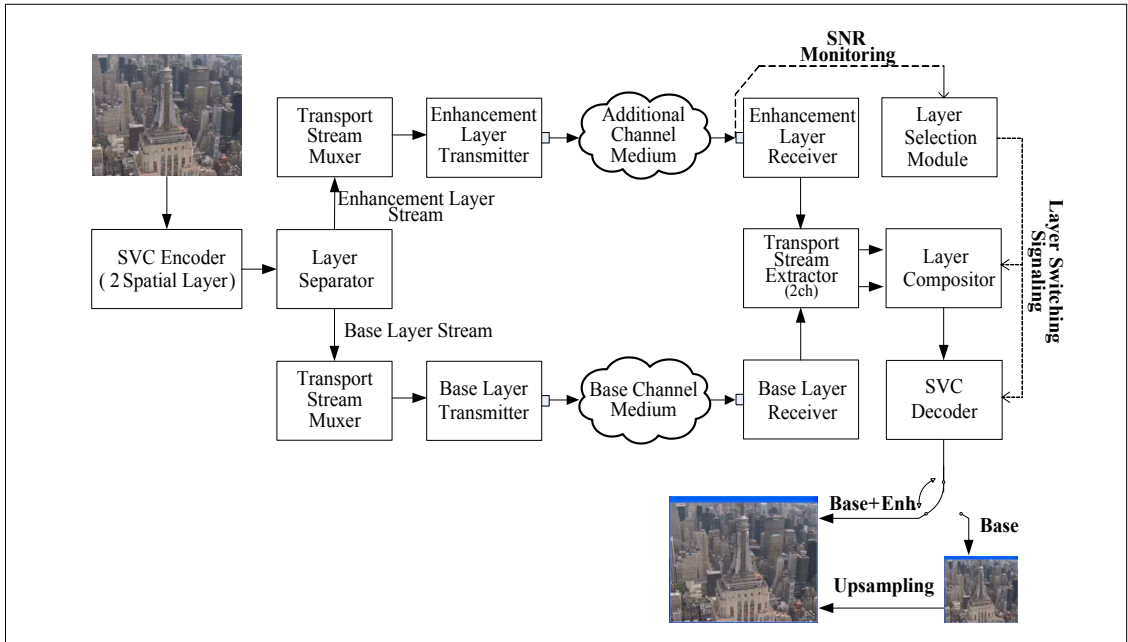


Fig. 1. Block Diagram of the SVC based multi-channel transmission of High Definition Multimedia
 그림1. 복수 매체를 이용한 SVC기반 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법의 구성도

본 논문에서 제안한 다매체 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법의 개요를 그림 1에 나타내었다. 그림에 나타내었듯이, 전체 시스템은 전송과 수신이 별도로 이루어지는 Primary Channel과 Auxiliary Channel로 구성되어 있다. 송신단에서는 Layer Separator에 의해 SVC 인코더에 의해 압축된 스트림을 별도 매체로 전송하기 위하여 Base Layer 스트림과 Enhancement Layer 스트림으로 나누어 준다. 수신단에서는 계층 선택 모듈에 의해 신뢰성이 떨어지는 Auxiliary Channel의 신뢰도를 모니터링하여 Enhancement Layer의 사용 가능 여부에 대한 시그널을 각각 Layer Compositor와 SVC Decoder에 보내지고 이를 바탕으로 Layer Compositor에 의해 스트림을 합성하여 SVC Player에 의해 Decoding 및 Display가 이루어지도록 되어있다.

계층 선택 모듈은 Enhancement Layer 수신 신호의 SNR를 바탕으로 계층 전환을 위한 시그널을 발생한다. 효율적으로 계층 선택 모듈을 동작시키기 위해 본 논문에서는 계층 전환 알고리즘을 구현하였다. 계층 전환 알고리즘은 실시간으로 모니터링한 Auxiliary Channel을 통한 수신신호의 SNR를 바탕으로 1분 단위로 MA(moving-average) 필터링하고 그 결과 값을 링크 마진 값과 비교하여 Enhancement Layer 스트림을 디코딩 할 것인지를 결정한다. 수신

신호 SNR를 MA 필터링하여 계층을 선택하는데 사용하는 이유는 광범위한 스케일의 변동량(fluctuations)을 보이는 경우량에 의해 너무 짧은 시간동안 신호의 감쇠가 발생하는 경우, 너무 잦은 실시간 모드 전환이 이루어지지 않게 하여 안정적인 수신 서비스를 하기 위해서이다. 그림 2은 MA 필터링된 수신 신호 SNR 크기와 링크 마진값의 비교를 통한 계층 전환 알고리즘을 나타낸 것이다. 알고리즘을 살펴보면 우선 Auxiliary channel의 SNR를 모니터링하여 MA 필터링(SNR_{ma})을 수행한다. $current_mode$ 가 Base Layer만 사용하는 모드일 경우에는 수신신호의 SNR($SNR_{recv[n]}$)과 MA 필터링한 SNR 스위칭 마진 파라미터(α)를 뺀 값이 모두 링크마진(SNR_{req})보다 클 경우에 계층전환을 한다. 반대로 $current_mode$ 가 Enhancement Layer까지 사용하는 모드일 경우에는 수신신호의 SNR과 MA 필터링한 SNR 스위칭 마진 파라미터를 더한 값이 모두 링크마진보다 작을 경우에 계층전환을 한다. 링크마진은 본 논문의 3장 나. (1) Ka/Ku 대역 강우감쇠 특성 및 링크 임계치 산출에서 계산한다.

Auxiliary Channel의 신호 감쇠에 의해 계층 스트림 혼합 사용 모드에서 단독 사용 모드로 전환 시에는 SVC 디코더 역시 그에 따른 디코딩 전환이 필요

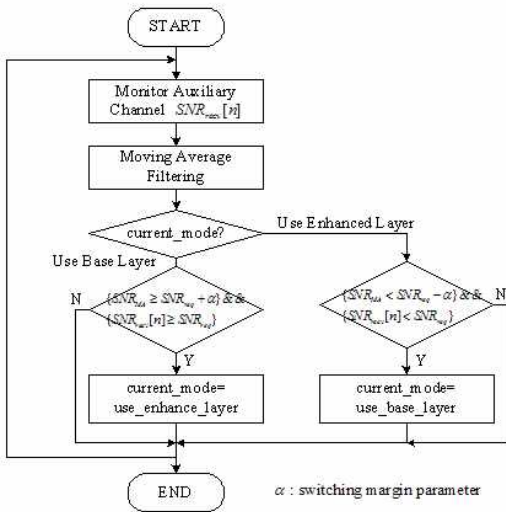


Fig. 2. Quality layer selection algorithm

그림 2. 품질 선택을 위한 계층 전환 알고리즘

하다. 단독 사용 모드의 디코딩으로 전환하는 방법은 먼저 상위 계층의 영상 스트림과의 계층 결합 과정을 중지하고 Base Layer 데이터의 디코딩으로 전환한 다음 일관된 사이즈의 영상을 서비스하기 위해 그 결과를 업샘플링하여 화면에 출력하는 것이다. 반대로 단독 사용 모드에서 계층 스트림 혼합 사용 모드로의 전환에 따른 디코딩 전환 과정은 다음과 같다. 먼저 상위 계층 스트림에서 IDR 픽처 (Instantaneous Decoding Refresh Picture)를 찾기 위하여 스케일러블 비디오 코딩에 정의된 확장 헤더 (extension header)를 체크한다. IDR 프레임이 발견되면 상위 계층의 스트림을 Layer Compositor로 전달하고, Base Layer와 Enhancement Layer 데이터의 동기를 맞추어 SVC 스트림을 구성한다. 그리고 나서 디코더는 SVC 디코딩으로 전환하고 업샘플링을 중지함으로써 모드 전환을 완료한다.

3. Ka/Ku 대역 다매체 위성방송 시스템에 대한 적용

3장에서는 앞에서 제안한 복수 매체를 이용한 SVC 기반 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법을 적용한 예로 Ka/Ku 대역 다매체 위성방송 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 Ka 대역과 Ku 대역을 각각 Primary Channel 매체와 Auxiliary Channel 매체로 사용함으로써 두 계층으로 인코딩된 스케일러블 비디오 스트림을 전송하는 시스템이다. 또한 다매체 위성방송 시스템은 사용자의 통신환경이나 단말 상태에

따라 효율적인 계층 전환을 통해 지속적이고 안정적인 서비스를 제공한다.

Ka/Ku 대역 다매체 위성방송 시스템의 구현 가능성을 확인하고 성능을 입증하기 위해서 Ka/Ku 대역의 감우 감쇠량과 링크 임계치를 산출하였고 이를 바탕으로 다매체 위성방송 시스템의 계층 전환 모듈을 구현하였다. 또한 부가 채널 환경이 급격히 악화될 수 있는 실제 강우 모델을 모델링하여 구현한 시스템을 실험하였다.

가. SVC 기반 계층적 위성방송 시스템 구성

SVC 기반 계층적 위성방송 시스템은 복수 매체를 이용한 계층적 멀티미디어 서비스 지원 기법을 적용한 시스템으로 Ka 대역과 Ku 대역 두 개의 채널을 사용하여 두 계층으로 인코딩된 SVC 스트림을 전송하는 시스템이다. 기본적인 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 아래의 표는 그림 1의 기능 모듈과 대응되는 SVC 기반 계층적 위성방송 시스템의 모듈을 설계한 표이다.

Table 1. Design parameters of the SVC based hierarchical satellite broadcasting

표 1. SVC 기반 계층적 위성방송 시스템의 설계 사항

복수 매체를 이용한 계층적 멀티미디어 서비스 지원기법	SVC 기반 계층적 위성방송 시스템
Transport Stream Muxer	MPEG-2 TS Encoder
Enhancement/Base Layer Transmitter	DVB-ASI Output (2ch)
Enhancement/Base Layer Receiver	DVB-ASI Input (2ch)
Transport Stream Extractor (2ch)	MPEG-2 TS Decoder

계층적 위성방송 시스템의 송신부는 스트림을 계층적으로 인코딩하는 SVC 인코더, 계층 분리 모듈 (layer extractor), MPEG-2 TS (Transport Stream) 인코더, 복수의 매체를 통한 전송을 담당하는 전송부로 구성된다. 수신부는 MPEG-2 TS 디코더, 계층 결합 모듈 (Layer Compositor), SVC 디코더, 계층 선택 모듈 (Layer Selection module), 플레이어로 이루어진다. 계층 분리 모듈은 두 계층으로 인코딩된 스트림을 기본 계층 스트림과 상위 계층 스트림으로 분리한다. 각각의 스트림은 MPEG-2 TS 인코더에 의해 TS

패킷으로 생성되어 기본 계층 스트림은 Primary Channel 매체에 해당하는 Ku 채널로, 상위 계층 스트림은 Auxiliary Channel 매체에 해당하는 Ka 채널로 전송된다. 수신시스템에서는 먼저 MPEG-2 TS 디코더에 의해 각각의 채널에서 수신된 스트림으로부터 부호화된 비디오 데이터를 얻는다. 계층 결합 모듈은 기본 계층 스트림과 상위 계층 스트림을 SVC 디코더에서 디코딩이 가능한 형태로 재구성하고 수신 신호 레벨을 모니터링 하여 SVC 디코더에서 상위 계층 스트림을 사용할 것인지를 결정한다. 만약 Ka 대역의 링크가 매우 불안정하거나 끊어졌을 때 상위 계층 스트림을 사용하지 않도록 SVC 디코더에 시그널링 함으로써 수신 단말에서는 Primary Channel 매체를 통해 서비스가 유지 될 수 있다.

계층 선택 알고리즘에 의해 두 계층의 스트림을 사용하는 SVC 디코딩을 단일 계층 스트림만을 사용하는 H.264/AVC 디코딩으로 전환하는 과정은 다음과 같다. 먼저 상위 계층의 TS 스트림과의 계층 결합 과정을 중지한다. 디코더 버퍼에 남아있는 상위 계층 데이터를 디코딩 한 이후부터는 H.264/AVC 디코딩 과정으로 전환하고 디코딩 결과를 업샘플링하여 화면에 출력한다. H.264/AVC 디코딩에서 SVC 디코딩 과정으로의 전환과정은 다음과 같다. 상위 계층 스트림에서 IDR 픽처 (Instantaneous Decoding Refresh Picture)를 찾기 위하여 스케일러를 비디오 코딩에 정의된 NAL unit 확장 헤더 (extension header)의 idr_flag를 체크한다. idr_flag가 1인 NAL unit이 나오면 스트림을 계층 결합 모듈로 전달한다. 계층 결합 모듈에서는 MPEG-2 TS 디코딩 과정에서 추출한 DTS 값을 비교하여 기본 계층과 상위 계층의 동기를 맞추어 스케일러를 비디오 코딩 스트림을 구성한다. 디코더는 SVC 디코딩으로 전환하고, 디코딩된 스트림이 출력될 때부터 업샘플링을 중지함으로써 계층 전환 과정이 완료된다.

나. 강우 모델링 적용 및 실험

본 절에서는 제안한 기법의 실효성을 확인하기 위해서 이를 적용한 SVC 기반 Ka/Ku 대역 다매체 위성방송 시스템을 구현하고 성능을 검증하였다. Ka/Ku 대역의 강우감쇠 특성을 분석하고 링크 임계치를 산출하여 이를 본 시스템에 적용하였다. 실제 강우량의 변화를 BLP 강우 모델을 사용하여 모델링하였고 이를 구현한 시스템을 적용하여 실험하고 그 결과를 분석하였다.

(1) Ka/Ku 대역 강우감쇠 특성 및 링크 임계치 산출

다매체 위성통신 시스템에서 두 개의 채널에 해당하는 Ka/Ku 대역의 강우량에 대한 전파 특성을 분석

하고 강우 감쇠량을 산출하기 위해서 ITU-R P.618-9 권고안에 제시된 모델을 사용하였다. 그림 3은 강우 감쇠 예측을 위해 정의한 변수를 그림으로 나타낸 것이다.

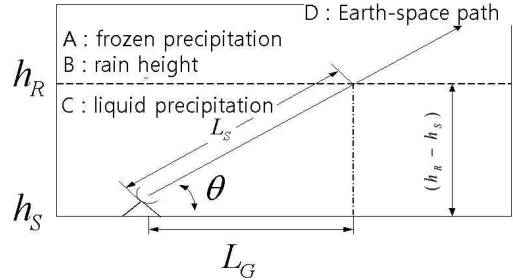


Fig. 3. Earth-space path
그림 3. 지구-우주 경로 표현도

위의 그림에서 h_R (km)은 강우 높이이고 h_S (km)는 해수면으로부터 지구국의 높이이다. θ (degrees)는 지구국 위도를 나타낸다. L_S 는 θ 에 따른 경사 경로 길이이고, L_G 는 수평 투영 거리를 나타낸다. 평년의 0.01%에 대한 점 강우강도 $R_{0.01}$ (mm/h)를 사용하여 시간율(p)에 따른 강우 감쇠량은 ITU-R의 권고안을 통해 계산 할 수 있다[6]-[8].

$$A_p = A_{0.01} \left(\frac{p}{0.01} \right)^{- (0.655 + 0.033 \ln(p) - 0.045 \ln(A_{0.01}) - \beta(1-p) \sin \theta)} \quad (1)$$

where

$$\begin{cases} p \geq 1\% \text{ or } |\phi| \geq 36^\circ : \beta = 0 \\ p \leq 1\% \text{ or } |\phi| \leq 36^\circ \text{ and } \theta \geq 25^\circ : \beta = -0.005(|\phi| - 36) \\ \text{otherwise} : \beta = -0.005(|\phi| - 36) + 1.8 - 4.25 \sin \theta \end{cases}$$

위의 과정에 따라 Ka 대역과 Ku 대역에 대해 평년의 0.001% ~ 5%에 해당하는 시간율에 따른 강우 감쇠량을 산출한 결과를 그림 4와 같이 나타내었다. 강우율은 한국정보통신기술협회(Telecommunications Technology Association)의 국내 지역별 강우강도 분포(TTAS.KO-06.0122)에 명시된 값을 적용하였다[9]. 서울의 강우강도는 연시간율 0.01%에서 66.4mm/hr이며, 이때의 Ka, Ku 대역의 감쇠 값은 각각 26.18dB 14.23dB이다. 여기서 강우 강도 분포란 특정 강우강도 이상의 비가 내리는 시간을 누적한 값의 백분율을 의미한다. 그림에 나타낸 결과와 같이 Ka 대역의 강우감쇠가 Ku대역에 비해 큰 것을 알 수 있다.

위에서 분석한 Ka 대역 다매체 위성방송 시스템의

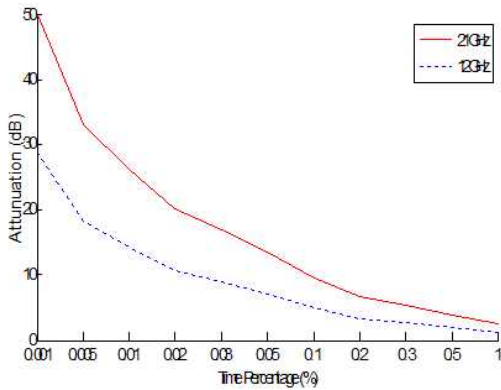


Fig. 4. Rainfall attenuation characteristics with respect to percent of time
 그림 4. 시간율에 따른 강우감쇠 특성

강우감쇠 특성을 고려하여 시스템의 계층 전환 모듈에서 계층 전환시 기준이 되는 링크 마진을 계산하는 과정은 다음과 같다. 하향 링크의 반송파 대 잡음비(C/N)는 다음과 같이 정의 할 수 있다[10].

$$\left[\frac{C}{N} \right] = [EIRP] - [OBO] + \left[\frac{G}{T} \right] - [LOSSES] - [k] - 10\log(BW) \text{ dB} \quad (2)$$

여기서 EIRP는 유효 등방성 복사 전력(Effective Isotropically Radiated Power), OBO는 출력 백오프(Output back-off), (G/T)는 수신기의 이득 대 잡음 온도, LOSSES는 안테나 지향 손실, 자유공간 손실, 대기 흡수 손실, 강우 감쇠의 합, k는 볼츠만 상수, BW는 대역폭을 의미한다. 수신기의 이득 대 잡음 온도에 해당하는 (G/T)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\left[\frac{G}{T} \right] = [G] - [T_s] \text{ dBK}^{-1} \quad (3)$$

파라볼릭 안테나의 경우 η 는 안테나 효율, D는 안테나 반경(m), f는 반송주파수(GHz)라고 정의했을 때, 등방성 전력 이득(isotropic power gain) G와 시스템 잡음 온도를 나타내는 T_s 는 다음의 식과 같다.

$$[G] = 10\log_{10}(10.472fD)^2 \text{ dB} \quad (4)$$

$$[T_s] = 10\log(T_{eq} + T_{ANT} + T_{ATM}) \text{ dB} \quad (5)$$

여기서 T_{ep} 는 수신기 잡음 지수의 등가 입력 잡음 온도, T_{ANT} 는 안테나 잡음 온도, T_{ATM} 은 대기 잡음 온도이다.

무궁화 3호 중계기로 Ka 대역의 HD급의 방송신호

를 전송하는 것을 가정했을 때 하향링크 설계를 위한 파라미터는 표 3과 같다. 표 3은 표 2에서 가정한 파라미터 값들을 바탕으로 하향링크를 설계한 결과를 나타내었다.

Table 2. Design parameters for the downlink of 21 GHz satellite broadcasting

표 2. 21GHz 대역 위성방송의 하향링크 설계를 위한 파라미터

파라미터	값	파라미터	값
반송주파수	21.0 GHz	변조방식	Coherent-QP SK
안테나 반경	0.45m	오류정정 부호방식	Convolutional Code (k=7,R=7/8)
안테나 효율	0.70	목표BER	1E-11
안테나 잡음지수	15dB	나이퀴스트 심볼대역폭	21.3MHz
안테나 잡음온도	35° K	E_b/N_0 이론값	6.4dB
대기잡음 온도	맑은날 : 27° K 강우시 : 124° K	C/N 이론값	8.5dB

Table 3. Design parameters of the downlink

표 3. 하향링크 설계 결과

하향 링크 설계	맑은 날	강우시 (강우율 2%)
EIRP	59.0dB	59.0dB
Tx OBO	-0.6dB	-0.6dB
Losses	-206.05dB	-212.75dB
Terminal G/T	15.8dB/K	13.9dB/K
C/N (thermal)	24.0dB	15.5dB

위의 결과를 바탕으로 링크 마진을 계산해 보면 다음과 같다. 반송파 대 잡음비(C/N)가 8.5dB이고 모델과 채널 ISI(Inter Symbol Interference)를 위한 마진을 각각 1.5dB, 1.8dB할당하면 링크 임계치는 11.8dB이다. 따라서 맑은날의 경우 12.2dB의 초과마진을 얻을 수 있다. 강우시 Ka 대역의 위성 채널은 간섭마진 1.0dB와 상향링크 손실 마진 0.5dB를 고려했을 때, 그림 4의 강우감쇠 결과로부터 약 98%의 링크 가용도를 갖게 되며 이때의 초과마진은 약 2.8dB가 된다.

(2) 강우 모델링

일반적으로 강우는 포아송 프로세스(Poisson process)에 의해 발생하는 폭풍우(storm)와 폭풍우의 지속시간(lifetime)내에 2차적으로 포아송 프로세스에 의해 발생하는 강우 세포를 가지는 Stochastic model 을 가진다. 여기서 강우세포는 지수적으로 랜덤한 지속 시간을 가지며 그 안에 존재하는 순간 강우 펄스 역시 포아송 프로세스에 의해 발생하며 그 순간 강우의 강도는 지수적인 랜덤 변수이다. 대표적인 Stochastic Point process 기반 모델로는 Neyman-Scott (NS) 프로세스와 Bartlett-Lewis(BL) 프로세스에 의한 강우 모델이 있다. 본 연구에서는 기본적인 BL 프로세스에 의한 강우 모델을 좀 더 구체화한 Bartlett-Lewis Pulse (BLP) 모델을 사용하여 강우량을 모델하였다. BLP 모델에서 폭풍우(storm) $\{T_i\}$ 는 매개변수 λ 를 갖는 포아송 프로세스이다. 각각의 폭풍우는 독립적이고, 매개변수 γ 에 의해 지수적으로 분포하는 랜덤한 지속시간(D_i)을 가지고 있으며, $\{T_i + D_i\}$ 시간에 소멸한다. 강우 세포(T_{ij})들은 i 번째 폭풍우의 지속시간 동안에 생성되고 폭풍우의 지속시간 내에 존재하다가 소멸되며, 매개변수 β 를 갖는 포아송 프로세스이다. 각 강우 세포들의 지속시간 L_{ij} 은 매개변수 η 를 갖는 지수적으로 분포하는 랜덤 변수이다. 각 강우 세포는 매개변수 ξ 를 갖는 포아송 프로세스인 강우 펄스 $\{T_{ijk}\}$ 를 강우 세포

지속시간 동안 갖는다. 각각의 3개의 Poisson process 를 결합한 효과는 광범위한 스케일의 변동(fluctuations)을 반영할 수 있다[11]. 각 강우 펄스의 강우 강도 X_{ijk} 는 각각 독립적이며, θ 를 매개변수로 하는 지수적인 랜덤 변수이며, 프로세스 $\{T_{ijk}, X_{ijk}\}$ 는 포인트 marked point process이다[12]. 그림 5는 BLP 강우 모델의 개요를 나타낸 그림이다. BLP 모델에서 단위 폭풍우당 강우 세포의 평균 개수는 β/γ , 강우세포당 강우펄스의 평균 개수는 $\xi/(\gamma + \eta)$, 따라서 폭풍우당 평균 강우 펄스의 개수는 $\mu_p = \beta\xi / \{\gamma(\gamma + \eta)\}$ 이다. $\mu_X = E(X_{ijk})$ 일 때, 폭풍우당 총 강우 강도의 기대치는 $\mu_p\mu_X$ 이다.

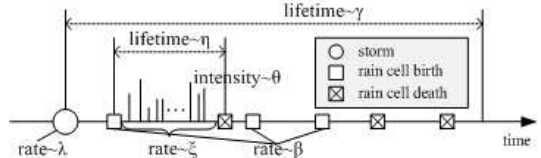


Fig. 5. Bartlett-Lewis Pulse Rainfall model
그림 5. Bartlett-Lewis Pulse 강우 모델의 개요

$X(t)$ 를 시간 t 일 때의 강우펄스에 대한 강우강도라고 할 때 실제 관측 자료는 누가된 형태로 존재하므로 매개변수를 추정하거나 주어진 시간 축척에 대한 모델의 특성을 시험하기 위해서는 주어진 시간 간격의 집계시간(aggregation time)에 대한 고려가 필요하

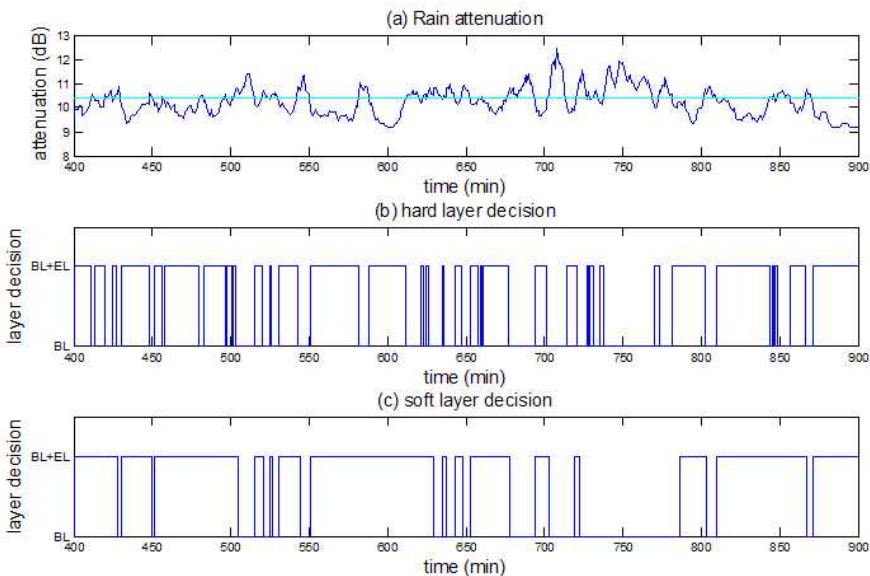


Fig. 6. Experimental results of the layer selection algorithm applied to the BLP model

그림 6. 강우 감쇠 모델에 의한 계층 전환 알고리즘의 실험 결과

다[13]. 따라서 집성시간 h 인 자료는 다음 식과 같다.

$$Y_i^{(h)} = \int_{(i-1)h}^{ih} X(t)dN(t) \quad (6)$$

여기서 $N(t)$ 는 모든 폭풍우(storm)에 의해 생긴 강우 펄스 프로세스를 누적한 프로세스이다[10]. $Y_i^{(h)}$ 의 평균, 분산 및 공분산은 다음과 같다.

$$E[Y_i^{(h)}] = \lambda\mu_p\mu_X h \quad (7)$$

$$\text{var}[Y_i^{(h)}] = \lambda\mu_p E(X^2)h + 2A\mu_X^2\phi(\gamma) + 2[B_1 E(X_{ijk}, X_{ijl}) - B_2\mu_X^2]\phi(\gamma + \eta) \quad (8)$$

$$\text{cov}[Y_i^{(h)}, Y_{i+k}^{(h)}] = A\mu_X^2\psi(\gamma) + [B_1 E(X_{ijk}, X_{ijl}) - B_2\mu_X^2]\psi(\gamma + \eta) \quad (9)$$

여기서 $\phi(\alpha) = (e^{-\alpha h} - 1 + \alpha h)/\alpha^2$,
 $\psi(\alpha) = e^{-\alpha(k-1)h} (1 - e^{-\alpha h})^2/\alpha^2$
 $A = \gamma\mu_p\beta\xi/\eta$,
 $B_1 = \gamma\mu_p\xi$,
 $B_2 = A\gamma/(\gamma + 2\eta)$ 이다.

위의 식(1) ~ (4)을 이용하여 BLP 모델의 매개변수를 추정할 수 있다. 본 연구에서는 강우량의 변화를 독립된 두 개의 BLP 프로세스의 중첩으로 모델링 하였으며 실제 강우 데이터에 의해 추정된 BLP모델의 12개의 매개변수($\hat{\lambda}_i, \hat{\beta}_i, \hat{\xi}_i, \hat{\gamma}_i, \hat{\eta}_i, \hat{\theta}_i, i = 1, 2$)를 사용하여 강우량의 변화를 시뮬레이션 하였으며 그 매개변수의 세부는 다음 표 4와 같다.

Table 4. Estimated parameters corresponding to the BLP rainfall modell

표 4. BLP 강우 모델에 사용된 실제 강우량에 따라 추정된 매개변수

$\hat{\lambda}_1$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\xi}_1$	$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\eta}_1$	$\hat{\theta}^{-1}$
0.0101	0.0831	814	0.0245	0.294	0.00144
$\hat{\lambda}_2$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\xi}_2$	$\hat{\gamma}_2$	$\hat{\eta}_2$	
0.00235	2.39	6210	0.197	5.94	

다. 적용 실험 및 결과

본 절에서는 강우량을 모델링한 BLP 강우 모델을 바탕으로 강우량 변화에 따른 계층전환이 일어나는 실험을 하고 계층전환이 발생했을 경우에 화면 품질의 차이를 비교하였다. 또한 세 가지 영상에 대한 주관적 품질 평가(Subjective Quality Measurement)를 수행하였다.

앞 절에서 산출한 링크 임계치를 기준으로 계층 전환을 하는 경우와 본 논문에서 제안한 계층 전환 알고리즘을 이용하여 계층 전환을 하는 경우를 실험을 통해 구현하였고 그 결과를 그림 6에 보였다. (a)는 시간에 따른 강우 감쇠의 변화를 링크 마진과 함께 나타낸 것이다. (b)는 링크 마진을 기준으로 계층 전환이 발생한 예를 나타낸 것이고, (c)는 논문에서 제안한 계층 전환 알고리즘을 사용한 결과이다. 제안한 알고리즘은 MA(Moving Average) 필터를 사용하기 때문에 광범위한 스케일의 변동량을 보이는 강우량에 의해 너무 짧은 시간동안 계층전환이 이루어지는 것을 방지한다. 따라서 그림 (c)에서 확인 할 수 있듯이 Enhancement Layer의 지속시간이 그림 (b)에 비해서 길고 계층전환이 덜 이루어진 것을 알 수 있었다.

표 5는 (b)와 (c)에 대해서 먼저 Base Layer와 Enhancement Layer의 비율을 비교하였고 Enhancement Layer의 평균 지속 시간과 시간당 계층 전환 횟수를 계산한 표이다. 제안한 계층 전환 알고리즘은 링크마진을 기준으로 계층 전환한 경우와 비교했을 때 Base Layer의 비율이 약 8%정도 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 제안한 알고리즘에 의해 계층전환이 이루어져서 Enhancement의 비율이 늘어나는 것을 감안하였을 때 성능 검증은 하는데 있어서 비슷한 비율의 지속시간을 가지고 있다고 분석 할 수 있다. 반면 제안한 알고리즘에 의한 계층전환 알고리즘은 링크마진을 기준으로 계층전환을 했을 때 비하여 Enhancement Layer의 평균 지속 시간이 약 2.5배 가량 길었으며 시간당 계층전환 횟수가 약 2.3배가량 적은 것을 확인 할 수 있다. 이 결과는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용했을 경우 강우로 인한 Ka 대역의 서비스 단절을 줄여주고 지속적이고 안정적인 다매체 멀티미디어 서비스를 제공해 주는 것으로 볼 수 있다.

Table 5. Comparisons of layer switchings of the proposed algorithm

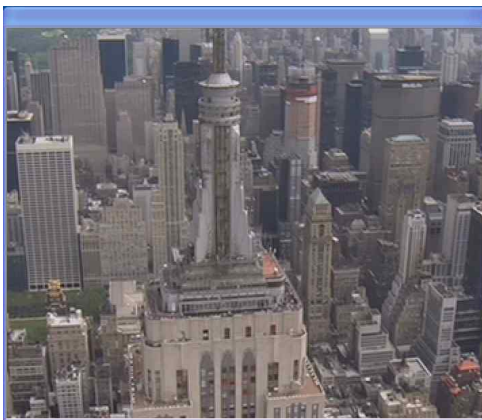
표 5. 링크마진을 기준으로 한 계층전환과 제안한 알고리즘에 의한 계층전환 비교

	링크마진을 기준으로 발생한 계층전환	제안한 알고리즘에 의한 계층전환
Base Layer / Enhancement Layer 비율	37.41%/ 62.58%	29.14%/ 70.86%
Enhancement Layer 평균지속시간	9.48min	23.12min
시간당 계층전환 횟수	3.84번/hour	1.68번/hour

실험을 위한 테스트 스트림은 CITY 영상을 CIF와 4CIF의 2 계층의 공간 scalability를 갖도록 SVC 인코딩 하였다. 비디오 스트림은 지상파 디지털 TV 방송 송수신 정합 표준에 의거 SVC 비디오 코딩을 위한 MPEG-2 TS로 패킷화하였다. 본 실험을 통하여 구현한 시스템의 동작을 확인하였으며, 계층 선택 모듈에 의해 자동으로 화질이 전환되는 기능까지 검증하였다. 테스트에서는 Base Layer와 Enhancement Layer의 스트림을 전송하다가 임의의 시점에서 Enhancement Layer의 데이터 송신을 중단하였으며, 이 때 Base Layer 스트림만을 디코딩하여 업샘플링한 결과가 플레이어에 표시되는 것을 확인하였다. 그림 7의 (a)는 Base Layer와 Enhancement Layer 스트림을 모두 사용하여 디코딩한 결과를, (b)는 계층 전환에 의해 Base Layer 스트림만을 디코딩 한 결과를 업샘플링한 영상의 예를 보인 것이다.



(a) enhancement 스트림이 수신된 영상



(b) enhancement 스트림이 끊겼지만 Base 스트림을 업샘플링하여 재생한 영상

Fig. 7. Test screen of the SVC based satellite broadcasting
그림 7. 구현한 SVC 기반 품질선택 위성방송시스템의 동작 시험

이상에서 얻은 실험 결과를 바탕으로 City, Avatar, Amazon의 세 가지 영상에 대한 주관적 품질 평가를 수행하였다. 영상 품질에 대한 점수는 표 6과 같이 다섯 단계로 평가하였으며 평가자 7명의 평가 결과를 표 7에 나타내었다.

Table 6. Scoring reference for the subjective evaluation
표 6. 주관적 품질 평가의 점수표

5	차이를 느끼지 못함.
4	차이를 느끼지만 시청하기에 불편하지 않음.
3	시청하기에 약간 불편함.
2	시청하기에 불편함.
1	시청하기에 매우 불편함.

City, Avatar, Amazon에 대한 평균은 각각 4.43, 4.29, 4.57이고 계층 전환으로 인한 영상 품질의 차이는 느끼지만 시청하기에 불편하지 않다는 결과를 얻었다.

Table 7. Results of the subjective evaluation for the layer switched video

표 7. 계층 전환이 발생한 경우 각 영상에 대한 주관적 품질 평가

영상 평가자	City	Avatar	Amazon
A	4	4	5
B	4	4	4
C	5	5	4
D	4	4	4
E	3	4	4
F	5	3	4
G	4	5	5
평균	4.14	4.14	4.29

III 결론

본 논문에서는 신뢰도가 떨어지는 보조채널을 주채널과 함께 사용하여 고품질 멀티미디어 서비스 효율을 높여주기 위한 SVC 기반 다매체 멀티미디어 전송 기법을 제시하였다. 실시간 모드 전환 알고리즘에 의하여 보조 채널의 열화 정도에 따라 주채널 스트림과 보조채널 스트림을 함께 사용할 지 아니면 Base Layer 스트림을 단독적으로 사용할지를 단독적으로 전환하여 준다. Enhancement Layer 스트림이 채널 모니터링에 의해 차단 되었을 때 채널 모드 전환 알고리즘은 Base Layer 스트림에 대한 업샘플링과 인터폴레이션을 통하여 HD 멀티미디어 서비스의 공간적, 시간적 Resolution을 유지시켜주어 끊김 없는 다매체 멀티미디어 서비스 지원을 가능케 한다.

Ku 대역과 Ka 대역을 함께 사용하여 고품질 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 방송시스템을 예로 본 논문에서 제안한 기법의 타당성을 확인하였다. 실제 강우량의 변화를 Bartlett-Lewis Pulse (BLP) 프로세스로 모델링하고 그에 따른 강우 감쇠효과를 적용하여 시스템에 대한 성능시험을 수행하였다. Enhancement Layer의 평균지속 시간이 9.48[min]에서 23.12[min]으로 늘어났으며, 시간당 계층전환 횟수가 3.84[번/hour]에서 1.68[번/hour]으로 줄어드는 결과를 얻었다. Ka 밴드는 본질적으로 기후와 관련하여 상대적으로 신뢰도가 떨어져서 독립적인 응용에는 한계가 있지만, 이상의 위성방송 시스템의 예를 통하여 볼 때, 본 논문에서 제안한 SVC 기반 전송기법은 고품질 방송을 위한 Ka 대역의 활용을 극대화 시켜줄 수 확인하였다.

참고문헌

- [1] 최해철, 강정원, 배성주, 유정주, "스케일러블 비디오 부호화 표준화 동향," 한국통신학회지, 24권, 4호, pp. 5-14, 2007.
- [2] ISO/IEC 14496-10/Amd. 3 Scalable video coding, 24th Meeting, Geneva, Switzerland, June 2007.
- [3] H. Arnold, D. Cox, and A. Rustako, "Rain Attenuation at 10-30 GHz Along Earth-Space Paths: Elevation Angle, Frequency, Seasonal, and Diurnal Effects," IEEE Trans. Communications, vol. 29, Issue 5, pp. 716 - 721, May 1981.
- [4] P. Cowpertwait, V. Isham and, and C. Onof, "Point process models of rainfall: developments for fine-scale structure," Proc. R. Soc., pp. 2569-2587, July 2007.
- [5] ITU-R, "Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Earth-Space Telecommunication Systems," Recommendation P.618-9, ITU-R Recommendations, P Series, ITU, 2007.
- [6] ITU-R, "Rain Height Model for Prediction Methods," Recommendation P.839-3, ITU-R Recommendations, P Series, ITU, 2001.
- [7] ITU-R, "Characteristics of Precipitation for Propagation Modeling," Recommendation P.837-5, ITU-R Recommendations, P Series, ITU, 2007.
- [8] ITU-R, "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Methods," Recommendation P.838-3, ITU-R Recommendations, P Series, ITU, 2005.
- [9] TTAS.KO-06.0122, "국내 지역별 강우강도 분포," 한국정보통신기술협회, Dec. 2006.]

- [10] Dennis Roddy, "Satellite Communications 4th Edition, McGraw-Hill", 2006.
- [11] Koutsoyiannis, "The Hurst phenomenon and fractional gaussian noise made easy," Hydrol. Sic. J. pp. 573-595, 2002.
- [12] Cox, D. & Isham, V. 1980 "Point processes. London", UK: Chapman and Hall.
- [13] 김기욱, 유철상, "시간적 군집특성을 고려한 강우 모의모형의 선정" 한국수자원학회논문집 제41권 제7호 2008년 7월

저자소개

김 동 환 (비회원)



2003년 : 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
 2005년 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 (공학석사)
 2008년 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 (공학박사)
 2008년~2011년 : LIG 넥스원 제직
 2011년 5월~현재 : LG전자 제직
 <주관심분야> Video/Audio coding

조 민 규 (비회원)



2010년 : 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
 2010년 3월~현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 (석사과정)
 <주관심분야> RT embedded systems

문 성 필 (비회원)



2010년 : 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
 2010년 3월~현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 (석사과정)
 <주관심분야> Video/Audio coding

이 재 열 (학생회원)



2010년 : 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
2010년 3월~현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 (석사과정)
<주관심분야> Multimedia framework

전 준 길 (비회원)



2009년 : 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
20011년 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 (석사과정)
20011년 4월~현재 : 한국전자통신연구원 재직
<주관심분야> Video/Audio coding

장 태 규 (정회원)



1979년 : 서울대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
1981년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1987년 : Univ. of Florida 전기공학과 (공학박사)
1987년~1990년 : 테네시주립대학교 연구조교수

1990년 3월~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수
<주관심분야> SOC for Low Power Multimedia Signal Processor, Development of a Digital Convergence Platform