

시분할 다중화 기법을 사용한 단일 광대역 신호 전송에 대한 연구

허규민, 김호재, 배재휘*, 허남호*, 김형남[Ⓞ]
 부산대학교, 한국전자통신연구원*

hnkim@pusan.ac.kr[Ⓞ]

A Study on Wideband Transmission using Time Division Multiplexing

Gyumin Heo, Ho Jae Kim, JaeHwui Bae*, Namho Hur*, Hyoung-Nam Kim[Ⓞ]
 Pusan National Univ., ETRI*

요약

디지털 지상파 방송의 송신기 제작 비용 및 유지 비용을 절감하기 위하여 송신 안테나 및 송신 사이트를 공유하는 방법이 연구되고 있다. 그러한 방법의 하나로 현재 지상파 방송 시스템의 UHF(ultra high frequency) 전체 대역을 사용하는 방법이 제안되었으나, 모든 송신기가 동일한 주파수를 사용할 경우 인접한 송신기와의 간섭 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 송신 과정에서 시분할 다중화(time division multiplexing, TDM)를 적용하여 간섭 문제를 해결하는 방법이 고려되고 있다. 이에 본 논문에서는 시분할 다중화를 적용한 단일 광대역 신호 전송 기법을 적용하여 현재 지상파 방송시스템과 유사한 전송 용량을 가지는 변조 차수에 대한 결과를 도출하고, 각각의 변조 차수에서 요구되는 C/N 및 전송 용량을 비교 분석한다.

I. 서론

현재의 디지털 지상파 방송 시스템 네트워크는 고차 변조 신호(256-QAM)를 사용하여 높은 전송 용량을 달성한다. 그러나 고차 변조 신호를 사용할 경우 높은 CNR(carrier to noise ratio)이 요구되기 때문에 높은 전력의 사용이 불가피하며, 이에 따라 송신기 설계 과정 및 유지에 많은 비용이 요구된다[1].

이러한 문제를 해결하기 위해 모든 송신기가 송신 안테나 및 송신 사이트를 공유함으로써 사용되는 부품의 수를 줄이고 설치 비용을 절감하고, 또한 유지보수 및 수리에 사용되는 비용을 절감하여 저비용으로 방송망 구축이 가능하다. 송신 안테나 및 송신 사이트 공유 방법의 하나로 UHF(ultra high frequency) 전체 대역을 사용하는 방법이 제안되었다[1-2].

그러나, 단일 광대역 신호를 사용할 경우 인접한 송신 사이트와 동일한 주파수 대역을 사용하기 때문에 간섭 문제가 발생한다. 이러한 간섭 문제 해결을 위하여 시분할 다중화 방식(time division multiplexing, TDM)을 적용한 단일 광대역 신호 전송 방법이 제안되었다[3]. TDM 을 적용하면 시간이 분할된 만큼 전송 용량이 감소되는 문제가 발생하므로, 현재의 방송시스템과 동일한 전송 용량을 획득하기 위해 사용되는 변조 차수에 대한 연구가 필요하다.

이에 본 논문은 TDM 을 적용한 단일 광대역 신호 전송 방법을 적용하여 현재의 지상파 방송 시스템과 동일한 전송 용량을 만족하는 변조 차수를 도출하고, 각 상황에서의 전송 용량 차이를 비교 분석한다.

II. TDM 을 적용한 단일 광대역 신호 전송 기법

저비용 방송망 구축을 위하여 단일 광대역 신호를 사용할 경우 인접한 송신기와 간섭 문제가 발생하며,

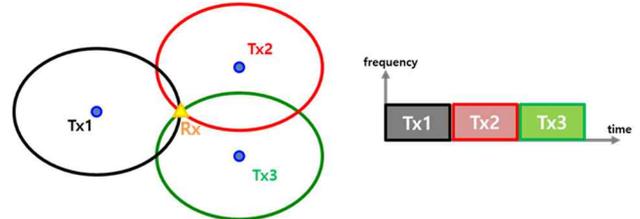


그림 1. TDM 을 적용한 세 대의 송신기에서의 송신 신호 모식도

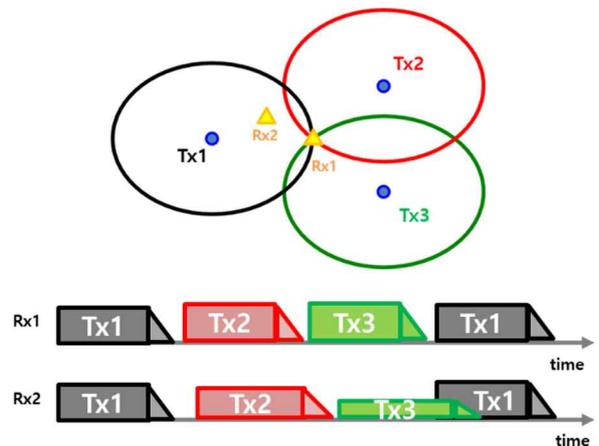


그림 2. 수신기의 위치에 따른 수신 신호 모식도

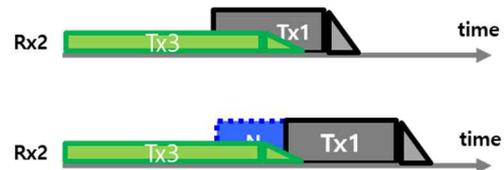


그림 3. Null 신호의 유무에 따른 수신 신호 모식도

이를 해결하기 위해 그림 1 과 같이 TDM 을 적용하여 단일 광대역 신호를 송신한다. 그러나, 그림 2 의 Rx 2 와

표 1. 수신기 위치에 대한 간섭 신호 파라미터

수신기 위치 (km)	샘플 차	시간 차 (μs)	간섭 신호 세기(dB)
[0,0]	0	0	0
[-28,0]	40789	150	-8.8
[-34,0]	51022	185	-11.2
[-41,0]	61202	226	-14.2
[-47,0]	70841	262	-18

같이 수신기의 위치가 달라질 경우 신호의 도달시간 차이로 인하여 시간 지연이 발생하며, 이로 인하여 간섭 신호가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 그림 3 과 같이 null 신호(청색)를 송신 신호에 삽입하여 전송하면 간섭 신호에 대한 영향이 감소한다[3].

III. 모의실험

모의실험은 송신기의 셀 반경을 75km 로 설정하고 실험을 진행하였다. 채널은 Cost 207 TU 6 채널 모델을 사용하였으며, 32K-FFT, OFDM symbol 6 개 ($6 \times 122.2 \mu\text{s}$)와 보호구간의 길이는 1/32, 유효 대역폭은 223MHz 를 사용하였다.

수신기의 위치는 첫 번째 송신기와 중심을 연결하는 선 상에 배치한다고 가정하였다. 수신기는 중심을 기준으로 10000sample 의 시간 간격으로 배치하였다. 중심 지점과 null 신호의 길이를 고려해 가장 성능 저하가 큰 수신기 위치에 대한 실험을 진행하였다. 수신기의 위치에 따른 시간 차 및 간섭 신호의 세기를 표 1 에 정리하였다. 시간 차는 식 (1)을 통해 계산하였다.

$$\tau_{delay} = \frac{d_i - d_j}{c} \quad (1)$$

여기서 d_m 은 m 번째 송신기와 수신기 사이의 거리이고 c 는 전파 속도로 $2.99 \times 10^8 (m/s)$ 이다. 주 신호의 세기 대비 간섭 신호의 세기는 로그 거리 경로 손실(log-distance path loss) 모델을 사용하였으며 식(2)를 통해 계산하였다.

$$P_{Txj} = (d_i/d_j)^n \times P_{Txi} \quad (2)$$

여기서 P_{Txm} 은 m 번째 송신기에서 송신된 수신 신호의 세기이다. n 은 신호의 감쇠 계수로 본 실험에서는 도심을 기준으로 하여 $n=3$ 으로 설정하였다.

그림 4 는 16-QAM(code rate: 4/5)의 변조 방식에 null 신호의 길이가 $148 \mu\text{s}$ 일 경우 요구되는 CNR 에 따른 BER 성능 분석 결과이다. 중심 위치를 기준으로 약 30~35km 부근에서 0.8dB 의 성능 열화가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 송신기 당 전송 용량은 $[733.2 \mu\text{s} / \{733.2 \mu\text{s} \times (1+1/32) + 148 \mu\text{s}\}] \times 3.2 \text{ bps/Hz}$ (스펙트럼 효율) $\times 223 \text{ MHz}$ (대역폭) / 3(송신기 개수) = 192.9Mbps 이다.

그림 5 는 64-QAM(code rate: 1/2)의 변조 방식에 null 신호의 길이가 $74 \mu\text{s}$ 일 경우의 성능 분석 결과이다.

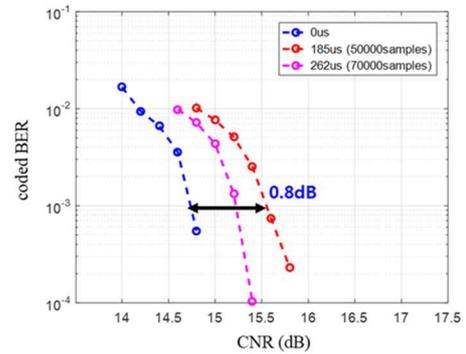


그림 4. 16-QAM(code rate: 4/5), Null 신호 $148 \mu\text{s}$ 일 경우, CNR 에 따른 BER 성능

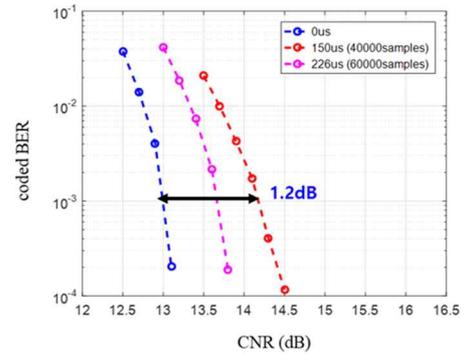


그림 5. 64-QAM(code rate: 1/2), Null 신호 $74 \mu\text{s}$ 일 경우, CNR 에 따른 BER 성능

중심을 기준으로 약 25~30km 지점에서 1.2dB 의 성능 열화가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 송신기 당 전송 용량은 $[733.2 \mu\text{s} / (3.8 \mu\text{s} + 733.2 \mu\text{s} + 74 \mu\text{s})] \times 3 \times 223 / 3 = 195.6 \text{ Mbps}$ 이다.

IV. 결론

본 논문에서는 저비용 방송망 구축을 위하여 TDM 을 적용한 단일 광대역 신호 전송 기법에 대한 연구를 진행하고, 현재 방송 시스템과 유사한 전송 용량을 가지는 변조 차수에 대한 연구를 진행하였다. 16-QAM(code rate: 4/5)을 사용했을 경우 192.9Mbps 의 전송 용량을 가지며, 64-QAM(code rate: 1/2)을 사용할 경우 195.6Mbps 의 전송 용량을 달성하는 것을 확인하였다. 64-QAM(code rate: 1/2)의 경우 16-QAM(code rate: 4/5)에 비해 요구되는 CNR 측면에서 약 1.3dB 우수한 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-0-00081, 초고품질 UHD (UHQ) 전송기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] E. Stare, J. J. Giménez, P. Klenner, "WIB:a new system concept for digital terrestrial television (DTT)," IBC 2016 Conference Proceedings.
- [2] E. Stare, J. J. Giménez, P. Klenner, "WIB-A New System Concept for Digital Terrestrial Television (DTT)," EBU Technology & Innovation Technical Review, 06.Mar.2017
- [3] 김호재, 허규민, 배재휘, 허남호, 김형남, "저비용 방송망 구축을 위한 주파수 재사용에 대한 연구," 대한전자공학회 2017년도 추계학술발표회, 인천, 2017년 11월, pp. 366-369