

차세대 모바일 방송(DVB-NGH) 기술 동향

정태진, 서재현*, 김호준, 김홍중, 김홍묵*
 전남대학교, *한국전자통신연구원

요약

본고에서는 유럽의 모바일 방송 기술과 차세대 모바일 방송이 개발된 배경에 대해서 살펴보고 지상파 디지털 방송 표준인 DVB-T2를 기반으로 모바일 방송에 특화된 DVB-T2 Lite의 특징 및 차세대 모바일 방송 규격인 DVB-NGH 시스템에서 다루고 있는 다양한 프로파일들과 관련하여 세부 기술들에 대해 알아본다. 또한, 현 시점에서의 미래 디지털 방송 기술 발전에 대한 전망을 살펴보고자 한다.

I. 서론

최근 지상파 디지털 방송 기술 표준은 1세대를 넘어 2세대 표준을 향해 나아가고 있다. 특히, 유럽에서는 2세대 지상파 디지털 방송인 DVB-T2 (Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial) 표준이 완료되어, 2011년 영국에서 본 방송을 시작하였다. 지상파 방송이 디지털로 전환됨에 따라 가정에서 시청하는 형태에서 이동 중에서도 시청이 가능한 모바일 방송이 등장하게 되었다. 모바일 방송이란 이동 중에 선명한 화질의 영상과 CD 수준의 음질로 콘텐츠를 이용하는 서비스를 의미한다. 모바일 방송의 기술 방식으로는 우리나라의 T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting), 유럽의 DVB-H (DVB-Handheld), 미국의 ATSC-M/H (Advanced Television Systems Committee Mobile/Handheld), MediaFLO (Forward Link Only), 일본의 1-Seg

(ISDB-T, Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) 등이 있다[1-4].

유럽에서는 모바일 방송 표준으로 DVB-H가 노키아 주도로 개발되었으며, 2004년 ETSI (European Telecommunications Standards Institute)가 유럽 모바일 방송 표준으로 채택하였고, Time Slicing 기술을 이용해 전기 소모를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있으며, 유럽의 디지털 방송 표준인 DVB-T (DVB-Terrestrial) 기반으로 개발되어 DVB-T와 호환성을 가지고 있다. 또한, 유럽에서는 위성망과 지상파망을 함께 사용하는 DVB-SH (DVB-Satellite services to Handhelds)가 2008년에 표준 완료되었으며, 2세대 디지털 방송 표준인 DVB-T2가 2009년에 완료되었고, 2011년 DVB-T2 규격에 모바일 방송을 위한 DVB-T2 Lite 규격이 추가되었다. 특히, DVB-T2 기반으로 모바일 방송을 위해 확장된 DVB-T2 Lite의 경우 아래 <표 1>과 같은 특징을 가진다[5].

표 1. DVB-T2 Lite의 특징.

	DVB-T2 대비 차이점
데이터 전송율	최대 4 Mbps
FFT 크기	2, 4, 8, 16K
Rotated Constellation	256QAM에서 사용 금지
부호율	1/3, 2/5 추가
TI Memory	DVB-T2의 절반으로 제한
파일럿 패턴	PP8 사용 금지
기타	L1 post preamble signaling bits의 scrambling 제공

DVB-T2 Lite의 가장 큰 장점은 DVB-T2 서비스와 동일한 채널 내에서 시분할 방식으로 동시 서비스가 가능하다는 것이다. 예를 들면, 영국에서 DVB-T2로 8 MHz 대역을 통해 (데이터율 = 40.21 Mbps) 4개의 HDTV 서비스를 제공하고 있다. 이때, 동일 채널에서 DVB-T2 Lite 서비스를 실험한 결과 DVB-T2로 3개의 HDTV 서비스(데이터율 = 33.36 Mbps), DVB-T2 Lite로 4개의 모바일TV 서비스(데이터율 = 1.02 Mbps)를 동시에 제공할 수 있음을 보였다. <표 2>에서는

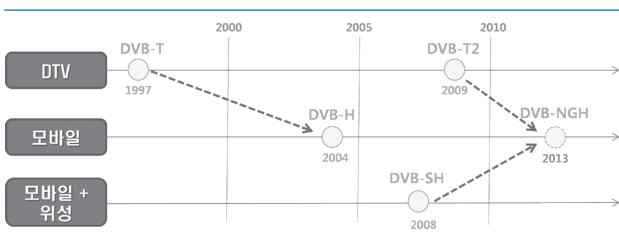


그림 1. 유럽의 모바일 방송 표준 흐름도

DVB-T2 서비스와 동일 채널에서 DVB-T2와 DVB-T2 Lite 를 동시 서비스 할 경우 각 파라미터들을 비교하였다[6].

최근에는 2세대 모바일 방송 표준으로 DVB-T2를 기반으로 DVB-SH 표준까지 포함하는 DVB-NGH 표준화가 2013년 완료 예정인 상태이다. 본 고에서는 이러한 DVB-NGH (DVB-Next Generation Handheld)시스템에 대해서 알아보하고자 한다.

표2. DVB-T2와 DVB-T2 Lite 서비스 비교.

	DVB-T2 only	DVB-T2	DVB-T2 Lite
채널대역폭	8 MHz	8 MHz	
FFT 크기	32K	32K	8K
보호 구간	1/128	1/128	1/32
변조 레벨	256QAM	256QAM	QPSK
부호율	2/3	2/3	1/2
데이터전송율	40.21 Mbps	33.36 Mbps	1.02 Mbps
서비스 타입	4 HDTV	3 HDTV	4 mobile video

II. 본론

DVB-NGH 시스템은 DVB-T2에서 모바일 방송을 강조한 DVB-T2 mobile (현재 DVB-T2 Lite로 명칭이 바뀜)로부터 전송용량을 개선하고 지상파망과 더불어 위성망까지 커버하는 새로운 기술들을 포함하는 방향으로 개발되었다. 차세대 모바일 방송의 최종 목표는 이동통신망(MBMS, Multimedia Broadcast Multicast Services)까지 연동하는 시스템까지 개발하고자 하는 전략을 가지고 있었다. <그림 2>에서는 DVB-NGH 표준화 전략도를 보여준다[7].

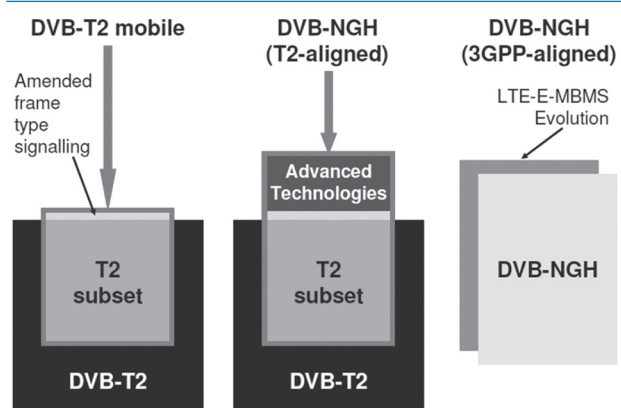


그림 2. DVB-NGH 표준화 전략도

DVB-NGH 시스템은 DVB-T2를 기반으로 표준화 되어 일부 전송모드에서는 호환성을 가지고 있다. 이러한 특징은 서비스

관점에서 DVB-T2 수신기만 서비스가 가능한 영역과 DVB-NGH 수신기만 서비스가 가능한 영역이 존재하며, DVB-T2와 호환성이 있는 DVB-NGH의 전송모드를 사용하면 DVB-T2 수신기 및 DVB-NGH 수신기 모두 서비스가 가능하다. <그림 3>에서는 DVB-T2와 DVB-NGH의 서비스 호환 관계도를 나타낸다[7].

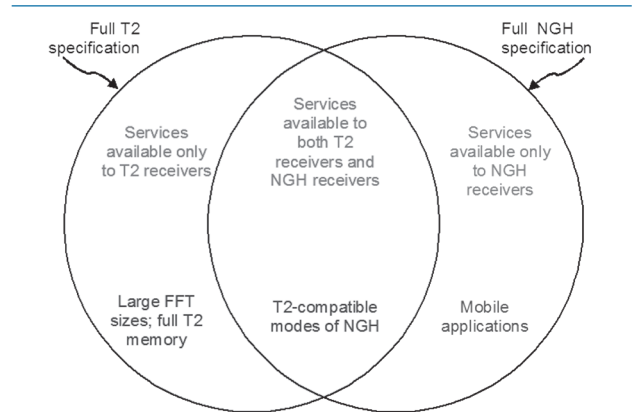


그림 3. DVB-T2와 DVB-NGH의 서비스 호환 관계도

DVB-NGH시스템은 2세대 유럽 디지털 방송 표준인 DVB-T2를 기반으로 새로운 16/64k LDPC (low-density parity-check) 코드, DVB-T2 블록 인터리버 개선, MIMO (multiple-input multiple-output) 기술 도입, 위성망과의 연계 등이 추가되었다. 개발 방향에서는 방송사 입장에서의 서비스 호환성과 수신 성능, 그리고 수신기와 네트워크 측면에서의 복잡도 및 전력 소모 등이 큰 이슈가 되었다.

이러한DVB-NGH 시스템 규격은 기본 프로파일, MIMO 프로파일, 하이브리드 프로파일, 하이브리드 MIMO 프로파일 등 4개의 프로파일을 지원하고 있다[8].

1. 기본 프로파일

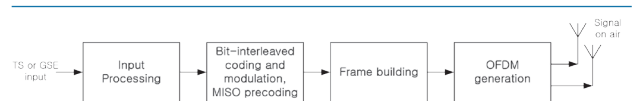


그림 4. 기본 프로파일의 DVB-NGH 시스템 물리계층 구성도

<그림 4>는 DVB-NGH 시스템의 기본 구조를 나타낸다. 이 기본 구조와 기존의 DVB-T2 시스템과 비교 시 몇 가지 크게 달라진 부분들이 존재하는데, 본고에서는 NU-QAM(Non-uniform QAM), CR(Constellation Rotation), Cross-polar MISO, eSFN(Enhanced Single Frequency Network), LSI(Local Service Insertion)에 대하여 간단히 언급하도록 하겠다.

1.1 NU-QAM 기법

U-QAM(Uniform-QAM)는 낮은 SNR 값에서 Shannon capacity 관점으로 최적의 성상[9]이 아니며, 따라서 DVB-NGH에서는 각 채널 부호율에 따라 최적의 NU-64-QAM, NU-256-QAM 성상 구조를 선택적으로 사용하도록 하였다[10]. <그림 5>는 DVB-NGH에서 사용된 NU-64-QAM, NU-256-QAM 성상 구조의 한 예를 나타낸다.

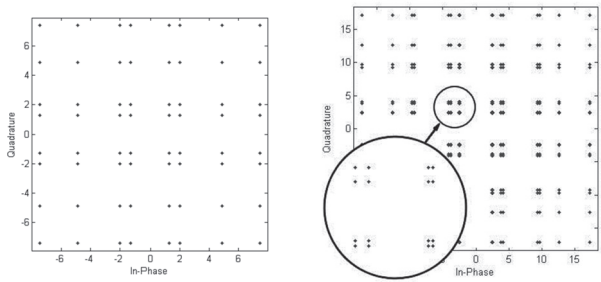


그림 5. NU-64-QAM(부호율=2/5), NU-256-QAM(부호율=1/3) 성상 구조

위와 같은 NU-QAM 성상 구조는 채널 부호율마다 서로 다르며, 이는 TOV (Threshold of Visibility)를 만족하는 SNR 값에 따라 최적의 NU-QAM 성상 구조가 달라지기 때문이다. 실제 TOV를 만족하는 SNR 값이 증가, 즉 채널 부호율 값이 증가할수록 최적의 성상 구조는 U-QAM으로 접근하게 된다. 현재 NU-QAM에 대한 연구는 다양한 페이딩 채널 환경과 고차원 변조에 대하여 연구가 진행 중에 있다.

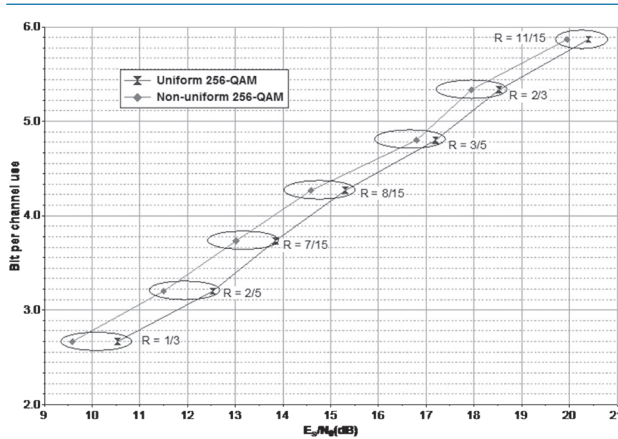


그림 6. AWGN 환경하에서 U-256-QAM, NU-256-QAM의 LDPC 성능 결과

표 3. NU-QAM의 SNR 이득(Coded BER=).

채널	64-NU-QAM	256-NU-QAM
AWGN	0.3dB	0.9dB
0dB echo(90%)	-	0.6dB
Rician(=7.5)	-	0.5dB
Rician(=1.0)	-	0.5dB

위 <그림 6>은 AWGN 환경에서 U-256-QAM과 NU-256-QAM을 사용할 경우 여러 가지 부호율의 LDPC 부호들에 대한 성능 실험 결과이다. 또한 <표 3>은 간단한 다양한 채널 환경으로 U-QAM에 대한 NU-QAM의 SNR 이득 값을 나타낸다.

1.2 CR 기법

다음으로 SFN 방송환경에서 동시에 수신된 신호의 중첩에 의하여 수신 신호가 사라지는 erasure 현상이 발생하며, 이로 인하여 수신 성능 열화가 발생하게 된다. 이러한 이유로 기존의 DVB-T2[5]에서는 변조된 각 복소 신호 대신에 성상 회전된 복소 신호를 대신 전송하여 수신 성능을 향상시키는 2D(2-dimensional)-CR 기법을 사용하였다[11].

이와 같은 2D-CR 기법은 다이버시티 이득 2를 얻는데 이는 성상 회전된 신호의 실수, 허수 부분들을 각각 시간 또는 주파수 대역에서 독립적인 페이딩을 겪도록 하기 때문이다. DVB-NGH에서는 이와 같은 2D-CR 기법을 4D로 확장하여 다이버시티 이득 4를 획득하는 새로운 4D-CR 기법을 추가로 사용하였다. 아래는 이 두 2D-CR, 4D-CR 기법들의 직교 회전 행렬 [8]을 이용한 CR 동작을 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} \text{Re}(y_i) \\ \text{Im}(y_i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(d_i) \\ \text{Im}(d_i) \end{bmatrix}, \quad a^2 + b^2 = 1 \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Re}(y_{2i}) \\ \text{Im}(y_{2i}) \\ \text{Re}(y_{2i+1}) \\ \text{Im}(y_{2i+1}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & -b & -b & -b \\ b & a & -b & b \\ b & b & a & -b \\ b & -b & b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(d_{2i}) \\ \text{Im}(d_{2i}) \\ \text{Re}(d_{2i+1}) \\ \text{Im}(d_{2i+1}) \end{bmatrix}, \quad a^2 + 3b^2 = 1 \quad (2)$$

실제 DVB-NGH 표준에서 사용되는 CR 기법은 채널 부호율과 변조차수에 따라 다르게 사용되며, 이에 대한 표는 다음과 같다.

표 4. 부호율, 변조차수에 따른 CR 기법.

변조 차수	부호율						
	1/3	2/5	7/15	8/15	3/5	2/3	11/15
4	2D			4D			
16	2D						
64	2D						
256	N/A						

위 표에서 알 수 있듯이 DVB-NGH내에 사용되는 4D-CR 기법은 QPSK 변조일 경우에서만 사용되고 256-QAM 변조에서는 CR 기법은 적용되지 않는다.

<그림 7>은 Rayleigh 페이딩 채널 환경에서 기존의 변조 기법과 2D/4D CR 기법의 LDPC 성능 결과이다. 여기에서 볼 수

있듯이 CR 기법은 부호율이 높아질수록 상대적으로 높은 성능 이득이 존재함을 확인할 수 있다.

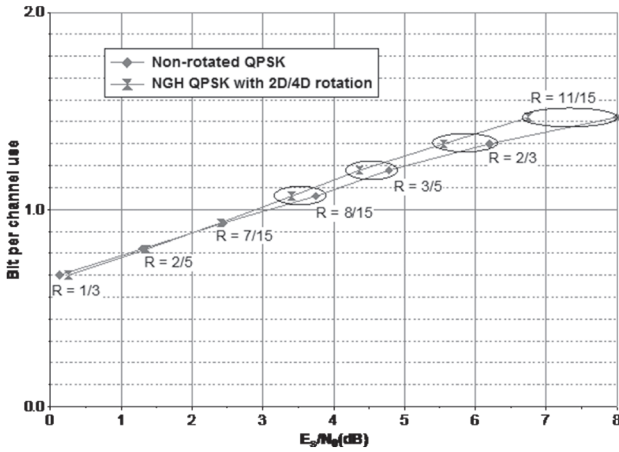


그림 7. Rayleigh 페이딩 환경하에서 2D/4D CR 기법의 LDPC 성능 결과

1.3 Cross-polar MISO 기법

DVB-NGH에서는 DVB-T2와 동일하게 송신율 1 부호로 다음과 같은 Alamouti 부호[12]를 사용한다.

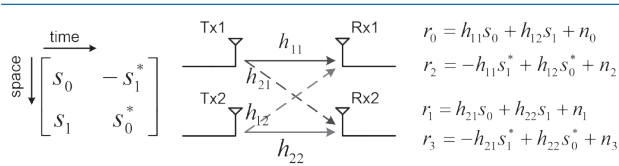


그림 8. Alamouti 송신 구조

위와 같은 Alamouti 구조는 이미 알려진 바와 같이 송신 신호들의 직교 특성으로 인하여 다이버시티 이득 2를 획득하고, 또한 수신단에서 독립적인 신호 복호가 가능하다는 장점을 갖는다.

특히 DVB-NGH에서는 위와 같은 2개의 송신 안테나 구조로 아래 그림과 같이 수직(vertical) 및 수평(horizontal) 편파를 사용하는 이중 편파 (dual-polarization) 안테나를 사용한다.

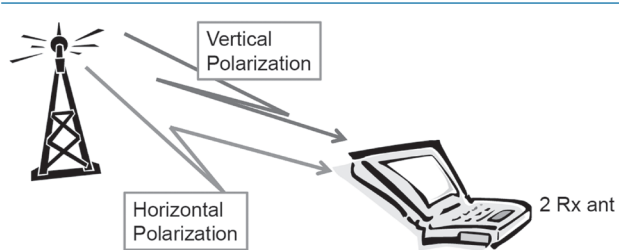


그림 9. 이중 편파 2x2 MIMO 시나리오

이와 같은 이중 편파 안테나는 하나의 안테나를 이용하여 이론적으로 2개의 독립적인 신호 전송이 가능한 장점이 있다. 하지만 이와 같은 장점에도 실제 채널 환경에서는 수직 및 수평

편파간 일정 정도의 상관 값이 존재하며, 또한 각 편파 신호의 송수신 강도가 다르다는 단점을 갖는다.

DVB-NGH에서는 이와 같은 이중 편파 안테나를 사용 시 기존의 다른 SISO 시스템과의 간섭 현상을 줄이기 위하여 수직 및 수평 편파 간의 송신 전력의 차이를 아래와 같이 총 3가지, $\beta = 1/2(0\text{dB}), 1/3(3\text{dB}), 1/5(6\text{dB})$ 경우들을 선택할 수 있도록 하였다[8].

$$\begin{bmatrix} x'_v \\ x'_h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_v \\ x_h \end{bmatrix} \quad (3)$$

1.4 eSFN 기법

앞에서 언급하였듯이 SFN 방송 환경에서는 서로 다른 송신 안테나의 신호들에 의하여 수신 신호 왜곡 현상이 발생한다. 특히 이와 같은 현상이 발생할 경우 신호 대역보다 상대적으로 큰 coherent bandwidth로 인하여 OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing) 심볼 내 모든 부반송파들의 신호들이 사라지는 문제가 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 DVB-NGH에서는 CR 기법과 별개로 각 송신 안테나에서 신호 출력 이전에 독립적인 위상을 곱함으로써 수신단에서 모든 부반송파 신호들이 사라지는 burst 현상을 줄이는 eSFN 기법[13-14]을 사용한다.

먼저 eSFN는 위 <그림 10>과 같이 OFDM 모든 부반송파를 동일한 크기로 몇 개의 그룹으로 나눈 뒤, 각 그룹 내 부반송파 신호들은 동일한 위상 값으로 곱하여 회전한다. 그리고 인접한 다른 그룹 내 부반송파 신호들은 이전 그룹에서 사용된 위상 값을 기준으로 독립적인 새로운 위상이 더해진 값으로 최종 성상 회전이 이루어진다. 이와 같은 성상 회전 기법은 나머지 모든 그룹들에 대하여 반복적으로 수행된다. 마지막으로 인접된 그룹들간의 위상의 급격한 변화를 줄이기 위하여 <그림 10>과 같이 각 그룹들에 대하여 raised-cosine-function을 사용하여 pulse-shaping 작업을 수행한다.

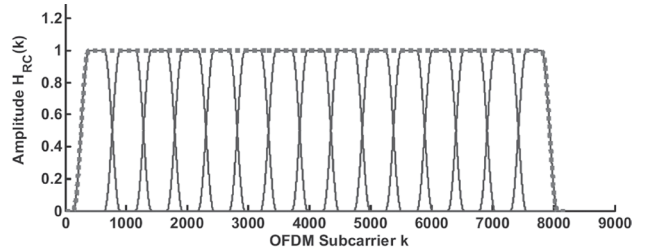


그림 10. eSFN 내 OFDM 신호 구조의 예

따라서 이와 같은 독립적인 위상 회전 기법은 OFDM내 모든 부반송파들이 사라지는 burst 현상이 발생하지 않으며 이로 인하여 수신단에서 추가적인 다이버시티 이득을 얻어 수신 성능

이 향상된다. 추가로 수신단에서는 이와 같은 서로 다른 송신 안테나 내 독립적으로 사용된 위상 값들을 이용하여 각 송신 안테나의 신호를 구별할 수 있는 용도로도 사용 가능하다.

이와 같은 eSFN 기법은 아래와 같이 기존의 MISO 기법인 Alamouti 부호와 병합하여 신호를 전송할 수도 있다.

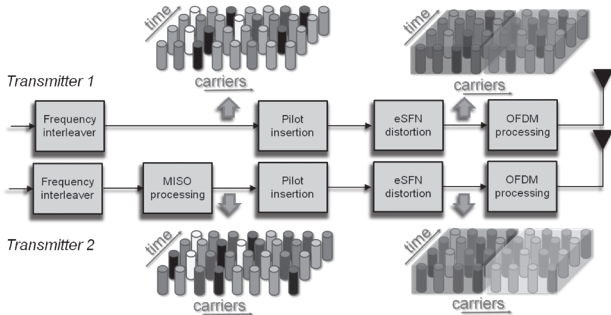


그림 11. eSFN과 Alamouti 부호의 결합 시스템

〈그림 11〉의 결합 시스템은 먼저 첫 번째 송신기를 통하여 eSFN 기법으로 변조된 신호들을 그대로 전송하고, 두 번째 송신기로는 Alamouti 부호를 통과한 뒤 eSFN 기법으로 신호가 전송된다. 따라서 위 결합 시스템은 SFN 환경의 분산 안테나들을 이용하여 Alamouti 기법 전송이 가능하며, 또한 기존의 eSFN 기법에 비하여 Alamouti 기법으로 인하여 상대적으로 높은 주파수 다이버시티 이득을 획득하게 된다.

1.5 LSI 기법

LSI란 SFN내에서 각각의 송신기로부터 서로 다른 데이터를 삽입하여 지역 서비스를 제공하기 위한 기술이다.

A. O-LSI (orthogonal-LSI)

OFDM 심볼 내에 동일한 크기의 cell을 N개로 그룹화하여 서로 다른 송신기에 서로 다른 cell 그룹을 사용함으로써 직교성을 가지도록 하는 기술이다. 이를 위해서는 각각의 송신기가 NGH 프레임끼리 시간 동기화가 이루어져야 한다. NGH 프레임 내 O-LSI 심볼의 위치와 개수 정보의 파라미터는 L1-pre라는 프리앰블 심볼에서 전송하게 된다. 〈그림 12〉에서는 지역 서비스 N=4인 경우 O-LSI를 위한 OFDM cell 구성 예를 나타낸다. O-LSI 심볼은 하나의 OFDM 심볼 중 1/4에 해당하는 cell에 지역 서비스 정보를 삽입하고, 나머지 3/4에 해당하는 cell에는 '0'을 삽입한다. 이때, 서로 다른 송신기에서는 서로 다른 위치에 해당하는 cell에 지역 서비스 정보를 삽입한다. 그리고, 다른 OFDM 심볼과 전력을 맞추기 위해 지역 서비스 정보가 삽입되는 cell의 전력은 키우게 된다. 1번 송신기의 지역 서비스가 삽입된 cell의 위치에 나머지 2~4번 송신기는 '0'가 삽입된 cell과

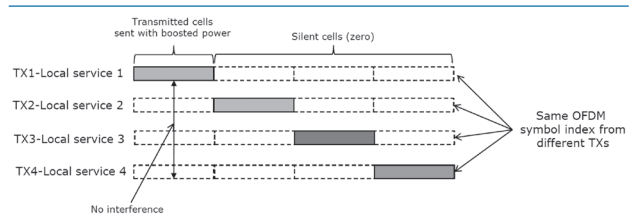


그림 12. O-LSI를 위한 OFDM cell 구성 예(N=4)

겹치게 되어 간섭이 없게 된다.

〈그림 13〉은 SFN 내에서 O-LSI 서비스를 위한 망 구성 예를 보여준다. 서로 다른 지역 서비스(N=4)를 위해 송신기 별 방송 구역을 1~4와 같이 구분하였을 때 동일한 숫자의 송신기에는 동일한 지역 서비스가 가능하다[16].

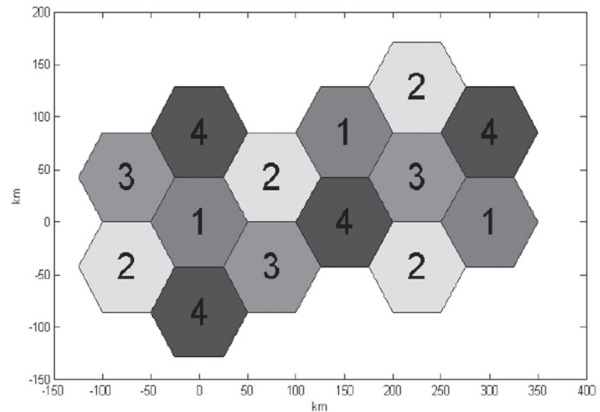


그림 13. SFN 내에서 O-LSI 서비스를 위한 망 구성 예(N=4)

B. H-LSI (hierarchical-LSI)

NGH 프레임은 QAM 변조된 신호로 방송신호를 전송한다. 이때, QAM 변조된 cell의 일부에 계층 변조 기술을 이용해 지역 서비스를 삽입하는 기술이 H-LSI이다. 〈그림 14〉에서는 H-LSI를 위한 계층 변조기의 구조를 나타낸다. 일반 서비스의 경우 QAM 변조된 신호로 매핑하고 지역 서비스의 경우 QPSK 변조된 신호로 매핑하여 이를 계층 변조하여 송출한다. 즉, 일반 서비스를 QPSK, 16QAM으로 변조하였다면 지역 서비스가 삽입된 cell의 경우 QPSK + QPSK, 16QAM + QPSK로 계층 변조되어 각각 16QAM, 64QAM의 신호 성상이 된다.

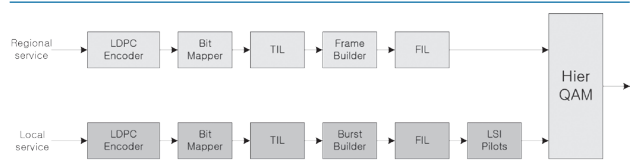


그림 14. H-LSI를 위한 계층 변조기 구조

〈그림 15〉에서는 H-LSI를 위한 계층 변조 신호의 성상을 보여주고 있다. 즉, 일반 서비스가 QPSK 신호로 변조되었고, 지역 서비스도 QPSK 신호로 변조되어 최종 16QAM과 같은 형태의 신호 성상을 볼 수 있다. 4개의 bit열 중에서 상위 2bit는 일반 서비스, 하위 2bit는 지역 서비스에 해당한다. 두 계층의 수신 성능은 $\alpha = A/B$ 로 결정되며 〈그림 4〉에서는 $\alpha = 8/2 = 4$ 가 된다.

H-LSI의 경우 SFN 내에서 특정 송신기의 방송 구역만 지역 서비스도 가능하다. 〈그림 16〉은 SFN 내에서 H-LSI 서비스 구성 예를 보여주고 있다. A와 B의 방송구역에는 F1의 주파수를 사용하는 SFN이다. 여기서, 방송구역 B에만 지역 서비스를 삽입한 경우 방송구역 A에는 QPSK 신호가 송출되고, 방송구역 B에는 16QAM 신호가 송출된다. 이때, 일반 서비스는 y_0, y_1 에 해당하는 bit 정보에 실려 전송되고, 지역 서비스는 16QAM 신호의 하위 bit 정보인 h_0, h_1 에 실려 전송된다[17].

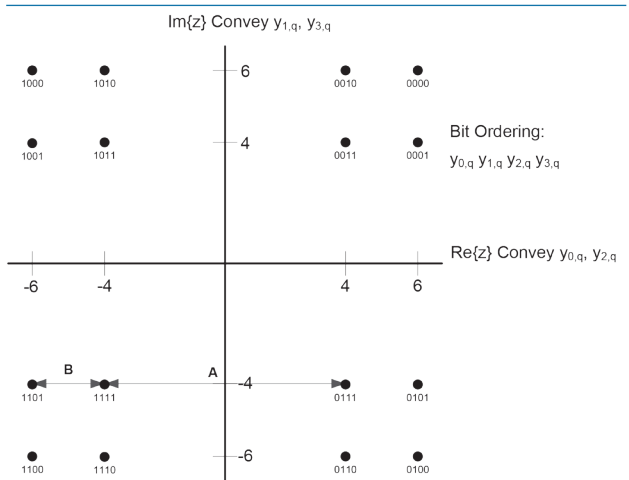


그림 15. H-LSI를 위한 계층 변조 신호의 성상(QPSK + QPSK)

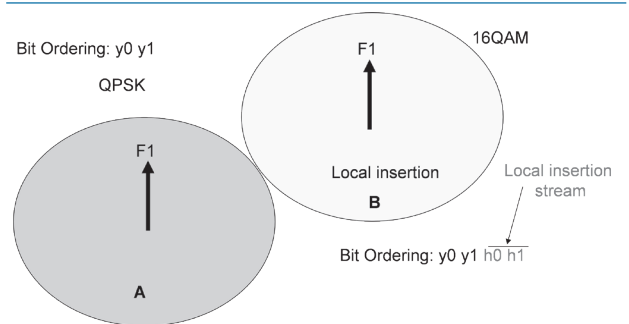


그림 16. SFN 내에서 H-LSI 서비스 구성 예

2. MIMO 프로파일

위 〈그림 17〉은 DVB-NGH 시스템 내 MIMO 시스템 블록도를 나타낸다. 먼저 DVB-NGH는 전송 데이터 양을 증가시키기

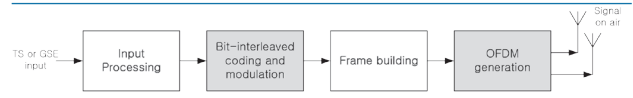


그림 17. MIMO 프로파일의 DVB-NGH 시스템 물리계층 구성도

위하여 기존의 Alamouti 부호를 사용하는 DVB-T2와 달리 새로이 전송율 2를 지원하는 MIMO 기법을 포함시켰다. 이와 같은 MIMO 기법으로 DVB-NGH에서는 아래와 같은 기존의 이동통신 시스템에서 사용된 2X2 SM (Spatial Multiplexing) 기법[19]을 기본 구조로 사용한다.

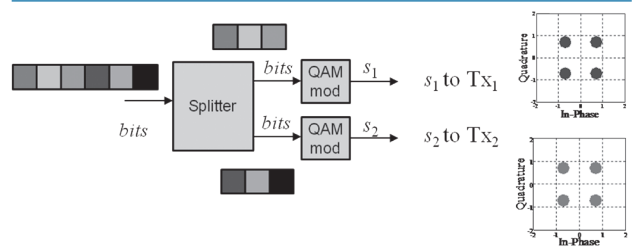


그림 18. 4 bits/cell의 SM 송신 기법

방송 채널 환경은 기존의 이동통신 채널 환경과 달리 송수신 간 LoS(Line-of-Sight) 신호가 존재하며, 따라서 채널 값은 Ricean 분포를 가지게 되며 특히 이중편파 안테나를 사용할 경우 발생하는 채널 환경은 기존의 이동통신 채널 환경과 많은 차이가 발생하게 된다. 따라서 DVB-NGH에서는 이와 같은 새로운 방송 채널 환경을 고려하여 아래와 같은 기존의 SM 기법을 기반으로 한 새로운 eSM(Enhanced SM) 기법[20]을 사용한다.

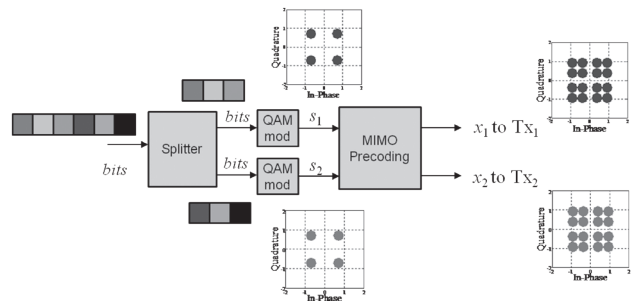


그림 19. 4 bits/cell의 eSM 송신 기법

〈그림 19〉의 새로운 eSM 기법은 기존의 〈그림 18〉의 SM 기법과 달리 변조된 신호를 바로 전송하지 않고 대신 선부호기(precoder)를 이용하여 발생된 신호들을 대신 전송한다[20-21].

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta \cos \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{\alpha} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

여기에서 사용된 α 와 θ 값은 전송하고자 하는 신호 x_1, x_2

의 변조 방법과 수직/수평 편파간 송신 파워 비, β 값에 따라 DVB-NGH 채널 환경에서 최적화된 값[8, Table 121]을 사용한다.

더불어 DVB-NGH에서는 <그림 19>의 새로운 eSM 기법에 대하여 채널 변화에 따른 시간 다이버시티 이득을 추가로 획득하기 위하여 아래와 같은 PH(Phase-Hopping) 기법[22]을 추가로 사용한다.

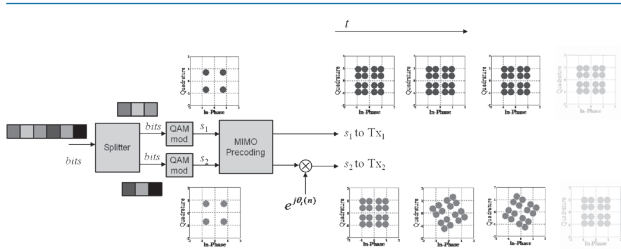


그림 20. 4 bits/cell의 PH-eSM 송신 기법

<그림 20>의 PH-eSM 기법은 <그림 19>의 eSM 기법을 바탕으로 두 번째 송신 안테나에 신호 전송 이전에 매 OFDM 심볼마다 선형적으로 증가하는 위상을 임의로 곱한 뒤 전송하게 된다. 이와 같은 PH 기법은 방송 신호의 LoS로 인한 시간에 따른 신호의 burst 현상을 상쇄하여 채널 복호 입장에서 시간적 다이버시티 이득을 추가로 획득하는 장점을 갖는다. <그림 20>의 수신 신호 모델링은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{\beta} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{\alpha} & 0 \\ 0 & \sqrt{1-\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기에서 $\theta_n = 2\pi n/9$ 는 n 번째 OFDM 심볼 구간에서 두 번째 송신 안테나에 곱해지는 PH 위상 값이다.

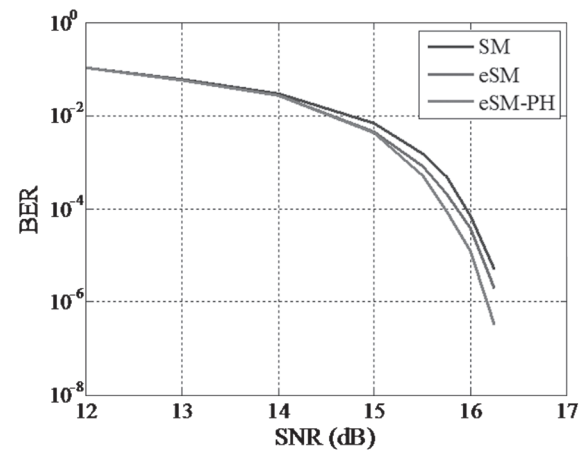


그림 21. SM, eSM, PH-eSM 성능 결과(부호율=2/3)

<그림 21>의 실험 결과는 <그림 18-20>의 세가지 SM

기법들에 대하여 DVB-NGH 채널 환경과 8 bits/cell (16QAM+16QAM)을 전송할 경우 16K LDPC (부호율= 2/3)의 실험 결과이다.

3. 하이브리드 프로파일

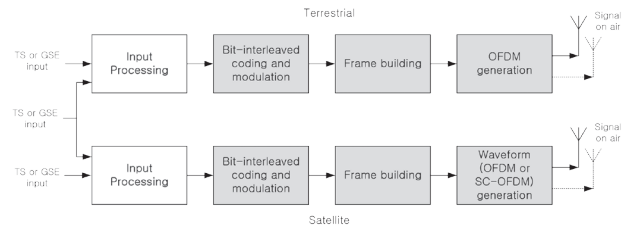


그림 22. 하이브리드 프로파일의 물리계층 구성도

하이브리드 프로파일은 지상파망으로 수신되는 신호 성분에 위성망으로 수신되는 신호 성분이 추가된 하이브리드 신호 포맷으로 정의된다. 하이브리드 신호는 NGH 프로파일에서 추가된 PI(aPI)를 포함하고 있으며, 위성 성분의 경우 대역폭이 1.7, 2.5, 5 MHz로 제한되어 있으며 각각은 기본 프로파일과 호환성이 있다. 하이브리드 신호는 지상파 송신기와 위성으로부터 동시에 두 가지 신호를 수신하며, 이를 결합하여 하나의 스트림 출력을 가지는 것을 말한다. <그림 22>의 NGH 시스템의 물리계층 구성도에서 진하게 표시된 부분들은 기본 프로파일에서 추가된 부분이 있음을 보여준다.

4. 하이브리드 MIMO 프로파일

하이브리드 MIMO 프로파일은 하이브리드 전송 시나리오 상에서 지상파망과 위성망의 동시 또는 각각 MIMO를 사용하기 위한 선택적 프로파일로서 하이브리드 MIMO SFN과 하이브리드 MIMO MFN으로 나누어진다. 먼저 하이브리드 MIMO SFN의 경우 위성망과 지상파망의 송신 신호는 동기화 되어야 하며 동일한 반송파 주파수를 가져야 한다. SISO SFN은 하이브리드 프로파일 내에서도 가능하지만 하이브리드 MIMO SFN은 MIMO를 위한 pre-coding이 필수적이다. 두번째로 하이브리드 MIMO MFN의 경우 위성망과 지상파망의 송신 신호는 다른 반송파 주파수를 가지며 공통 프레임이나 심볼 타이밍 등이 필요 없는 장점을 가지고 있다. 데이터 페이로드에서는 동일한 콘텐츠를 공유 가능하며 지상파망 또는 위성망 중 적어도 하나 이상의 다중 안테나를 사용한 구성이 필요하다. 그렇지 않은 경우에는 하이브리드 프로파일 또는 하이브리드 MIMO 프로파일에 포함된다. <그림 23>에서 하이브리드 MIMO 프로파일 NGH 시스템

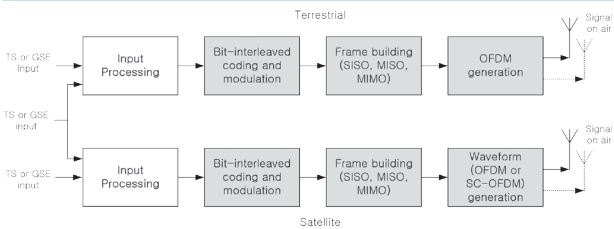


그림 23. 하이브리드 MIMO 프로파일 구성도

물리계층 구성도는 하이브리드 MIMO SFN과 하이브리드 MIMO MFN에서 공통적으로 적용된다.

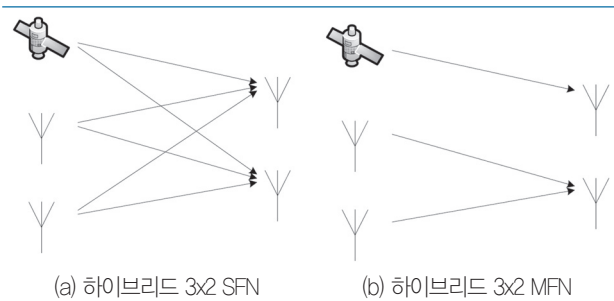


그림 24. 하이브리드 MIMO 프로파일 시스템 예

〈그림 24〉에서는 하이브리드 MIMO 프로파일을 이용한 방송 망 구성 예를 보여준다. 〈그림 24〉의 (a) 하이브리드 3x2 SFN망의 경우 위성 1개와 지상파 2개의 송신기로부터 수신기까지 각각 3x2 하이브리드 MIMO 시스템으로 구성할 수 있다. 그리고 〈그림 24〉의 (b) 하이브리드 3x2 MFN망의 경우 위성망은 SISO 시스템, 지상파망은 2x1 MISO 시스템으로 구성할 수 있다[18].

III. 결론

본고에서는 차세대 모바일 방송 표준인 DVB-NGH시스템에 대해서 자세히 살펴보았다. DVB-NGH시스템을 통해 살펴본 바와 같이 미래 디지털 방송 기술은 높은 스펙트럼 효율과 서비스 측면에서의 기존 기술과의 호환성이 요구되며 위성망, 무선통신망 등 타 매체와의 연동을 통해 언제 어디서나 쉽게 방송신호를 수신할 수 있는 방향으로 진화되고 있음을 알 수 있었다. 따라서, 향후 개발될 디지털 방송 기술은 미래 표준을 위한 확장성 및 서로 다른 표준과의 연동 가능성이 보장될 것으로 예상된다.

Acknowledgment

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Telecommunications Technology Association in Korea, TTAS.KO-07.0026, "Radio Broadcasting Systems; Specification of the video services for VHF Digital Multimedia Broadcasting (DMB) to mobile, portable and fixed receivers," Aug. 2004.
- [2] DVB-H, "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)," ETSI EN 302 304 v.1.1.1, Nov. 2004.
- [3] ATSC, "ATSC Mobile DTV system," A/153: ATSC Mobile DTV Standard, Part 1, Mar. 2013.
- [4] ISDB-T, "Channel coding, Frame Structure and Modulation scheme for Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T)," ITU-R 11A/Jxx-E, Mar. 1999.
- [5] DVB-T2, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)," ETSI EN 302 755 v.1.3.1, Apr. 2012.
- [6] DVB-T2, "2nd Generation Terrestrial," DVB Fact Sheet, Mar. 2013.
- [7] C. Nokes, and A. Morello, "T2/T2Mobile/NGH Compatible modes of operation," DVB TM-NGH110r1, June 2011.
- [8] DVB-NGH, "Digital Video Broadcasting (DVB); Next Generation broadcasting system to Handheld, physical layer specification (DVB-NGH)," Draft ETSI EN 303 105 v.1.1.1, Nov. 2012.
- [9] G. Forney Jr and L. Wei, "Multidimensional constellations - Part I: Introduction, Figures of Merit and Generalized Cross Constellations," IEEE Journal on Select. Areas in Commun., Aug. 1989.
- [10] J. Stott "NUQAM and ConQAM", DVB TM-MIMO6, Dec. 2012.
- [11] C. A. Nour, and C. Douillard, "Rotated QAM Constellation to Improve BICM Performance for DVB-T2," ISSSTA'08, pp. 354-359, 2008.
- [12] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications", IEEE Journal on Select. Areas in Commun., 1998.

- [13] J. Robert, "Simulation Results on MIMO Performance", DVB TM-NGH587, Dec. 2010.
- [14] J. Robert, "Improved Robustness and Transmitter Identification for Multi-Antenna Systems", DVB TM-NGH616, Feb. 2011.
- [15] J. Robert, "New Results on eSFN," DVB TM-NGH 878, April 2011.
- [16] E. Stare, "Pilot Patterns for O-LSI," DVB TM-NGH1394r1, Feb. 2012.
- [17] DVB TM-H NGH, "H-LSI Pilots and Constellation," DVB TM-NGH1403, Feb. 2012.
- [18] C. Hollanti and T. Jokela, "Hybrid MIMO configurations and code complexities," DVB TM-NGH1042, June 2011.
- [19] G. J. Foschini and M Gans, "On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment When Using Multiple Antennas," Wireless Pers. Commun., Vol. 6, pp. 311-335, Mar. 1998.
- [20] W. Ko, H. Hong, S. Moon and P. Fertl, "LG Response to NGH Call for Technology," DVB TM-NGH076, 2010.
- [21] J. Bae and T. Jung, "New Spatial Multiplexing Scheme for Erasure Fading Channels", DVB TM-NGH338, July 2010.
- [22] M. Petrov, Y. Murakami, T. Kimura and M. Ouchi, "The Effect of LoS Components on MIMO Performance," DVB TM-NGH652, 2011.

약 력



정 태 진

1996년 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사
 1998년 포항공과대학교 전자전기공학과 공학석사
 2003년 포항공과대학교 전자전기공학과 공학박사
 2003년~2004년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2004년~2006년 전남대학교 전임강사
 2006년~2010년 전남대학교 조교수
 2010년~현재 전남대학교 부교수
 관심분야: 디지털 방송시스템, 이동 통신, MIMO, HDTV



서 재 현

1999년 경북대학교 전자공학과 공학사
 2001년 경북대학교 전자공학과 공학석사
 2001년~현재 한국전자통신연구원 지상파방송 연구실 선임연구원
 관심분야: 디지털 방송시스템, 디지털 통신 신호처리



김 호 준

2009년 전남대학교 전자컴퓨터공학부 공학사
 2011년 전남대학교 전자컴퓨터공학과 공학석사
 2011년~2012년 LG유플러스 Core망운영팀 사원
 2013년~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정
 관심분야: 디지털 방송시스템, 이동 통신, MIMO, HDTV



김 흥 중

2010년 전남대학교 전자컴퓨터공학부 공학사
 2012년~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정
 관심분야: 디지털 방송시스템, 무선 통신, MIMO



김 흥 묵

1993년 포항공대 전자전기공학과 공학사
 1995년 포항공대 전자전기공학과 공학석사
 2013년 KAIST 정보통신공학과 공학박사
 1993년~2001년 POSCO 기술연구소 연구원
 2002년~2003년 (주)맥스웨이브 연구개발팀 팀장
 2004년~현재 한국전자통신연구원 지상파방송 연구실 실장
 관심분야: RF 신호처리, 디지털 방송/통신 신호처리