

# 다채널 HDTV 서비스를 위한 Ka대역 위성방송 기술

□ 김승철, 장대익 / 한국전자통신연구원

## I. 서론

위성방송은 1기의 위성만으로도 광활한 영역을 시간차 없이 커버할 수 있는 광역성 및 동보성의 특성과 방송망 구축의 용이성에 의해 가장 먼저 디지털화가 진행되었다. 이후 단순히 비디오와 오디오로 구성된 디지털 방송신호 서비스의 형태에서, 리턴 채널을 이용한 양방향 멀티미디어 서비스로 진화해오면서 디지털 방송의 선구적 입지를 다져왔다.

근래 들어 전 세계적으로 지상파 아날로그 방송의 디지털 전환 완료가 가시화되고, 방송과 통신의 융합이 시대적 흐름으로 받아들여져 감에 따라, 국내외 디지털 위성방송 분야에서도 경쟁력 확보의 방안으로 다채널 HDTV 서비스를 제공하기 위한 노력을 기울이고 있다.

HD방송은 기존 SD방송에 비해 3배 이상의 전송

대역을 요구하나, 현재 널리 이용되고 있는 Ku 대역은 그 활용도가 이미 포화상태에 이르러 추가적인 전송 대역 확보에 어려움이 있다. 그에 따라 전송 대역 확보가 용이한 Ka 주파수 대역을 위성 HDTV 서비스에 적용하고자 하는 노력들이 이루어지고 있다. 또한 세계전파통신회의(WRC) 전파규칙에 의거, 위성TV 주파수 대역으로 21.4~22.0 GHz 대역이 추가 분배되어 2007년 4월부터 제 1지역(유럽, 아프리카)과 제 3지역(아시아, 태평양)에서 HDTV 위성방송 서비스에 우선적으로 허용됨에 따라, 위성방송의 경쟁력 제고의 밑거름이 마련되었다.

Ka 대역은 광활한 주파수 자원에도 불구하고 강우상황과 같은 기후 조건에 의한 신호 감쇠 현상이 두드러져 군용 통신과 같은 특수 목적의 제한된 용도 외에는 상용화 사례가 많지 않았다. 특히 우리나라의 경우 연중 강수량이 특정 시기에 집중되는 분포 특성을 보이고 있어 강우감쇠 영향을 극복할 수

있는 기술의 개발이 선행되어야 한다.

본 논문에서는, 위성을 통한 HDTV 서비스 현황에 대해 살펴봄과 동시에, 차세대 위성신호 전송 규격 DVB-S2와 스케일러블 비디오 압축 기술을 기반으로 한 강우 내감형 Ka대역 위성방송 전송 시스템의 개념을 제시하고자 한다.

위성	채널수	위성	채널수	위성	채널수
Eutelsat VV5	1	Astra 1H	4	Atlantic Bird 3	3
Eutelsat 904	1	Astra 1L	4	Atlantic Bird 1	1
Eutelsat VV4	4	Hot Bird 6	3	Intelsat 3R	1
Astra 2A	5	Hot Bird 7A	5	Echostar 3	6
Astra 2B	9	Hot Bird 8	6	Rainbow 1	32
Astra 2D	1	Euro Bird 9	1	Anik F3	18
Badr 4	2	Eutelsat VV3A	6	Echostar 5	73
Astra 1D	5	Sirius 2	2	Spaceway 1.2	68.57
Astra 1G	5	Thor 2	9	DirecTV 10	107

<그림 1> DVB-S2 / H.264 기반 HD 위성채널 현황

## II. HDTV 위성방송 현황

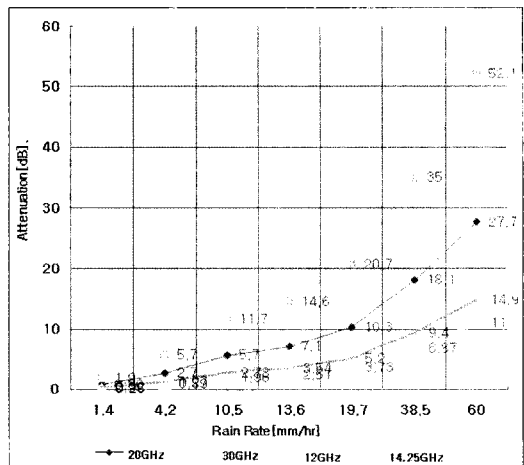
세계 디지털 위성방송 가입가구는 연평균 12.3%씩 증가하여, 2011년에 377백만 가구로 늘어날 것으로 전망되며, 디지털 방송매체의 50% 이상을 차지할 것으로 예측된다. 또한 디지털 HDTV 위성방송 가입자 규모는 2005년 1,500만에서 2009년 5,200만으로 예상된다.

근래 들어, 비디오 압축 기술의 고도화와 더불어 위성체 제작 기술 및 위성전송 기술의 획기적인 발전을 토대로 한 HDTV 위성방송 서비스가 속속 출현하고 있다. H.264 비디오 압축 기술과 DVB-S2 위성 전송 기술의 접목으로 전송 대역 효율이 대폭 개선되면서, 미국의 DirecTV, 독일의 Premiere, 프랑스의 Canal+, 영국의 BskyB, 일본의 Sky-perfectTV 등 전 세계 28개의 위성을 통해 2007년 9월 기준 약 400여 채널의 HD 채널이 제공되고 있다(그림 1). 미국의 DirecTV는 2008년 3월 DirecTV11 위성을 추가 발사함으로써 미국 전역에 총 152개 채널의 Ka대역 HDTV 위성방송 채널을 제공하게 되었다. 국내 위성방송 서비스 사업자인 스카이라이프도 기존 방송의 대역 효율 개선과 중계기 추가 확보 등을 통해 2009년까지 42개의 HDTV 채널을 확보할 계획에 있다.

## III. Ka대역 위성방송 기술

### 1. 강우감쇠

기존 위성방송 서비스 대역으로 널리 이용되어 온 12GHz Ku대역과 달리, 17GHz 이상의 Ka대역에서는 폭넓은 대역의 주파수 자원을 제공하면서도 스포팅 빔을 형성하여 주파수 재사용성을 높일 수 있는 등의 장점이 있으나, 강우영향에 매우 치명적인 수준의 신호감쇠가 발생하는 단점이 있다. 특히 우리나라와 같이 국토의 면적이 협소하면서 연중 강수량이 특정 시기에 집중되어 있는 경우 위성 링크 가용도



<그림 2> 강우에 따른 신호 감쇠 분포

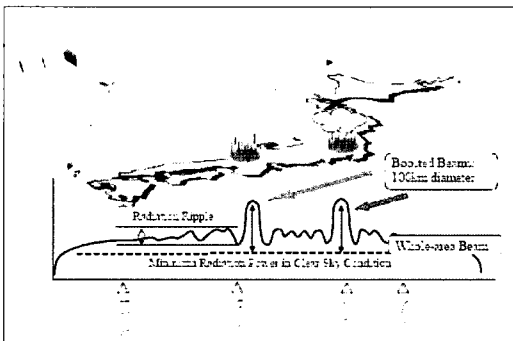
가 매우 낮게 나오게 된다. <그림 2>는 무궁화위성 3호의 Ka 중계기를 기준으로 주파수에 따른 강우감쇠 특성 분포를 보인 것이다.

<그림 2>에 따르면, 강우의 집중도에 따라 감쇠의 폭이 커지고, 20GHz 대역의 감쇠 특성이 12GHz Ku 대역에 비해 3배에 가까움을 알 수 있다. 특히, 우리나라의 경우 연 강수량의 2/3가 여름 4개월에 집중되므로 강우영향의 극복이 관건이다.

최근 우리나라의 기후가 아열대화 되어간다는 연구가 수 차례 보고된 바 있으며, 특히 기후 패턴의 변화 중 연평균 강수량의 경우, 과거에 비해 상당히 증가하고 있다. 2003년부터 2007년 사이의 강수량은 1993년부터 1997년 사이의 강수량에 비해 302.18mm가 증가하였고, ITU-P.837-5 모델을 기반으로, 최근 5년간 서울지역의 강우감쇠 값은 1990에서 1999년 사이의 강우감쇠에 비해 7.78 dB가 증가하였다.

## 2. 강우감쇠 보상기술

강우에 의한 신호 감쇠를 보상하기 위한 방안으로 링크 전력제어, 다이버시티 기법, 빔 성형기술, 계층 전송 기법, 적응형 부호/변조 기술 등이 연구되어 왔



<그림 3> 위상배열 안테나를 이용한 21GHz 위성방송 개념도[2]

다. 최근에는, 일본에서는 NHK 기술연구소를 중심으로, 위상배열(Phased Array) 급전 반사경 안테나를 이용하여 격렬한 국지성 강우가 발생한 지역에만 부분적으로 송신 전력을 증가하여 감쇠를 보상하는 가변 빔 패턴 방송위성 시스템(그림 3)에 관한 연구가 진행되고 있다[1],[2]. 미국의 DirecTV는 위성의 EIRP를 증강시킴으로써 링크가용도를 높이고 있다. 그러한 송출 전력 또는 빔 제어 방식은 위성체 설계와 제작 시에 고려되어야 하고, 결국 요구 사항을 만족하는 새로운 위성을 필요로 하게 되는 것이므로 기술 실현을 위한 비용 부담이 매우 클 수밖에 없다.

본 논문에서는 기존의 위성망 시스템을 이용하여, DVB-S2 위성 신호 전송 규격의 가변 부호/변조 기술을 바탕으로 한 강우감쇠 극복 방안을 제시하고자 한다. 그와 같은 방식은 새로운 위성체를 제작하지 않고 단지 중심국과 단말국의 범위에 국한하여 시스템의 수정을 요구하므로 기술 실현을 위한 비용이 상대적으로 낮다. 또한, 전송 채널의 특성과 수신 상태의 변화에 따라 단계적인 품질의 서비스를 제공받을 수 있도록 함으로써 서비스 수신 중단 비율을 낮출 수 있으며, 스케일러블 비디오 코딩 기술과 같은 방송 데이터 계층화 기술과 접목될 경우, 보다 효율적인 서비스 가용도 개선 방안으로 활용될 수 있다.

## 3. 가변 부호/변조 전송

DVB-S2 규격에 따르면, 전송하고자 하는 입력 데이터는 에러정정 부호화를 거쳐 일정 길이의 전송 프레임으로 블록화 된 후 변조과정을 거쳐 전송된다. 매 전송프레임에는 해당 프레임에 적용된 부호율과 변조방식에 대한 정보가 포함되어 있고, 수신단의 복조기는 프레임의 헤더에 실린 부호 및 변조 정보를 읽어 복조/복호에 적용한다[6]. 이는 입력 데

이더 스트림의 특성과 채널환경의 변화에 대하여 전송프레임 단위의 적응적 대처가 가능함을 의미한다. 즉, 수신 단말의 성능이나 링크 환경에 기반하여 입력 스트림들마다 다른 부호율과 변조방식을 적용하여 전송함으로써 최적의 효율을 얻을 수 있는 전송 개념이다.

가변 부호/변조 전송 방식(DVB-S2 VCM)을 통해 전체적인 전송 효율의 개선 효과를 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 스케일러블 비디오 압축 부호화 기술에 의해 계층화된 방송 데이터의 전송에 적용할 경우 서비스 가용도 개선 효과에 기대가 가능하다.

<그림 4>에 DVB-S2 VCM 전송 기술을 적용한 위성방송에 대한 링크 분석 결과를 도시하였다. <그림 4>에 따르면, QPSK 1/2 기저계층과 QPSK 8/9 또는 8PSK 2/3의 향상계층 구성의 경우, 50cm 안테나를 이용하여 99.8%의 가용도로 SD급 화질의 방송 수신이 가능하며, HD급 화질 수신 가용도는 99%인 것으로 분석된다.

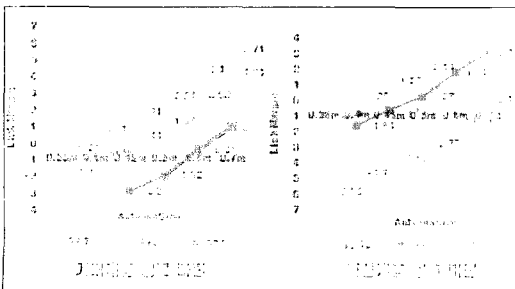
#### 4. 스케일러블 비디오 부호화

스케일러블 비디오 압축 부호화 기술은 일반적인 동영상 압축 부호화 과정에 논리적 계층의 개념을 적용하여 최종적인 사용자로 하여금 전송 채널의 상

황과 수신 단말의 성능에 따라 다양한 품질의 영상으로 재생이 가능하도록 한 압축 부호화 기술이다. 스케일러블 비디오 압축/복원 기술은 MPEG 기술의 출현 이후 꾸준히 연구되어 왔고 표준화도 함께 이루어져 왔으나, 기술적 한계와 산업에서의 수요 부재로 상용화가 거의 이루어지지 않았다. 근래 들어 H.264(MPEG-4 Part 10) AVC를 기반으로 하는 새로운 스케일러블 계층 부호화 개념이 제안되면서 동 규격의 확장 형태로 표준화가 진행되어 왔으며, 2007년 11월 관련 내용을 포함한 H.264 개정 표준이 발표되었다. 이 새로운 스케일러블 비디오 부호화 기술(H.264 SVC)은 H.264 AVC를 기반으로 함으로써, 기존의 유사 기술표준들이 지녔던 압축 효율 저하의 단점을 상당 부분 보완하였으며, 전송 용량, 특성 및 단말의 성능 등이 다양한 네트워크상에서, 서버 측의 단일한 소스에 대하여 다양한 수준의 해상도, 프레임율, 화질을 갖는 영상으로 변환/재생이 가능하게 되었다.

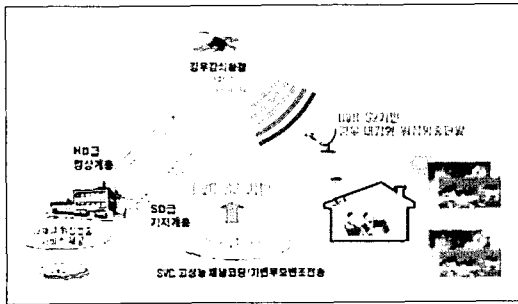
H.264 SVC 부호화 결과는 논리적으로 2개 이상의 계층을 갖는데, 단독 복호가 가능하면서 H.264 AVC와 완전 호환 가능한 기저계층과 기저계층 또는 하위의 향상계층을 참조하여 복호가 이루어지는 다수의 향상계층이 있다. 계층화는 해상도, 프레임율, 화질의 기준에 따라 이루어지며, 각 계층마다 다른 기준을 적용하여 논리계층을 구성하는 것도 가능하다.

본 논문에서는, 기존의 디지털 위성방송 해상도인 SD급 영상을 기저계층으로 하고 HD 해상도의 향상계층을 갖는 비디오 스트림에 DVB-S2 가변 부호/변조 전송 방식을 적용한 시스템(그림 5)을 제시하였다. 향상계층은 HD급 해상도 영상의 복호를 위해 SD급 해상도 부호 결과에 대한 추가적인 부호화 정보를 싣고 있어서 시간당 비트율이 높고, 기저



<그림 4> VCM 전송에 대한 링크 분석

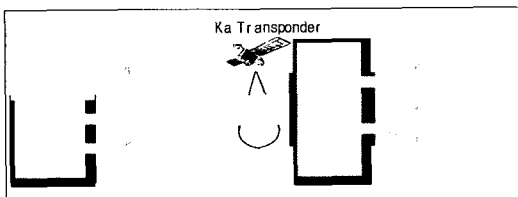
계층은 향상계층에 비하여 시간당 발생하는 비트량이 작으며 향상계층의 수신 여부와 무관하게 SD급의 영상으로 복호될 수 있다. 따라서, 기저계층의 전송은 전송 용량보다는 수신 가용율이 높도록 하고, 향상계층의 전송은 전송용량과 효율을 중시하여야 한다.



<그림 5> 강우내감형 Ka대역 위성방송 개념도

#### IV. 강우내감형 Ka 대역 위성방송 전송 시스템

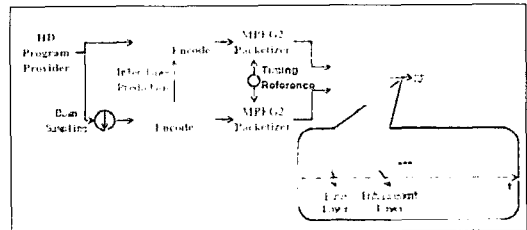
<그림 6>은 DVB-S2 VCM 전송 기법과 H.264 SVC 부호화 기술을 적용한 위성방송 전송 시스템을 보인 것이다. 스케일러블 비디오 부호화기로부터 기저계층과 향상계층 스트림이 출력되고, 오디오 스트림과 함께 다중화를 거쳐 패킷화 된다. SI/PSI 등 서



<그림 6> 강우내감형 위성방송 전송 시스템 블록도

비스 정보를 담은 주요 패킷들은 채널 왜곡에 강한 부호/변조 기법이 적용되는 DVB-S2 VCM 송신부의 제 1 입력포트에, 향상계층 비디오 패킷은 주파수 효율이 높은 부호/변조 기법이 적용되는 제 2 입력포트에 입력되어 전송된다.

수신 단말에서의 기저계층과 향상계층 패킷 스트림의 시간 동기화를 위한 다중화 과정을 <그림 7>에 도시하였다. 기저계층 비디오와 오디오 요소 스트림과 향상계층 비디오 요소 스트림의 다중화에 동일한 시간 기준을 적용함으로써, 복조/복호된 기저계층과 향상계층 비디오 스트림간의 시간 동기화가 이루어진다.



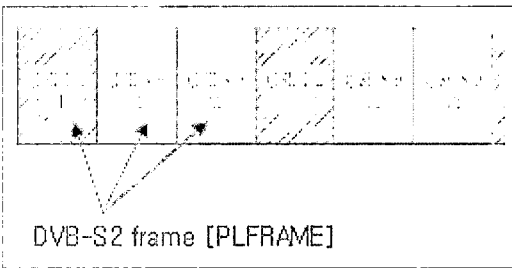
<그림 7> SVC 스트림 다중화 및 전송 개념도

VCM 전송 방식은 가변 부호 방식과 가변 부호/변조 방식으로 나뉘어진다. 가변 부호 방식은 전송 프레임 단위로 동일한 변조방식에 부호율만 달리함으로써 물리계층 프레임(PLFRAME)의 길이를 일정하게 하여 전송하는 것이고, 가변 부호/변조 방식은 부호율 또는 변조방식을 달리 함으로써 PLFRAME의 길이가 전송 프레임마다 달라지는 방법이다.

##### 1. 가변 부호율 VCM

동일한 변조방식에 다른 부호율을 적용하여 전송하면 전송 프레임의 심볼 개수가 일정하므로 프레임 동기화에 어려움이 없다. 이 경우, PLFRAME의 헤더

로부터 추출된 부호율에 따라 순방향 에러 정정 복호가 수행되도록 한다. 이와 같은 방식은 기본적인 CCM(Constant Coded Modulation) 전송 방식의 프레임 동기 확률과 동일하므로 구현 상 유리한 장점이 있으나, 기저계층과 향상계층의 데이터율 차이에 대해 적절히 대응할 수 있는 부호율 조합을 구성하기 어려울 수 있다(그림 8).

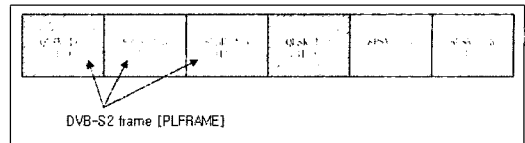


<그림 8> VCM 모드 프레임 전송 예 1

## 2. 가변 부호율/변조 VCM

계층전송 방식을 적용한 일본의 디지털위성방송 시스템인 ISDB-S의 경우는 변조방식과 부호율에 관계없이 일정한 길이의 데이터 심볼 열이 전송되는데 반해[5], DVB-S2의 경우 특히, 변조방식, FEC 프레임 길이, 파일럿 존재 유무에 따라 물리계층 프레임(PLFRAME) 데이터 길이가 달라진다. 따라서, DVB-S2의 경우 VCM 기법의 적용에 있어 간단히 해결되는 사항은 아니다. 특히, 프레임이 일정한 개수의 심볼을 갖는 것을 전제로 하는 기존의 프레임 동기 방법으로 매 프레임의 경계를 확실하게 찾아내기에는 한계가 따르게 된다.

이를 해결하기 위한 방안으로, 송신과 수신 측에 미리 알려진 프레임 전송 순서에 따라서 프레임 동기 전략을 수행할 수 있다. 즉, <그림 9>에 예시된 바와 같이, QPSK 1/2, 8PSK 2/3 이 반복적 또는 주기



<그림 9> VCM 모드 프레임 전송 예

적으로 전송된다는 사전 정보에 따라 프레임 동기를 수행함으로써 프레임 동기 확률을 높일 수 있다. 그러나 완전한 의미의 VCM이 되기 위해서는 버스트를 가정한 복조기 설계가 불가피하다. 특히, 초기 동기 시에 타이밍 오차 및 주파수 동기 수행 후 위상 동기 및 PLS 디코딩은 feedforward 형태로 수행되어야 한다. 이때, 일정시간의 초기 포착시간이 필요하게 된다. 또는 PLS 디코딩은 위상 오차에 영향을 받지 않으므로 주파수 동기 후에 바로 수행하는 방법도 가능하다. 게다가 이 기법의 경우에는 변조 방식 별로 포착시간이 달라지므로 수신 단말 내 다른 기능 요소들과의 조율이 필요하다. 특히, 포착시간에 가장 영향을 미치는 프레임 동기 시간에서 변조 방식 별로 PLFRAME의 길이가 다르고, 그에 대한 Mean acquisition time이 달라지므로 이를 맞추기 위한 프레임 동기 오류를 맞출 필요가 있다.

### 1) 계층 간 다른 변조 방식

수신 단말의 동기부에서 VCM을 적용하기 위한 end-to-end 지연은 타이밍 동기, 프레임 동기, 주파수 동기, 위상 동기 등이 있다. 시간 동기는 변조방식 보다 SNR 값으로 대변되는 채널 요소(주파수 오차 포함)에 영향을 받는다. 따라서 고정된 SNR 값의 경우 타이밍 조정이 가능하다. FEC부에서 VCM을 적용하기 위한 end-to-end 지연은 채널 값과 반복 횟수에 영향을 받는다. 그러나 운용 중에 변조 방식 별로 반복 횟수를 제어하는 적응형 기법을 적용하기

는 어렵다. 따라서 변조 방식 별로 반복 횟수를 고정하여 지연시간을 고려하며, 변조 방식 및 부호율에 영향을 받지 않는 형태로 간주한다.

## IV. 결론

차세대 위성방송의 형태는 다채널 HD 서비스를 거쳐 UHDTV로 진화해나갈 것으로 예측되고 있다. Ka대역은 그러한 광대역 고품질 서비스를 위해 1차적으로 필요한 주파수 대역의 확보에서 매우 유리한 장점이 있는 반면, 대기 조건에 민감하게 영향을 받는 특성을 함께 지니고 있다. 따라서 위성방송의 진화에 있어서 그러한 부정적인 특성을 극복하고 적정

수준의 서비스 가용도를 확보할 수 있는 기술의 개발이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 Ka대역에서의 강우감쇠를 효과적으로 보상하여 보다 나은 위성방송 수신 가용도를 높이기 위한 방안으로, 스케일러블 비디오 압축 부호화 기술과 가변 부호/변조 전송 기술을 접목한 새로운 개념의 전송 시스템을 제안하였다.

향후, 제시된 시스템의 실제 구현을 위해서는, H.264 AVC 단일 계층 부호화 기술의 복잡도를 훨씬 상회하는 고도 연산처리 능력의 멀티미디어 보호 시스템과 전송 프레임 단위의 변조방식의 변화에 대처하기 위한 신속성 있는 수신 시스템의 구현을 위한 기술 연구가 이루어져야 한다.

### 참고 문헌

- [1] 전한일 외 3인, "방송통신 기술동향 연구," 방송위원회 정책연구 2006-5호, May. 2006.
- [2] Parimal Majithiya, A. K. Sisodia, V. Muralidhar and V. K. Garg, "Novel down link rain fade mitigation technique for Ka-band multibeam systems," International Journal of Satellite Communications and Networking, 2007, V25, pp.45-51.
- [3] Heiko Schwarz, Detlev Marpe, and Thomas Wiegand, "Overview of the scalable H.264/MPEG-AVC extension," IEEE Trans. On Circuits and Systems for video Technology, Vol. 17, no.9, Sept. 2007, pp.1103-1120.
- [4] Cheon-Seog Kim, Dongjun-Suh, Tae-Meon Bae, and Yong-Man Ro, "Quality metric for H.264/AVC scalable video coding with full scalability," Proceedings of the SPIE, Vol. 6492, Mars. 2007, pp.64921P.
- [5] H. Kaoth, A. Hashimoto, H. Matsumura, S. Yamazaki and O. Yamada, "A flexible transmission technique for the satellite ISDB system," IEEE Trans. On Broadcasting, Vol.42, No.3, pp. 159-166.
- [6] ETSI EN 302 307, "Digital Video Broadcasting(DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications," (IMS, "Digital TV Market Intelligence Service"(2007))



### 김승철

- 1996년 : 전남대학교 전자공학 학사
- 1999년 : 전남대학교 전자공학 석사
- 2000년~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 주관심분야 : 방송, 멀티미디어 시스템, SOC 반도체 설계



### 장대익

- 1985년 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
- 1989년 : 한양대학교 전자통신공학과 석사
- 1999년 : 충남대학교 전자공학과 공학박사
- 1991년 ~ 1993년 : MPR teltech Ltd 파견연구원(VSAT 시스템 개발)
- 2005년 ~ 현재 : UST 연합대학원 이동통신 및 디지털방송공학 교수
- 1990년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 광역방통융합기술연구팀 팀장(책임연구원)
- 주관심분야 : 디지털통신, 위성통신 시스템, 광대역 위성방송시스템, 채널 적응적인 디지털 모뎀 설계 및 채널 부호