

# 와이맥스 망에서 FGS 코딩 기반의 모바일 IPTV 전송 시스템

정회원 주현철\*, 송황준\*

## FGS Coding-based Mobile IPTV Transmission System over WiMAX Network

Hyunchul Joo\*, Hwangjun Song\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 와이맥스 망에서 FGS 기법을 통해 인코딩된 영상을 효율적으로 전송하기 위한 모바일 IPTV 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 한정된 무선 자원 내에서, 가능한 많은 사용자에게 고품질의 영상 서비스 제공을 목적으로 한다. 이를 위해 기지국은 셀 내에 항상 계층을 제공받는 사용자의 수와 그들의 영상 화질사이의 상관관계를 고려하여, 사용자들의 링크 상태를 기반으로 항상 계층에 대한 물리 계층상의 변조 기법 및 부호화율을 결정하고 항상 계층의 일부 비트스트림만을 전송한다. 실험 결과에서 제안한 시스템이 효과적으로 모바일 IPTV 서비스를 제공할 수 있음을 보인다.

**Key Words** : Mobile IPTV, WiMAX, Fine Granularity Scalability, Modulation and Coding Scheme, Multicast and Broadcast Service

### ABSTRACT

This paper presents the mobile IPTV system for the transmission of FGS-encoded video stream over WiMAX network. The proposed system is implemented to provide more subscribers with an improved mobile IPTV service considering the scarce resource constraint. The proposed system pursues an efficient tradeoff between the number of subscribers that receive the enhancement layer stream and their IPTV service quality. In the proposed system, some parts of the enhancement layer are transmitted with the modulation scheme and the coding rate adaptive to wireless link states of subscribers. Finally, experimental results are provided to show the performance of proposed mobile IPTV system.

### 1. 서 론

최근 들어 영상 코딩 기법의 발전 및 광대역 망의 보급으로 인해 사용자들은 인터넷을 통한 다양

한 멀티미디어 서비스에 상당한 관심과 수요를 보이고 있다. 특히 IPTV 서비스는 IT 시장에서 주요 응용으로 자리매김하고 있으며, 이동 단말을 통해 IPTV 서비스를 언제 어디서나 사용하고자 하는 요

\* 본 논문은 지식경제부 및 방송통신위원회의 정보통신 산업원천기술개발 사업중 하나인 "미래인터넷 인프라를 위한 가상화 지원 프로그래머블 플랫폼 및 핵심원천 기술개발" 과제 (2009-F-050-01)에 대한 결과물중 일부분으로 연구개발 업무에 도움을 주신 분께 감사드립니다.

\* 포항공과대학교 컴퓨터공학과 멀티미디어 통신/네트워킹 연구실(chul1978@postech.ac.kr, hwangjun@postech.ac.kr)  
논문번호 : KICS2009-06-257, 접수일자 : 2009년 6월 24일, 최종논문접수일자 : 2009년 7월 29일

구가 증가할 것이라 예상된다.<sup>[1],[2]</sup> 모바일 IPTV 서비스를 원활히 지원할 수 있는 대표적인 무선망으로는 와이맥스 (Worldwide Interoperability for Microwave Access) 망<sup>[3],[4]</sup>을 들 수 있다. 와이맥스 망은 IP 기반 광대역 무선 표준으로 높은 데이터 전송율, 서비스별 차등화된 QoS (Quality of Service) 지원, 그리고 MBS (Multicast and Broadcast Service)<sup>[5]</sup>를 제공한다. 와이맥스 망은 기존 무선망에 (WLAN 및 WCDMA) 비해 높은 데이터 전송율을 제공할지라도 유선망과 (VDSL, HFC, Gigabit Ethernet 및 FTTH) 비교하면 상대적으로 대역폭이 부족하다. 이로 인해 WiMAX 망 내 모바일 IPTV 서비스 보급에 있어, 효율적인 무선 자원 활용 및 사용자에게 원활한 QoE (Quality of Experience)를 제공하는 것은 중요한 문제이며, 현재 많은 연구가 진행되고 있다. [6]의 논문은 영상을 스케일러블 영상 코딩 기법을 사용하여 기본 계층과 향상 계층으로 인코딩하며, 각 계층의 중요도에 따라 다른 변조 기법을 적용한다. 이를 통해 셀 내에 사용자들에게 최소한의 화질을 보장하면서 링크 상태가 좋은 일부 사용자에게 고화질의 서비스를 제공한다. [7]에서 저자들은 핸드오프 시 영상의 일시적인 끊김 현상과 시간에 따른 이용 가능한 대역폭 변동으로 인한 화질 저하를 줄이기 위한 시스템을 제안하고 있다. 제안하는 시스템은 핸드오프 시 인트라 프레임 갱신 방법을 통해 여러 전파를 최소화하며, 실시간으로 이용 가능한 대역폭을 예측하고 이를 기반으로 영상 전송율을 조절한다. CMS (Cooperative Multicast Scheduling) [8]에서는 IPTV 스트림 전송 시 무선 자원을 효율적으로 사용하기 위한 방안을 제시한다. 기지국 (Base Station)은 Dense 변조 기법과 높은 부호화율을 통해 링크 상태가 좋은 사용자들에게 우선적으로 IPTV 스트림을 제공한다. 이후, IPTV 스트림을 원활하게 수신한 사용자들은 브로드캐스팅 형태로 IPTV 스트림을 수신하지 못한 사용자들을 지원한다.

본 논문에서는 한정된 무선 자원 내에서, 가능한 많은 사용자에게 고화질의 영상 서비스를 제공하는 모바일 IPTV 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 이용 가능한 대역폭 변동에 동적으로 적용할 수 있도록 IPTV 스트림을 FGS 코딩 기법을 사용하여 인코딩하고 멀티캐스팅 형태로 기지국에게 전송한다. 이후, 기지국은 셀 내에 향상 계층을 제공받는 사용자의 수와 그들의 영상 화질사이의 상관관계를 고려하여, 사용자들의 링크 상태를 기반으로 향상

계층에 대한 물리 계층상의 변조 기법 및 부호화율을 결정하고 향상 계층의 일부 비트스트림만을 전송한다.

## II. 와이맥스

와이맥스 망은 폭넓은 지역에 높은 데이터 전송율과 서비스 QoS 보장을 지원하는 IP 기반 광대역 무선 표준이다. 이번 절에서는 와이맥스의 물리 계층과 MAC 계층에 대한 간략한 소개를 한다.

### 2.1 물리 계층

와이맥스 망의 물리 계층은 단일 반송파 방식 (SC, Single Carrier), 직교 주파수 분할 다중화 방식 (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplex), 직교 주파수 분할 다중 접속 방식 (OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiple Access)을 지원한다. 본 논문에서는 OFDM 및 OFDMA 시스템을 가정한다. OFDM 및 OFDMA 시스템은 여러 강인성을 위해 전송되는 데이터 스트림에 FEC (Forward Error Correction) 코딩을 적용하고, 여러 개의 저속의 스트림으로 분할한다. 이후 각각의 저속의 스트림에 PSK 또는 QAM 변조 기법을 적용하고 부반송파 (Subcarrier)를 통해 전송한다. 주파수 스펙트럼 상에서 연속적으로 또는 전체 대역에 분산하여 부반송파들을 그룹화한 단위를 부채널 (Subchannel)이라 한다. 특히 전체 주파수 대역에 분산하여 부반송파들을 그룹화한 부채널은 향상된 주파수 다이버시티를 제공하며 모바일 응용 서비스에 적합한 것으로 알려져 있다.

### 2.2 MAC 계층

와이맥스 망 내 무선 자원은 기지국에 의해 동적으로 제어된다. 그림 1은 OFDMA TDD 시스템에서의 프레임 구조를 나타낸다. 채널은 시간과 부채널 영역에서의 연속되는 MAC 프레임들로 구성되며, 각 MAC 프레임은 하향 서브프레임과 상향 서브프레임으로 나뉘어진다. 하향 서브프레임의 시작 부분에 UL-MAP 및 DL-MAP이 전송되며, 이들은 각각 상향 및 하향 서브프레임에 대한 주파수 및 시간상 자원을 정의한다. 하향 서브프레임과 상향 서브프레임 사이를 구분하기 위해 TTG (Tx/Rx Transition Gap) 및 RTG (Rx/Tx Transition Gap)가 삽입된다.

와이맥스 망에서 자원을 할당하는 최소 크기는

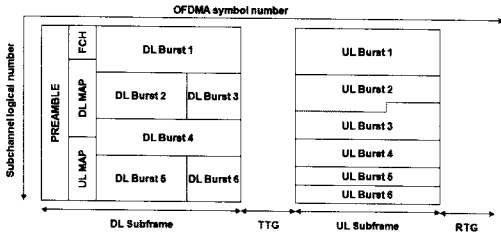


그림 1. OFDMA TDD 시스템에서의 프레임 구조

슬롯 (Slot)이며, 각 사용자에게 할당되는 자원은 2 차원 공간의 데이터 영역 (Burst)에 의해서 정의된다. 하나의 데이터 영역은 시간 좌표와 부채널 좌표에 의해 결정되는 직사각형으로 도시화되며, 다양한 MCS (Modulation and Coding Scheme)이 적용될 수 있다. 슬롯의 전송률은 연관된 MCS에 결정되며, 에러 강인성과 처리량 사이의 상관관계가 존재한다. 예를 들어, 슬롯 상에 Sparse 변조 기법과 낮은 부호화율을 적용 시, 처리량은 저하되나 무선 채널 상의 페이딩이나 음영효과에 의해 발생하는 BER (Bit Error Rate) 성능은 향상된다. 반면 슬롯 상에 Dense 변조 기법과 높은 부호화율을 적용 시, 슬롯 당 전송되는 비트량은 증가하나 무선 채널 에러에 상대적으로 취약해진다.

### III. 제안하는 모바일 IPTV 시스템

본 논문에서 고려하는 모바일 IPTV 시스템 구조는 그림 2와 같다. IPTV 서비스 제공 서버는 방송 채널을 케이블, 위성, 지상파 방송과 같은 기존의 방송 시스템으로부터 수신하고, 이를 전송에 적합한 형태로 인코딩하며, 망의 효율성을 높이기 위해 IP 멀티캐스트 기술을 이용하여 수신된 방송 채널을 기지국에게 전송한다. 각 사용자는 WiMAX를 지원하는 무선기기를 통해 기지국에 연결되며, 기지국은 액세스 망과 외부 망과의 중계자 역할을 담당한다. 제안하는 시스템은 가능한 많은 사용자에게 고품질

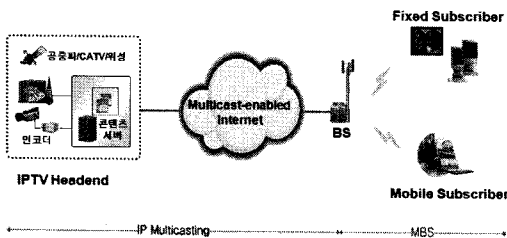


그림 2. 모바일 IPTV 시스템 구조

의 영상 서비스를 제공하고자 하며, 이를 위해 기지국은 사용자들의 링크 상태를 기반으로 수신된 IPTV 멀티캐스트 스트림을 제어하고, MBS 존을 통해 이를 사용자에게 전송한다.

### 3.1 FGS (Fine Granularity Scalability) 코딩 기반의 IPTV 스트림

FGS 코딩 기법<sup>[9],[10]</sup>은 계층 구조를 통해 영상을 이용 가능한 대역폭 변동에 동적으로 적응할 수 있도록 설계되었다. 이 같은 이유로 IPTV 스트림은 FGS 코딩 기법을 통해 기본 계층과 향상 계층으로 인코딩되며, 기본 계층은 최소한의 화질 재생에 필요한 정보만을 포함한다. 향상 계층은 비트스트림 내에서 어떤 부분으로도 절삭될 수 있으며, 기본 계층의 영상 화질을 높이기 위해 사용된다. 제안하는 시스템에서 FGS 코딩 기법은 GOP (Group Of Pictures) 단위로 적용된다. 기본 계층은 고정 비트율로 인코딩되며, Sparse 변조 기법과 낮은 부호화율을 적용하여 셀 내에 가능한 많은 사용자에게 기본적인 영상 서비스를 제공한다. 반면, 향상 계층은 그림 3과 같이 절삭된 비트스트림이 기지국에서 선택된 변조 기법과 부호화율로 사용자에게 전송된다. 일반적으로 Sparse 변조 기법과 낮은 부호화율로 향상 계층을 전송 시, 더 많은 비트스트림 절삭이 요구되나 셀 내에 많은 사용자가 향상 계층을 원활히 수신할 수 있다. 반면, Dense 변조 기법과 높은 부호화율을 적용 시, 셀 내에 일부 사용자만이 고품질의 영상 시청이 가능하다.

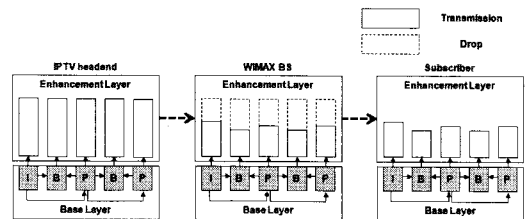


그림 3. FGS 코딩 기반의 IPTV 스트림 전송

### 3.2 문제 정의

본 논문에서 제안하는 모바일 IPTV 시스템은 WiMAX 망 구현에 있어 주로 사용되는 DL PUSC (Down Link Partial Usage of SubCarrier)를 이용하며, 기지국은 상향 서브프레임 내의 CQI (Channel Quality Feedback)를 통해 셀 내 사용자들의 링크 상태를 알고 있다고 가정한다. 표 1에서 보여지듯이, 기지

국은 IPTV 스트림 전송을 위해 가능한 변조 기법과 부호화율에 대한 몇 가지 조합들을 사용하며, 이는 무선 채널에러에 강인한 순으로 1부터  $MC_{Max}$ 까지 정렬되어 있다고 가정하고, 이 후에  $mc$ 로서 명명한다.  $R_{slot}(mc)$ 는 물리 계층상의 슬롯당 전송할 수 있는 데이터 비트 수를 나타내며, 다음과 같이 계산된다.

$$R_{slot}(mc) = 24 * 2 * M_{mc} * C_{mc}$$

위 식에서  $M_{mc}$ 와  $C_{mc}$ 는  $mc$ 에 해당하는 심볼당 비트 수와 부호화율을 나타낸다. 예를 들어, 변조 기법은 QPSK를 사용하고 부호화율이 3/4일 때,  $R_{slot}(mc)$ 는 72 bits가 된다.

$\vec{mc} = (mc_1, mc_2, \dots, mc_N)$ 는 각 사용자의 링크 상태에 해당하는 변조 기법 및 부호화율을 나타내는 벡터이다.  $N$ 은 셀 내에 총 사용자의 수를 나타내며,  $mc_i$ 는 측정된 CINR (Carrier to Interference and Noise Ratio) 또는 RSSI (Received Signal Strength Indication) 값을 기반으로  $i$  번째 사용자를 원활히 지원할 수 있는  $mc$ 들 중에서 가장 작은 값을 의미한다. 기지국이 항상 계층을 특정  $mc$ 로 전송 시 ( $mc_{EL}$ ), 각 사용자가 항상 계층을 원활히 수신할 수 있는지를 나타내는  $\vec{s} = (s_1, s_2, \dots, s_N)$ 는 아래와 같이 정의된다.

$$s_i(mc_i, mc_{EL}) = \begin{cases} 1 & \text{if } mc_i \leq mc_{EL} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

앞서 언급했듯이, 제안하는 시스템은 한정된 자원 내에서 셀 내에 항상 계층을 제공받는 사용자의 수와 그들의 영상 화질사이의 상관관계를 고려하고 있으며, 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

문제 정의: 다음 수식을 최대화하는  $mc_{EL}$ 와  $R_{TR\_EL}$ 를 결정하기

표 1. 대표적인 변조 기법 및 부호화율

MCS	$R_{slot}(mc)$	$mc$
64QAM, 3/4	216	1
64QAM, 2/3	192	2
16QAM, 3/4	144	3
16QAM, 1/2	96	4
QPSK, 3/4	72	5
QPSK, 1/2	48	6 ( $MC_{Max}$ )

$$\alpha \frac{\sum_{i=1}^N s_i(mc_i, mc_{EL})}{N} + (1-\alpha) \frac{R_{TR\_EL}}{R_{EL}} \quad (1)$$

$$\text{subject to } \left[ \frac{R_{BL} + R_{overhead}(R_{BL})}{R_{slot}(mc_{BL})} \right] + \left[ \frac{R_{TR\_EL} + R_{overhead}(R_{TR\_EL})}{R_{slot}(mc_{EL})} \right] \leq Slot_{max} \quad (2)$$

위 식에서  $\alpha$ 는 상수이고 ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ),  $\lceil x \rceil$ 는  $x$ 보다 큰 가장 작은 정수 값을 나타내며,  $R_{overhead}(R)$ 은 상위 계층으로부터 내려온  $R$  비트를 전송하기 위해 MAC 계층에서 추가된 헤더와 CRC (Cyclic Redundancy Check) 관련 비트를 의미하며,  $mc_{BL}$ 은 기본 계층 전송을 위한 고정된  $mc$ 를 나타낸다.  $R_{BL}$ 과  $R_{EL}$ 은 각각 GOP 간격 동안 상위 계층에서 유입된 기본 계층과 향상 계층의 비트량을 나타내며,  $R_{TR\_EL}$ 은 절삭된 향상 계층의 비트스트림을 의미하고,  $Slot_{max}$ 는 GOP 간격 동안 IPTV 스트림 전송을 위해 물리 계층에서 할당된 최대 슬롯 수이다. (1) 식에서 첫 번째 항은 셀 내에 향상 계층 스트림을 수신하는 사용자들의 수를 나타내고, 두 번째 항은 영상 화질과 관련된 다. (2) 식은 슬롯 제약사항을 나타낸다.

### 3.3 제안하는 IPTV 스트림 전송 기법

그림 4는 기지국의 주요 기능을 나타낸다. 기지국은 FGS 코딩 기법을 적용한 IPTV 스트림을 IPTV 서비스 제공 서버로부터 멀티캐스팅 형태로 수신하며, 기본 계층과 향상 계층에 대해 각각 독립적인 버퍼와 MCID (Multicast Connection ID)를 할당한다. 기지국은 상향 서브프레임 내의 CQI를 통해 셀 내에 사용자들의 링크 상태를 주기적으로 보고 받으며, 이를 통해  $\vec{mc}$ 를 갱신한다.  $\vec{mc}$ 를 기반으로 하여 기지국은 슬롯 제약사항을 만족시키면서 (1) 식을 최대화하는  $(mc_{EL}, R_{TR\_EL})$  조합을 결정하고, 이를 기반으로 향상 계층에 대해  $R_{EL} - R_{TR\_EL}$  비트스트림 절삭을 수행하고, 물리 계층상으로  $mc_{EL}$ 에 해당하는 변조기법 및 부호화율로  $R_{TR\_EL}$ 를 MBS 존을 통해 사용자에게 전송한다.

위의 문제 정의에 대한 최적의 조합 ( $mc_{EL}^*$ ,  $R_{TR\_EL}^*$ )을 결정하기 위해 전역탐색 기반의 알고리즘이 적용될 수 있으나,  $O(MC_{Max}^{R_{EL}})$  수행시간을 요구한다. 본 논문에서는 전역탐색 기반의 알고리즘에 비해  $O(R_{EL})$ 의 수행시간을 가지며, 최적의 조합을 제공해주는 알고리즘을 제안한다.

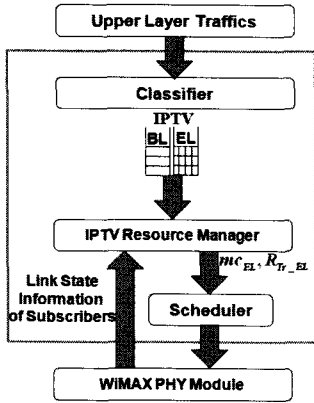


그림 4. 기지국의 주요 기능

속성 1. 정보 이론을 기반으로  $R_{TR\_EL}$  이 증가함에 따라 사용자에게 더 좋은 영상 화질을 제공할 수 있다. 다시 말해,  $mc_{EL}$  이 주어졌을 때 해당하는 최적의  $R_{TR\_EL}$  은 슬롯 제약사항을 만족시키는 가능한  $R_{TR\_EL}$  들 중에서 가장 큰 값이 된다.

$$R_{TR\_EL}^*(mc_{EL}) = \underset{r}{\operatorname{argmin}} P(mc_{EL}, r) \text{ for } 0 \leq r \leq R_{EL} \quad (3)$$

where

$$P(mc_{EL}, r) = \begin{cases} Slot_{residue}(mc_{EL}, r) & \text{if } Slot_{residue}(mc_{EL}, r) \geq 0, \\ \infty & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$Slot_{residue}(mc_{EL}, r) = Slot_{max} - \left[ \frac{R_{BL} + R_{overhead}(R_{BL})}{R_{slot}(mc_{BL})} \right] - \left[ \frac{r + R_{overhead}(r)}{R_{slot}(mc_{EL})} \right]$$

속성 2.  $mc_{EL}$  이 증가함에 따라, 해당하는  $R_{TR\_EL}^*(mc_{EL})$  은 감소하게 된다. 예를 들어  $mc_{EL}^i > mc_{EL}^j$  이면,  $R_{TR\_EL}^*(mc_{EL}^i) < R_{TR\_EL}^*(mc_{EL}^j)$  이므로, 식 (3)은 아래와 같이 재정의 된다.

$$R_{TR\_EL}^*(mc_{EL}^i) = \underset{r}{\operatorname{argmin}} P(mc_{EL}^i, r) \text{ for } R_{TR\_EL}^*(mc_{EL}^j) < r \leq R_{EL} \quad (4)$$

제안하는 알고리즘은 위의 2가지 속성을 이용하여 계산량을 줄이며, 세부적인 각 단계는 다음과 같다.

- Step 1: 가능한 모든  $mc_{EL}$  들에 대해  $(1 \leq mc_{EL} \leq MC_{Max})$ , (4) 식을 통해 해당하는  $R_{TR\_EL}^*(mc_{EL})$  을 계산한다.
- Step 2: 식 (1) 대해 최대값을 제공해주는  $(mc_{EL}^*, R_{TR\_EL}^*)$  조합을 선택한다.

#### IV. 실험결과

본 절에서는 제안하는 모바일 IPTV 시스템의 성능 평가에 대한 결과를 기술한다. 첫 번째 실험에서는  $\alpha$  변화에 따른 제안한 알고리즘의 성능에 대해 기술하며, 두 번째 실험에서는 제안하는 시스템 상에서 사용자들의 성능을 비교 및 분석한다. 실험 환경은 OPNET<sup>[11]</sup>과 Microsoft's Visual Reference Software<sup>[12]</sup>을 사용하여 구현하였고, 주요 구성 사항은 다음과 같다.

- (1) 실험에서 사용된 네트워크 구성은 그림 2와 같으며, IPTV 서비스 제공 서버에서 기지국사이의 유선 링크 대역폭은 1 Gbps로 설정하였고, IP 멀티캐스팅을 지원한다.
- (2) 셀 내의 사용자 수는 20 명으로 설정하였고 기지국 주위에 임의 배치하였다.
- (3) IPTV 스트림은 MPEG-4 FGS 코딩 기법을 사용하여 기본 계층과 향상 계층으로 인코딩되며, 프레임율은 초당 30 프레임이고, GOP 간격은 0.5 초로 설정하였다. 그리고 기본 계층과 향상 계층은 각각 GOP 간격 당 8개와 13개의 RTP (Real-time Transport Protocol) 패킷을 주기적으로 발생시키며, RTP 패킷 사이즈는 1472 byte로 고정하였다.
- (4)  $Slot_{max}$  는 2750이며,  $R_{BL}$  과  $R_{EL}$  은 각각 96000bits와 156000bits로 설정하였고,  $R_{overhead}(R)$  는  $R/150$  bits이다.
- (5) 실험동안 사용된 변조 기법 및 부호화율 파라미터 설정은 표 1과 같으며,  $mc_{BL}$  은 6 (QPSK, 1/2)으로 고정하였다.
- (6) OFDMA 물리 계층 파라미터 설정은 표 2와 같으며, Erceg-Greenstein 경로 손실 모델<sup>[13]</sup>이 사용되었다.

표 2. OFDMA 물리 계층 파라미터

파라미터	값
대역폭 (MHz)	20
FFT 크기	2048
데이터 부반송파 수	1440
파일럿 부반송파 수	240
널 부반송파 수	368
오버샘플링비	28/25
부반송파 주파수 간격 (kHz)	10.94
유효 심볼 구간 (us)	91.4
보호 구간 (us)	11.4
OFDM 심볼 구간 (us)	102.86
5 ms 프레임 내 OFDM 심볼 수	48
상향/하향 비율	1 : 3

4.1  $\alpha$  변화에 따른 제안한 알고리즘의 성능

표 3에서는  $\alpha$ 의 변화에 따른 제안한 알고리즘의 성능을 기술한다.  $\alpha$ 가 작아짐에 따라 슬랏 제약사항하에서 식 (1)을 계산함에 있어 두 번째 항의 중요도가 증가하므로,  $\sum_{i=1}^N s_i$ 은 감소하나  $R_{TR\_EL}$ 은 증가함을 알 수 있다. 다시 말해,  $\alpha$ 가 0에 가까워짐에 따라 제안한 알고리즘은 Dense 변조 기법과 높은 부호화율로 항상 계층을 전송하므로, 링크 상태가 비교적 좋은 일부 사용자만이 고화질의 영상을 시청할 수 있다. 그리고  $mc_{EL}$ 이 가질 수 있는 값의 범위가 불연속적이므로,  $\sum_{i=1}^N s_i$ 과  $R_{TR\_EL}$  관련 결과가 그림 5와 같이 계단 함수 형태로 나타나고 있다.

표 3.  $\alpha$ 의 변화에 따른 제안한 알고리즘 성능

$\alpha$	$mc_{EL}$	$R_{TR\_EL}$	$\sum_{i=1}^N s_i$
0.00 ~ 0.33	64QAM, 3/4	156 kbits	2
0.34 ~ 0.43	64QAM, 2/3	132 kbits	8
0.44 ~ 0.60	16QAM, 3/4	96 kbits	14
0.61 ~ 1.00	QPSK, 1/2	24 kbits	20

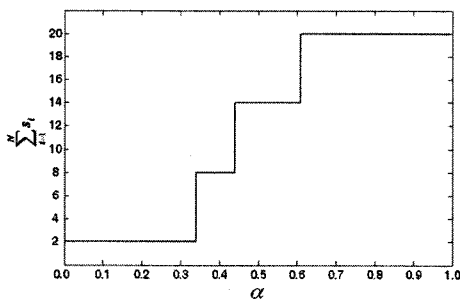
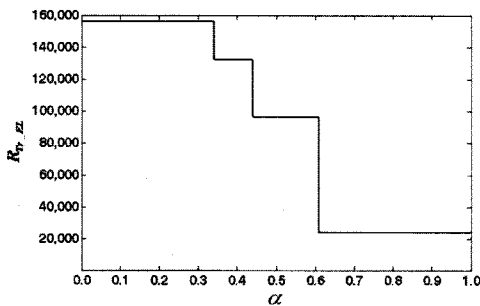


그림 5.  $\alpha$ 의 변화에 따른 제안한 알고리즘 성능

(a)  $R_{TR\_EL}$  (b)  $\sum_{i=1}^N s_i$ .

표 4는 제안한 시스템 상에서 다양한 영상에 대한 평균 PSNR 값을 나타낸다.  $\alpha$ 가 작아짐에 따라,  $R_{TR\_EL}$ 이 증가하므로 객관적 화질이 향상됨을 볼 수 있다. 기본 계층만을 전송하는 시스템과 비교해 보면, 제안하는 시스템은  $\alpha$ 에 상관없이 평균 PSNR 측면에서 좋은 성능을 보이고 있다. 특히,  $\alpha$ 가 0.0 일 때 두 시스템간의 평균 PSNR의 차이는 각각 2.45, 2.97, 2.56 dB이다.

표 4. 다양한 영상에 대한 평균 PSNR 값

$\alpha$	Avg. PSNR (Foreman)	Avg. PSNR (Soccer)	Avg. PSNR (Carphone)
0.00~0.33	32.24 dB	31.99 dB	35.73 dB
0.34~0.43	32.03 dB	31.76 dB	35.46 dB
0.44~0.60	31.37 dB	31.12 dB	35.14 dB
0.61~1.00	30.16 dB	29.48 dB	33.60 dB
기본 계층만 전송시	29.79 dB	29.02 dB	33.17 dB

4.2 제안하는 시스템 상에서 사용자들의 성능

제안한 시스템은 와이맥스 망에서 지원하는 가장 Sparse 변조 기법과 낮은 부호화율을 적용하여 기본 계층을 항상 전송함으로써, 셀 내에 모든 사용자에게 최소한의 화질을 보장해준다. 반면 항상 계층의 경우 표 5에서 보여지듯이, 제안한 알고리즘을 통해 물리 계층상의  $mc_{EL}$ 가 결정되고, 이를 기반으로 일정 수준 이상의 채널 상태를 유지하는 일부 사용자들에게만 항상 계층의 절삭된 비트스트림이 수신된다.

표 5. 제안한 시스템 상에서 사용자들의 성능

	$mc_i > mc_{EL}$ 사용자	$mc_i \leq mc_{EL}$ 사용자
수신한 기본 계층 패킷의 총 개수	57362	57362
수신한 항상 계층 패킷의 총 개수	0	57502
기본 계층 패킷의 전달율	99.59 %	99.59 %
항상 계층 패킷의 전달율	0 %	99.83 %

V. 결 론

와이맥스 망에서 모바일 IPTV 서비스 보급을 위해 효율적인 무선 자원 활용 및 사용자에게 원활한 QoE를 제공하는 것은 중요한 문제이다. 본 논문에서

서는 한정된 무선 자원 내에서, 가능한 많은 사용자에게 고품질의 영상 서비스를 제공하는 모바일 IPTV 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 이용 가능한 대역폭 변동에 동적으로 적응할 수 있도록 IPTV 스트림을 FGS 코딩 기법을 적용하여 인코딩한 후, 기지국은 셀 내에 항상 계층을 제공받는 사용자의 수와 그들의 영상 화질 사이의 상관관계를 고려하여, 사용자들의 링크 상태를 기반으로 항상 계층에 대한 물리 계층상의 변조 기법 및 부호화를 결정하고 항상 계층의 일부 비트스트림만을 전송한다. 실험 결과에서 제안하는 시스템이 와이맥스 망에서 FGS 코딩 기반의 IPTV 스트림을 효과적으로 전송할 수 있음을 알 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] J. Y. Kim, J. H. Hahm, Y. S. Kim, and J. K. Choi, "NGN Architecture for IPTV Service without Effect on Conversational Services," *International Conference on Advanced Communication Technology*, vol. 1, pp. 465 - 469, Feb. 2006.
- [2] A. Harris and G. Ireland, "Enabling IPTV: What carriers need to know to succeed," *International Data Corporation*, May 2005, White paper.
- [3] IEEE 802.16 TGe Working Document, (Draft Standard) - Amendment for physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands, 802.16e/D4, Aug. 2004.
- [4] IEEE Standard 802.16-2004, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 16:Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", 2004.
- [5] T. Jiang, W. Xiang, H. Chen, and Q. Ni, "Multicast Broadcasting Services Support in OFDMA-Based WiMAX Systems," *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 8, pp. 78-86, Aug. 2007.
- [6] J. She, F. Hou, P.H. Ho, and L. L. Xie, "IPTV over WiMAX: Key Success Factors, Challenges, and Solutions," *IEEE Communications Magazine*, vol. 45, no. 8, pp. 87-93, Aug. 2007.
- [7] H. S. Kim, H. M. Nam, J. Y. Jeong, S. H. Kim, and S. J. Ko, "Measurement Based Channel-Adaptive Video Streaming for Mobile Devices over Mobile WiMAX," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 1, pp. 171-178, Feb. 2008.
- [8] F. Hou, L.X. Cai, J. She, P. Ho, X. Shen, and J. Zhang, "Cooperative Multicast Scheduling Scheme for IPTV over IEEE 802.16 Networks," *Proc. IEEE International Conference on Communications*, May. 2008.
- [9] W. Li, "Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* , vol. 11, no. 3, pp. 301-317, Mar. 2001.
- [10] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol.17, no. 9, pp. 1103-1120, Sep. 2007.
- [11] OPNET Modeler [Online]. Available: [www.opnet.com](http://www.opnet.com).
- [12] S. A. J. Winder, Y. Tung, "ISO/IEC 14496 (MPEG-4) Video Reference Software," Version: Microsoft-FDAM 1-2.5-040207.
- [13] V. Erceg, L. J. Greenstein, S. Y. Tjandra, S. R. Parkoff, A. Gupta, B. Kulic, A. A. Julius and R. Bianchi, "An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 17, pp. 1205-1211, July. 1999.

주 현 철 (Hyunchul Joo)

정회원



2005년 2월 한양대학교 컴퓨터  
공학과 학사

2007년 2월 포항공과대학교 컴  
퓨터공학과 석사

2007년 3월~현재 포항공과대학  
교 컴퓨터공학과 (박사과정)

<관심분야> IPTV, 영상압축,

오버레이 멀티캐스트

송 황 준 (Hwangjun Song)

정회원



1990년 2월 서울대학교 제어  
계측공학과 학사

1992년 2월 서울대학교 제어  
계측공학과 석사

1999년 5월 Univ. of Southern  
California, EE-Systems 박사

2000년~2005년 2월 홍익대학

교 전자전기공학부 조교수

2005년 2월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 부  
교수

<관심분야> 멀티미디어 네트워킹, 영상압축, 통방용  
합기술