

저비용 방송망 구축을 위한 주파수 재사용에 대한 연구

김호재, 허규민, *배재휘, *허남호, 김형남[©]
부산대학교 전자공학과
*미디어전송연구그룹, 한국전자통신연구원
e-mail : hnkim@pusan.ac.kr[©]

A study on frequency reuse for low-cost broadcasting network

Ho Jae Kim, Gyumin Heo, *JaeHwui Bae, *Namho Hur, Hyoung-Nam Kim[©]

Department of Electronics Engineering, Pusan National University
Media Transmission Research Group, ETRI

Abstract

현재 디지털 방송에 사용되는 방송망은 각 방송사마다 별도의 송신기를 설치하여 사용하고 있다. 그러나, UHD(ultra-high definition)급 이상의 고품질 방송의 수요와 공급이 증가함에 따라 송신기 요구 사양도 높아지면서 별도의 송신기 설치로 인해서 발생하는 비용이 매우 증가할 것으로 예상되고 있다. 이러한 비용 문제를 해결하기 위해 방송사들이 송신 안테나 및 송신 사이트를 공유하는 방안을 고려하고 있으며, 이를 통해 방송망 설치비용을 절감하고 송신기의 유지보수 및 관리 비용을 절감하고자 하고 있다. 이에 본 논문은 저비용 방송망 구축을 위하여 송신 사이트를 공유하는 주파수 재사용 계수 1 시스템과 현재 DVB-T2(digital video broadcasting - second generation terrestrial) 시스템의 전송 용량 차이를 비교 분석한다.

I. 서론

디지털 기술 및 통신 기술의 발전과 디스플레이 기술 발전에 따라 가정의 TV 화면이 대형화되고, UHD(ultra-high definition)급 이상의 고품질 방송의 수요와 공급이 증가하고 있다[1-2]. 이와 같은 고품질의 차세대 방송 시스템의 전송 용량을 확보하기 위해서는 256-QAM(quadrature amplitude modulation)과 같은 고차 성상 변조를 이용한다[3]. 고차 변조를 사용

하기 위해서는 높은 전력을 사용하므로 송신기 설계 과정에서 많은 비용이 든다. 또한 높은 전력 사용으로 인해서 지불되는 전력 요금 및 상대적으로 짧은 장비의 수명으로 인하여 장비 유지에 많은 비용이 요구된다[3].

이러한 비용 문제를 해결하기 위해 방송사들이 송신 안테나 및 송신 사이트를 공유하여 방송망을 구축하면 여러 송신기에 사용되는 부품의 개수를 대폭 줄일 수 있으므로 방송망 설치비용을 절감할 수 있다. 또한, 여러 대의 송신기를 사용하는 경우보다 유지보수 및 관리가 용이하다. 이로 인하여 송신기 유지 및 수리에 사용되는 비용이 절감되어 저비용 방송망 구축이 가능하다.

본 논문에서는 저비용 방송망 구축을 위하여 송신 사이트를 공유하는 주파수 재사용 계수 1 시스템과 DVB-T2(digital video broadcasting - second generation terrestrial) 시스템을 기반으로 현재 사용되는 디지털 지상파 방송의 전송 용량 차이를 비교 분석한다.

II. 본론

2.1 주파수 재사용 계수 1 DVB-T2 시스템

현재 사용되는 디지털 지상파 방송(256-QAM, code rate : 2/3)에서 요구되는 CNR은 17 dB 정도이며 채널당(8 MHz) 전송 용량은 MFN(multi frequency network) 40 Mbps, SFN(single frequency network)

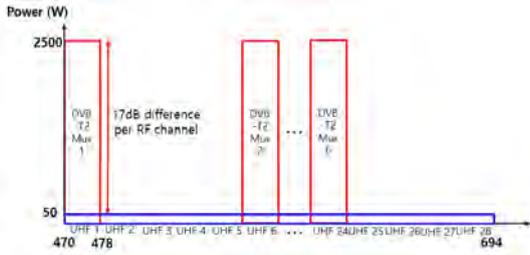


그림 1. 현재 방송시스템(적색)과 제안하는 방송시스템(청색)의 전력 비교.

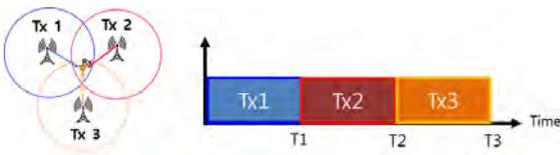


그림 2. 3 개의 송신기 상황에서 TDM(Time division multiplexing).

33 Mbps 정도이다. 주파수 재사용을 이용하여 실제로 얻는 총 전송 용량은 200 Mbps를 얻을 수 있다[3].

그림 1은 현재 유럽에서 사용되는 시스템(적색)과 QPSK 변조(code rate : 1/2)를 이용하여 주파수 재사용 계수가 1인 시스템(청색)의 요구 전력을 나타낸 그림이다. QPSK 변조(code rate : 1/2)를 사용할 경우 요구되는 CNR은 0 dB이며 1 bps/Hz의 스펙트럼 효율이 나오며 총 전송 용량은 200 Mbps를 얻을 수 있다[3]. 그러나 근접한 셀과 동일한 주파수를 사용하기 때문에 TDM(time division multiplexing)을 사용한 신호의 구분이 필요하다.

2.2 TDM을 적용한 QPSK 광대역 DVB-T2 시스템

근접한 셀과의 간섭을 피하기 위해서 그림 2와 같이 TDM을 적용하여 신호를 구분한다. 수신기의 위치가 세 개의 송신기의 중앙에 위치할 경우 그림 3과 같이 수신되지만 수신기의 위치가 달라질 경우 그림 4와 같이 서로 다른 시간 지연에 의하여 간섭 신호가 발생한다. 이를 극복하기 위해서 그림 5와 같이 null 심볼을 삽입하여 신호를 전송하면 서로 다른 시간 지연에 의하여 발생하는 간섭신호의 영향이 줄어든다.

III. 모의실험 결과

모의실험은 그림 6과 같이 송신기와 중심 사이의 거리를 75 km로 설정하고 실험을 진행하였다. 수신기의 위치는 표 1에 표기된 대로 실험을 진행하였다. 표 1에

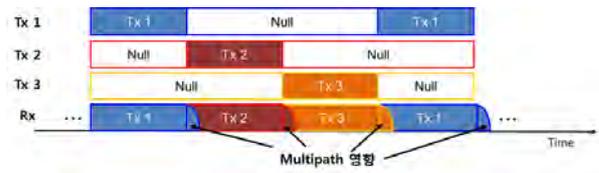


그림 3. Tx1, Tx2, Tx3 송신기 좌표의 중점에 위치한 수신기의 수신 신호.

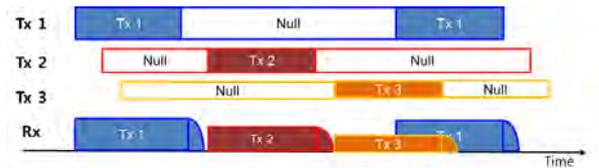


그림 4. Tx1, Tx2, Tx3 송신기 좌표의 중점에 위치하지 않는 수신기의 수신 신호.

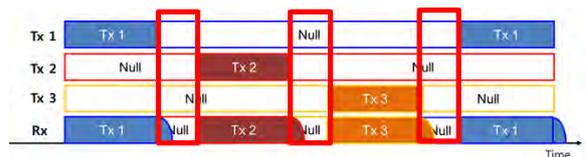


그림 5. Null 심볼을 삽입한 신호의 수신신호 (Tx1, Tx2, Tx3 송신기 좌표의 중점에 위치한 수신기의 수신 신호).

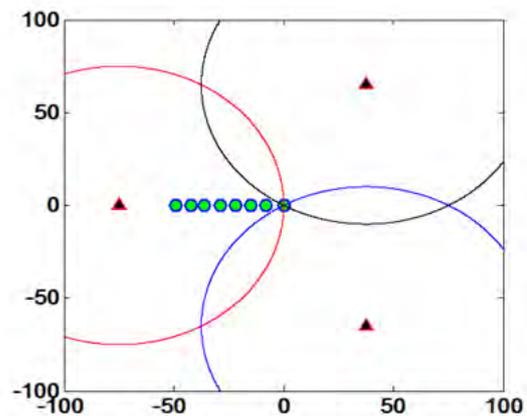


그림 6. 송신기 및 수신기의 위치

표기된 시간차는 Tx 1 신호와 Tx 3 신호의 도달 시간 차이를 τ_d 나타내고 이는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 수신기 위치에 따른 시간 차 및 간섭 신호 세기

	수신기 위치 (km)	시간 차 (μs)	간섭신호 세기 (dB)
①	[0,0]	0	0
②	[-8,0]	41	-2.2
③	[-15,0]	78	-4.3
④	[-22,0]	117	-6.6
⑤	[-29,0]	157	-9.1
⑥	[-36,0]	197	-12
⑦	[-42,0]	232	-14.8
⑧	[-49,0]	274	-18.5

$$\tau_d = \frac{d_{Tx3} - d_{Tx1}}{c} \quad (1)$$

여기서 c 는 전파속도, d_{Tx_i} 는 i 번째 송수신기 거리를 나타낸다. 표 1에 표기된 간섭신호 세기는 로그 거리 경로 손실(log-distance path loss) 모델을 기준으로 사용하였으며 이는 식 (2)와 같다.

$$P_{Tx3} = (d_{Tx3}/d_{Tx1})^n \times P_{Tx1} \quad (2)$$

여기서 P_{Tx_i} 는 i 번째 송신기 신호의 세기를, n 은 신호 감쇠 계수를 나타내며 도심을 기준으로 $n=3$ 을 사용하였다. 모의실험에 사용된 채널은 Cost 207 TU 6 채널을 사용하였다. 20개의 OFDM 심볼을 사용하였으며, 보호 구간의 길이는 1/8, 유효 대역폭 213 MHz를 사용하였고 null 심볼이 없는 경우와 30000 샘플의 null 심볼을 삽입한 경우에 대한 실험을 진행하였다.

그림 7은 null 심볼이 없는 경우에 대한 실험을 진행하였다. 3번 수신기 위치에서 성능이 가장 저하된 것을 확인할 수 있었다. 이를 그림 9의 256-QAM과 비교할 경우 약 17.9 dB 차이가 난다. 송신기 당 전송 용량은 1bps/Hz(스펙트럼 효율) \times 213 MHz(대역폭) \times 8/9(보호 구간) = 63.1 Mbps 이다.

그림 8은 30000 샘플의 null 심볼을 삽입한 경우에 대한 실험을 진행하였다. 5번 수신기 위치에서 성능이 가장 저하된 것을 확인할 수 있었다. 이를 그림 9의 256-QAM과 비교할 경우 약 18.4 dB 차이가 난다. 송신기 당 전송 용량은 1 bps/Hz(스펙트럼 효율) \times 213 MHz(대역폭) \times 8/9(보호 구간) \times 0.75(신호구간/[신호구간+null구간]) = 47.3 Mbps 이다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 저비용 방송망 구축을 위하여 TDM 기법을 적용한 QPSK 변조(code rate : 1/2), 주파수 재사용 계수가 1인 시스템의 null 심볼 유무에 따른 전

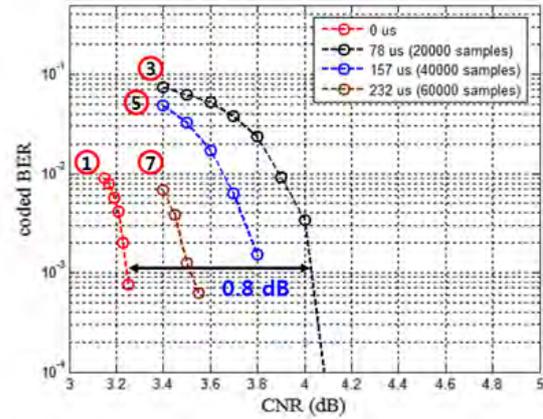


그림 7. Null 심볼이 없는 TDM 광대역 QPSK 신호의 BER 성능

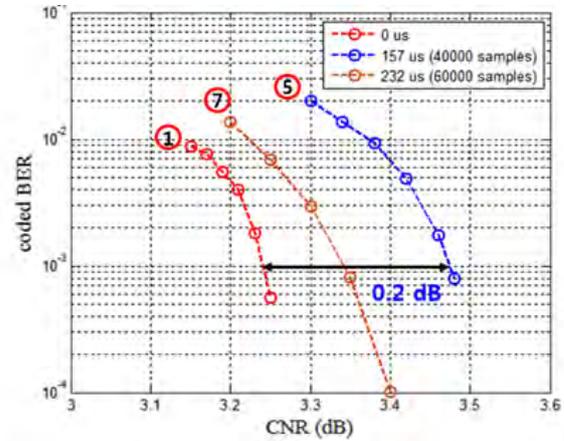


그림 8. 30000 샘플의 Null 심볼을 삽입한 TDM 광대역 QPSK 신호의 BER 성능

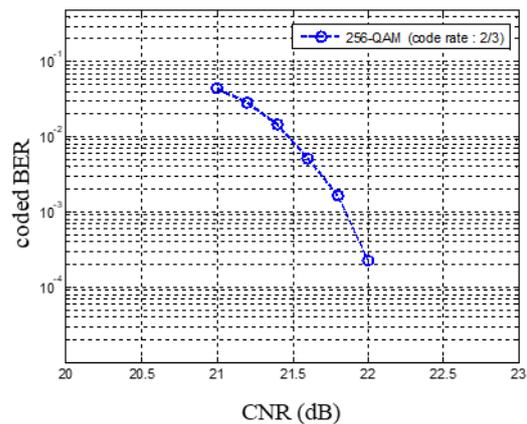


그림 9. 기존 방송 시스템의 BER 성능 (256-QAM, code rate : 2/3)

송용량과 사용 전력의 차이를 비교 분석하였다. Null 심볼이 존재할 경우가 null 심볼이 없는 경우와 비교하여 1.12배의 전력 감소 달성이 가능하지만, null 구간으로 인하여 15.8 Mbps의 전송 용량 손실이 발생한다. 이는 20개의 OFDM 심볼 기준이며, 더 많은 OFDM 심볼을 사용할 경우에는 전송 용량을 증가시킬 수는 있다.

TDM-QPSK 광대역 신호를 사용할 경우 주파수 재사용 변경을 통하여 저비용 방송망 구축이 가능할 것으로 예상되지만 전송 용량은 기존 시스템에 비하여 부족한 것을 확인하였다. 향후 QPSK보다 높은 변조 방식을 사용하여 추가적인 실험을 진행하여 현재 시스템과 유사한 전송 용량으로 저비용 방송망 구축이 가능할지에 대해서 분석하고자 한다.

ACNOWLEDGMENT

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(2017-0-00081, 초고품질UHD(UHQ) 전송기술개발)

참고문헌

- [1] 조속희, 전동산, 최진수, “UHDTV 기술 및 표준화 현황,” TTA Journal vol.140, pp 49-54
- [2] 강인용 , 김영민, 서재현, 김홍목, 김형남, “ DVB-T2 기반의 UHDTV 방송을 위한 초고차 정상 변조방식의 비트 인터리버 설계,” 한국통신학회논문지 , vol. 39A, no.4, pp. 195-205, 2014년 4월.
- [3] E. Stare, J.J. Giménez, P. Klenner, “WIB: a new system concept for digital terrestrial television (DTT),” IBC 2016 Conference Proceedings.
- [4] Y. S. Cho, J. Kim, W. Y. Yang, and C. G. Kang, “MIMO-OFDM Wireless Communications With MATLAB,” John Wiley & Sons (Aisa) Pte Ltd, pp. 153-177, 2010