

# 계층변조방식을 적용한 ATSC 시스템의 전송용량과 커버리지 분석

\*류관웅 \*김홍묵

\*한국전자통신연구원

\*kwryu0730@etri.re.kr

## Analysis on the Coverage and Capacity of ATSC System with Hierarchical Modulation

\*Ryu, Kwanwoong \*Kim, Heung Mook

\*Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

### 요약

ATSC 지상파 디지털 방송시스템에서 부가데이터 전송을 통해 전송용량을 높이기 위한 연구가 진행 중에 있다. 이러한 방식 중의 하나로 계층변조를 이용한 방식이 많이 연구되고 있다. 계층변조 방식은 기존의 지상파 DTV 방송 신호에 확산대역 형태의 별도의 데이터를 워터마킹(watermarking)하여 전송하며, 추가적으로 전송되는 부가 데이터는 기존의 지상파 DTV의 수신에 영향을 주지 않아야 한다. 본 논문에서는 계층변조를 적용한 ATSC 시스템에서 계층변조의 전송용량에 따른 최대 전송 커버리지를 계산한다.

### 1. 서론

ATSC (Advanced Television Systems Committee) 방식의 지상파 DTV 방송 시스템에서는 기존의 DTV시스템에 영향을 최소화하면서 부가적으로 전송율을 높일 수 있는 시스템에 대한 연구가 진행 중에 있다. 이러한 부가데이터 신호는 기존의 지상파 DTV방송시스템에 낮은 전력 값으로 워터마킹되어 전송된다. 이러한 전송 기법 중에 송신기 식별(TxID: Transmitter Identification) 방식은 각 송신기 및 중계기에서 송출된 신호가 겪는 채널 환경을 검출하여 송신기와 중계기의 송출전력 및 상대적인 송출시간을 조정함으로써 간섭문제를 해결하기 위하여 제안되었다 [1][2].

또한 TxID로 사용되는 수열에 대하여 극성(polarity) 및 진폭 크기를 이용하여 부가적으로 전송율을 향상시킬 수 있는 방법이 제시되었다[3].

본 논문에서는 계층변조를 적용한 ATSC 시스템에서 부가데이터의 전송용량에 따른 최대 전송 커버리지를 계산한다.

### 2. 시스템모델

#### 가. 부가데이터전송을 위한 ATSC시스템 모델

그림 1은 ATSC 8-level VSB 전송부에 추가적으로 부가데이터(ADT)를 보내기 위한 계층변조를 이용한 전송 방식을 나타내었다. 바이너리 형태의 부가데이터는 부가데이터 전송부를 통해 인코딩되고 DTV데이터 신호보다 30 dB 낮은 전력 값으로 삽입된다. DTV필드구간 중 필드 동기 세그먼트 구간을 제외한 데이터 세그먼트 구간에만 부가데이터를 삽입해야 한다[4]. 부가 데이터 전송부에서 전송율은 각각 250 kbps, 500 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps의 전송율로 전송한다.

수신부는 VSB 데이터와 부가데이터가 결합된 신호를 수신한다. 복조된 VSB 신호로부터 채널등화기 출력에서 기존 DTV 신호를 제거

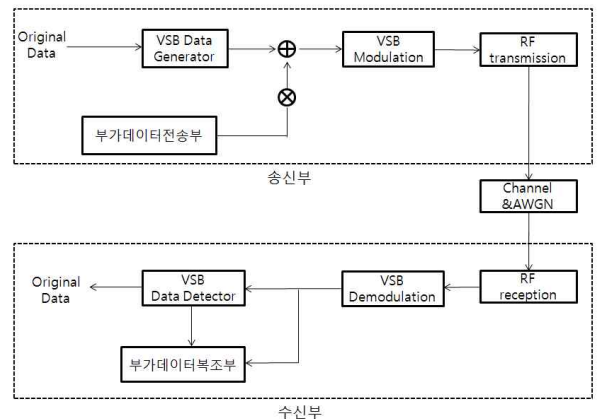


그림 1. 부가데이터를 가진 ATSC시스템

하고 부가데이터를 추출한다[4]. 즉, 등화부 출력신호로부터 VSB 검출부에 의해 검출된 신호를 제거하여, 부가데이터 신호를 추출한다.

본 논문에서는 그림 1과 같이 시스템을 구성하고 AWGN환경의 BER  $3 \times 10^{-6}$ 에서 DTV와 부가데이터 시스템의 요구 CNR을 계산하여 커버리지를 계산하는데 활용한다.

#### 나. 커버리지 계산

DTV 방송국이 500 m 높이의 송신기에서 1 MW (90 dBm) ERP (Effective radiated power)로 송신한다고 가정하고, DTV는 600 MHz의 UHF대역에서 동작한다는 가정하에서 커버리지를 계산한다. 커버리지를 계산하는 일반적인 식은 다음과 같다.

$$L_{path} \leq P_{bs} + G_{bs} + G_{ms} - S_{ms} \quad (1)$$

여기서  $S_{ms}$ 는 수신기의 감도이고,  $P_{bs}$ 는 송신기의 출력 전력,  $G_{bs}$ 는 피더 손실을 포함한 송신기의 안테나 손실,  $G_{ms}$ 는 수신기의 안테나 이득,  $L_{path}$ 는 경로손실을 나타낸다. 시스템의 커버리지를 계산하기 위해서는 경로손실 모델이 필요하며, 경로 손실 모델에는 여러 가지가 있지만 인간이 만든 환경을 내포하는 대표적인 모델로는 오쿠무라/하타모델, cost-231, Lee모델 등이 있다. 오쿠무라/하타 모델은 1 km에서 30 km 이하의 경로손실을 나타내는데 적합하고 10 km 이상은 ITU-R P.370모델을 사용한다. ITU-R P.1546모델은 오쿠무라/하타 모델과 ITU-R P.370모델을 결합한 것으로, 송수신 안테나 사이의 경로 손실은 송신전력과 수신전력의 비로 나타낼 수 있다. 경로 손실은 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 전파와 방해물사이의 상호작용에 의해 나타난다[5]. 본 논문에서는 가장 일반적으로 사용되는 오쿠무라/하타 모델과 ITU-R P.1546모델에서 커버리지를 계산한다.

• 오쿠무라/하타 모델

오쿠무라/하타의 수학적 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 중소도시의 도심지역 환경에서의 커버리지는 식(2), 식(3)과 식(4)를 통하여 계산할 수 있다.

$$L_{path} = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_t \quad (2)$$

$$- a(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log r$$

여기서

$$a(h_r) = (1.11 \log f_c - 0.7)h_r - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad (3)$$

결론적으로 수신기의 잡음지수(Noise figure) 7dB, 송신기의 안테나 이득 8dB, 수신기의 안테나 높이 10m를 적용하면 커버리지는 다음 식과 같이 계산될 수 있다.

$$r \leq 10^{\frac{83.4 - CNR_{required}}{27.3}} \quad (4)$$

여기서  $r$ 은 커버리지 반경을 나타내고,  $CNR_{required}$ 은 요구 CNR을 나타낸다.

• ITU-R P.1546 모델

시스템의 커버리지를 계산하기 위한 모델로서 ITU-R P.1546을 사용한다[6]. 이 모델에서는 100, 600, 2000 MHz의 주파수들에서 1 kW의 등가방사전력(equivalent radiated power) 출력인 경우, 다양한 송신안테나 높이를 가질 때의 전계강도와 도달거리를 보여주고 있다. 또한, 전파 커브는 시간의 1%, 10%, 50%를 초과하는 전계강도 값을 보여준다. 그림 2는 600 MHz의 주파수에서 시간의 50%를 초과하는 경우의 거리에 대한 전계강도를 나타낸 것이다. 그림 2의 전파 커브에서 40 dB(uV/m)에서 DTV송신기로부터 80 km의 거리를 가진다. 수신 전계강도에 대한 그래프를 임피던스 50옴을 가진 안테나를 가정하여 수신전력에 대한 그래프로 변환할 수 있다.

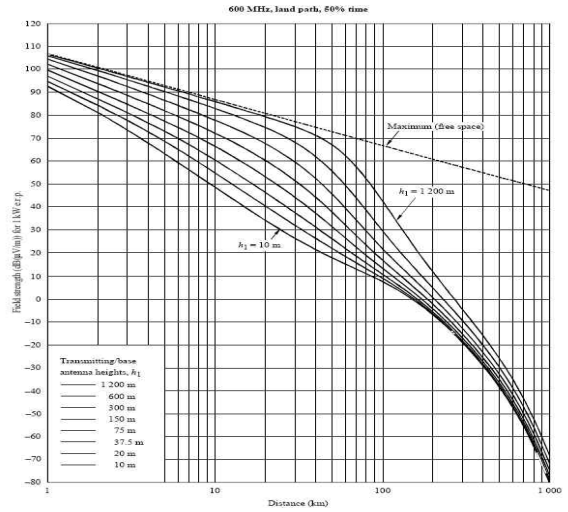


그림 2. ITU-R P.1546모델의 거리에 대한 전계강도

$$E(dB\mu V/m) = E(dB\mu V) - G_r(dBi) \quad (5)$$

$$+ 20 \log f(MHz) - 29.8$$

식(5)에서 50옴을 가지면 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(dBm) = E(dB\mu V/m) + G_r(dBi) \quad (6)$$

$$- 20 \log f(MHz) - 77.2$$

600 MHz의 UHF대역에서 동작하고 수신 안테나 이득  $G_r$ 은 0 dBi라고 가정하면 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(dBm) = E(dB\mu V/m) - 133 \quad (7)$$

ITU-R P.1546 모델에서 셀 반경은 식 (7)의 수신 전력에 대한 수식과 논문 (6)의 표 6과 식(34)의 경로손실 모델을 사용하여 계산할 수 있다[6].

표 1. DTV와 ADT시스템의 커버리지 계산

	전송율 [bps]	요구 CNR [dB]	coverage[km]	
			오쿠무라 /하타	ITU-R P.1546
DTV	19.39 M	15.2	315.9	430
부가 데이터 (ADT)	250 k	17.1	269.1	400
	500 k	20.1	209	360
	1 M	23.2	161	340
	2 M	26.2	124.9	300

BER  $3 \times 10^{-6}$ 에서 요구 CNR을 만족하는 커버리지를 오쿠무라/하타 모델과 ITU-R P.1546모델을 기준으로 계산하였다. 오쿠무라/하타 모델을 사용했을 때 DTV의 커버리지는 315.9 km이고 ADT 250 kbps, 500 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps에 따라 각각 269.1 km, 209 km, 161 km, 124.9 km 였다. ITU-R P.1546모델을 사용했을 때 DTV의 커버리지는 430 km이고 ADT 250 kbps, 500 kbps, 1 Mbps, 2 Mbps에 따라 각각 400 km, 360 km, 340 km, 300 km 이다. 즉, DTV시스템을 기준으로 ADT시스템의 전송율이 250 kbps, 500 kbps, 1Mbps, 2Mbps증가함에 따라 요구 CNR이 1.9 dB, 4.9dB, 8dB, 11dB로 증가하며 커버리

지 반경은 6.9%, 16.2%, 20.9%, 30%감소하였다.

### 3. 결론

본 논문에서는 DTV와 ADT시스템의 커버리지를 구하기 위하여 경로손실 모델로서 오쿠무라/하타모델과 ITU-R P.1546모델을 사용하여 분석하였다. BER  $3 \times 10^{-6}$ 에서의 요구 CNR을 기준으로 ADT 시스템의 전송용량에 따른 커버리지를 계산하였다. 분석결과 DTV의 반경을 기준으로 볼 때 ADT시스템의 전송율이 250 kbps, 500 kbps, 1Mbps, 2Mbps로 증가함에 따라 커버리지 반경은 6.9%, 16.2%, 20.9%, 30%감소하였다. 본 논문의 계산 결과는 전파 예측 모델을 기준으로 계산한 것으로 실제 측정을 통한 결과와 비교 분석이 필요하다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(09912-02001)

## 참 고 문 헌

- [1] ATSC, "Recommended practice A/111: Design of synchronized multiple transmitter networks," Advanced Television Systems Committee, Washington, D.C., Sept.2004.
- [2] Xianbin Wang et al, "Robust Data Transmission Using the Transmitter Identification Sequences in ATSC DTV Signals," IEEE Trans. On Consumer Electronics, vol 51,no1,pp.41-47, Feb. 2005
- [3] S. I. Park, J.-Y. Lee, H. M. Kim, and W. Oh, "Transmitter identification signal analyzer for single frequency network," IEEE Trans. Broadcast., vol. 54, no. 3, pp.383-393, Sept. 2008.
- [4] 박성익, 임형수, 김홍목, 이수인, "방송/통신 데이터 송수신 방법 및 장치," KR 10-2009-0046540.
- [5] S.R.Saunders,Antennas and propagation for Wireless Communication Systems. NewYork, NY:John Wily & Sons Inc.,1999
- [6] "Method for Point-to-Area predictions for Terrestrial Services in the Frequency Range 30 MHz to 3000MHz,"ITU-R Recommendation P.1546, 2003-2005.