

SFN 및 OCR의 간섭영향에 관한 연구

최성웅*, 이형수*, 오우진

*한국전자통신연구원 전파방송연구소

금오공과대학교 전자공학부

A Study on the Interference in Single Frequency Network and On Channel Repeater

Sung-Woong Choi*, Hyung-Soo Lee*, Woo-Jin Oh

ETRI, Radio & Broadcasting Tech. Lab

swchoi@etri.re.kr

Dept. of EE, Kumoh National Institute of Technology

wjoh@kumoh.ac.kr

요 약

대부분의 디지털 방송 시스템에서는 한정된 지상파 주파수 자원 때문에 최소한의 주파수 자원을 사용하는 SFN 또는 OCR 등의 기법을 제공하고 있다. 본 논문에서는 미국 ATSC 방식의 OCR과 유럽의 DVB-T 방식의 SFN에 대한 특성을 연구 분석하고 중계기 및 송신기의 위치에 따른 수신영역을 시뮬레이션 하기 위한 방안을 제시한다.

ABSTRACT

SFN (Single Frequency Network) and OCR (On Channel Repeater) are often considered for the efficiency of frequency allotment in digital TV. In this paper, we discuss the performance and evaluate some coverage criterions for SFN and OCR. Also, we propose MATLAB simulator for coverage planning and estimation.

키워드

SFN, OCR, ATSC, DVB-T

1. 서 론

방송은 대량의 정보를 많은 사람에게 전달할 수 있는 집단통신의 효율적인 방법으로 오랜 기간동안 사용되어 왔다. 많은 정보의 전달과 다양한 소비자의 욕구를 만족시키기 위하여 최근에는 다양한 디지털 방송 기술이 도입 및 연구되어 상용화 또는 시험 서비스 중에 있다. 이러한 새로운 방송 방식의 도입은 기존의 방송 시스템과 일정기간 공존해야 하므로 기존의 주파수와 다른 주파수의 할당이 요구되고 있다.

대부분의 디지털 방송 시스템에서는 한정된 지상파 주파수 자원 때문에 최소한의 주파수 자원을

사용하는 SFN(Single Frequency Network) 또는 OCR(On- Channel Repeater) 등의 기법을 제공하고 있다. 따라서 국내에서도 국내 주파수 환경을 고려한 간섭 및 셀 배치를 위한 단일주파수망에 대한 연구 및 분석이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 미국 ATSC[3][6] 방식의 OCR과 유럽의 DVB-T[1][2] 방식의 SFN을 국내에 적용하기 위한 방안을 연구 분석하고, 중계기 및 송신기의 위치에 따른 수신 영역을 시뮬레이션 하기 위한 방안을 제시한다. 각각의 방식에서 서비스 영역에 영향을 미치는 거리 차에 따른 수신 시간차나 채널에 따른 감쇄 등의 외부적 요인과 변조 방식에 따른 파라미터 등의 내부적 요인을 고려한 시뮬레이

터를 개발하였다.

II. 디지털TV 규격

2.1 유럽방식(DVB-T)

유럽의 DVB-T 시스템의 변조방식인 COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 이미 개발에 성공한 Eureka-147 DAB의 전송방식을 TV채널에 적용한 것으로 각종 잡음에 강하고 특히 다중 경로 간섭에 강한 것으로 알려져 있다. 범 세계적인 디지털 방송 규격을 만들어 보급하는 DVB에서 이를 DVB-T로 지상방송에 채택함으로써, 유럽의 7.8MHz 지역뿐만 아니라 6MHz 지역에서도 사용이 가능한 국제적인 규격이다.

OFDM 기술은 Carrier의 수에 따른 두 가지 옵션 (2k-mode or 8k-mode)을 가지며, 세 가지의 변조기술 (64-QAM, 16-QAM, QPSK)과 다른 보호구간(Guard Interval)을 가진다.

보호구간은 연속되는 OFDM symbol 사이에 삽입되며, 커버지역의 크기에 따라 요구되는 보호구간의 길이가 결정된다. 보호구간의 길이는 표1과 같으며, 선택한 FFT 길이에 따라 DVB-T 규격이 지정된다.

표 1. Specified length of the guard interval(6MHz)

length of the useful interval	Length of the guard interval	
	8k-mode	2k-mode
1/4	298 μ s	74 μ s
1/8	149 μ s	37 μ s
1/16	74 μ s	18 μ s
1/32	37 μ s	9 μ s

송신국간의 거리가 매우 큰 네트워크는 큰 보호구간이 적합하고, 반대로 local 방송의 경우에는 작은 보호구간이 적합하다.

우리나라와 같은 6MHz 지역은 대역폭을 조정하여 사용하며, 이에 대한 규격은 EBU에서 발표된 바 있다. 6MHz로 조정하였을 때 약간의 전송율이 감소하나 HDTV를 전송할 수 있는 19.39Mbps 이상을 확보할 수 있다.

2.2 미국방식(ATSC)

ATSC(Advanced Television System Committee)는 아날로그 방식인 NTSC(National Television System Committee)에서 발전된 형태로, NTSC 방송기술에서 축적된 노하우를 최대한 살려 동일한 주파수 대역폭(6MHz)에서 디지털 방식으로 구현한 시스템이다.

ATSC는 VSB 변조방식을 사용하며, 고스트 등 간섭신호가 없는 상태에서 노이즈 레벨보다 신호 레벨이 15dB 이상만 높다면 화면수신이 가능하여

작은 출력으로 넓은 서비스 구역의 확보가 가능하다는 것이다. 또한 자동차의 점화기나 선풍기, 드라이어 등의 모터에서 발생하는 임펄스 잡음에 대해서도 강인하다.

VSB 시스템의 가장 중요한 특징은 QAM에서 사용하고 있는 역압 반송파 대신 작은 파일럿을 사용한다는 것이다. 이 파일럿은 NTSC 스펙트럼의 Nyquist 경사 부분에 위치하여 NTSC 방송에 미치는 동일 채널 간섭을 최소화하도록 하고 있다. 다른 채널 손상이 없다면 이 파일럿 신호는 0dB 신호 대 잡음비(SNR)까지 수신 가능하고, 고스트 또는 동일 채널 간섭과 같은 열악한 상황에서도 신호를 용이하게 수신할 수 있도록 해준다.

III. SFN(Single Frequency Network)

3.1 SFN 정의

기존의 아날로그 TV는 송신타워의 전파가 도달할 수 없는 다른 지역에서는 똑같은 TV 프로그램을 방송하기 위하여 송신타워와 다른 주파수의 채널로 서비스하는 송·중계소가 있다. 전국적인 방송을 위해서는 수백 개의 송신소가 설치되어 많은 주파수가 사용되고 있다. 이것을 MFN(Multi Frequency Network)이라 한다.

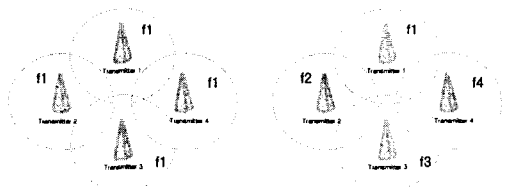


그림 1. Single Frequency Network and Multi Frequency Network

1980년 후반부터 유럽이나 일본에서는 OFDM 변조방식을 이용해 같이 인접하는 가시청 구역에서 같은 송신 주파수를 사용하는 기술이 검토되어 왔는데 이것이 SFN이다. MFN과 달리 SFN에서는 모든 송신기들이 GPS를 이용하여 동기화 된 동작을 해야한다. 동기에는 크게 주파수 동기와 시간, 비트 동기로 나누어지는데, 동기가 맞지 않으면 동일한 신호가 아닌 자기 간섭 신호로 인식하게된다.

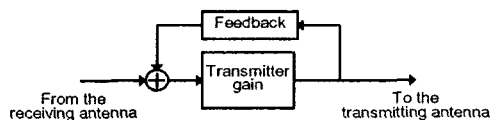


그림 2. principle of a Re-transmitter (Gap-filler)

SFN의 유일한 특징은 다음과 같다.

- Gap-filling 가능성
- 작은 주파수 재사용 거리
- 스펙트럼 효율
- 파워 효율
- 고르게 분포하는 커버리지
- 증가하는 커버리지의 가능성

Gap-filling은 서비스 지역 내에 터널 안에서와 같은 음영 지역을 위한 재송신을 말한다. 즉, 그림 2와 같이 지역(Gap)의 바깥에서 방향성을 가진 안테나로 신호를 추출하여 필터링하고 증폭한 후 같은 주파수로 Gap 지역에 다시 전송하는 것으로 ATSC의 단순 중계기와 유사하다. 또한 그림 3과 같이 주 송신기의 coverage를 확대하는 것도 가능하다.

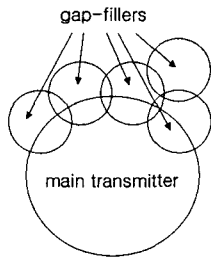


그림 3. Gap-fillers fed from main transmitter

SFN의 또 다른 특징중의 하나는 보호구간을 많이 사용함으로써 자연적으로 발생한 다중 경로 간섭뿐만 아니라 인위적인 0dB echo도 제거할 수 있다.

3.2 SFN 시뮬레이터

SFN에서는 송수신기간의 거리, 변조방식, 부호화율, 보호구간에 따라 수신 가능 영역을 예측해야 한다. 먼저 수신 신호들의 도달 시간차가 보호구간 이내인 경우의 수신 영역은 단순히 송수신기간의 전파 경로차에 의해 결정된다.

그러나 도달 시간차가 보호구간을 초과할 경우에는 두 신호가 서로 노이즈로 작용하게 되므로 변조방식, 부호화율, 채널특성 등에 따른 C/N비로 수신영역이 결정되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 SFN의 수신 가능 영역을 시뮬레이션 하기 위하여 위의 두 가지 사항을 고려하여 다음과 같이 설계하였다.

- 입력
 - 송신기 : up to 3, 위치, 송신전력
 - 전송모드 : 모드별 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 보호구간
 - 변조방식 : QPSK, 16-QAM, 64-QAM

- 부호화율 : 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
- 채널 : Gaussian, Ricean, Rayleigh
- 결과
 - 각각의 송신기가 미치는 전력과 거리
 - 송신기로부터 미치는 전력 차
 - 파라미터에 따른 수신 가능구역

그림 4와 같이 두 송신국에서 30KW의 동일한 전력을 송신할 경우, 왼쪽 그림과 같이 두 송신국으로부터 수신되는 전력 차의 분포를 알 수 있다. 그림 5는 장애물이 존재할때의 수신되는 전력 차의 분포를 나타내었다.

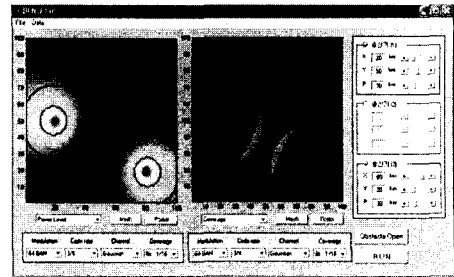


그림 4. SFN 시뮬레이션(전력 차와 수신가능 영역)

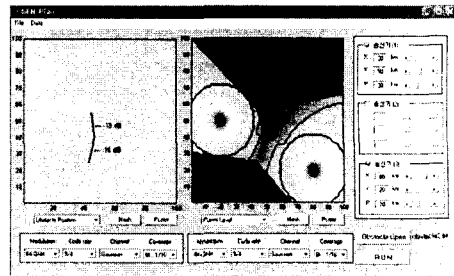


그림 5. SFN 시뮬레이션(장애물 추가 시)

IV. OCR(On Channel Repeater)

4.1 OCR 정의

OCR[4][5]에는 단순중계기와 재생중계기가 있다. 단순중계기는 송신국의 신호를 수신하여 이를 필터링하고 증폭하여 중계하는 방식이다. 중계지역에서의 수신신호는 주 송신국에서 전달되는 신호와 중계기로부터 전달되는 신호가 존재하며, 각각은 시간 지연이 있는 multi-path 신호로 간주된다.

재생중계기는 송신국 신호를 수신하여 이를 저대역까지 완전히 복조 한 후, 재 변조하여 중계하므로 중계지역의 수신지점에서 보면 송신국에서 입력되는 신호와 중계기로부터 입력되는 신호는 서로 상관관계가 없는 부가잡음인 동일채널 간섭으로 나타난다.

4.2 OCR 시뮬레이터

OCR에서는 주 송신기와 중계기의 거리와 중계기의 Isolation에 따라 수신가능 영역을 예측해야 한다. 재생중계기는 송신국 신호를 수신하여 이를 기저대역까지 완전히 복조 한 후, 재 변조하여 중계하므로 많은 시간이 지연된다. 따라서 본 논문에서는 단순중계기만을 고려한다.

본 논문에서는 OCR의 수신 가능 영역을 시뮬레이션 하기 위하여 위 사항을 고려하여 다음과 같이 설계하였다.

- 입력
 - 송신기 : 위치, 송신전력
 - 중계기 : up to 2, 위치, 송신전력

- 결과
 - 송신기와 중계기가 미치는 전력과 거리
 - 송신기와 중계기로부터 미치는 전력 차
 - Pre-ghost와 Post-ghost의 지역

그림 6와 같이 하나의 송신국과 2곳의 중계기에서 각각 9KW와 900W의 전력으로 송신할 경우, 왼쪽 그림과 같이 주 송신국 주변이 전력 차가 크게 나는 것을 알 수 있다. 그러므로 오른쪽 그림에서와 같이 수신 가능한 영역은 중계기 주변의 일부지역과 송신기 부근이 수신 가능함을 알 수 있다. 중계기에서 재 전송하는 신호는 주 송신기에서 보내는 신호와 서로 노이즈로 작용하여 수신이 매우 어려움을 알 수 있고, 여기에 그림 7의 왼쪽 그림과 같이 장애물을 추가했을 경우에는 우측 중계기 부근의 전력 차가 증가한 것을 볼 수 있다.

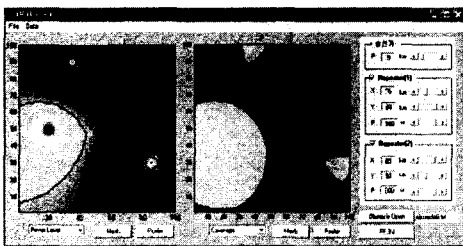


그림 6 OCR 시뮬레이션 (전력 차와 수신가능 영역)

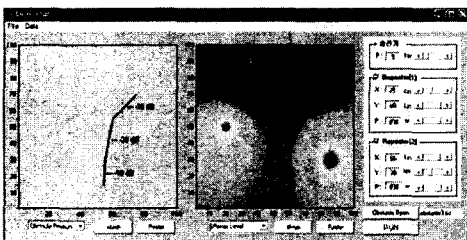


그림 7. OCR 시뮬레이션(장애물 추가시)

V. 결론

본 논문에서는 한정된 국내 주파수 자원을 활용할 수 있는 SFN과 OCR에 대하여 비교 분석하고 각각에 대해 수신 범위를 예측하기 위한 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 SFN용은 전송모드별 보호구간과 변조방식, 부호화에 따른 채널별 요구 C/N비를 고려하였고 OCR용은 중계기 전력에 따른 Isolation과 송신기와 중계기의 거리를 고려하였다.

현재 제안된 시뮬레이터는 기본적인 전파모델을 이용하여 장애물의 영향을 고려하지 않은 단순 모델로 가정하였으나, 향후에는 비 가시거리(Non-Line of Sight)인 경우나 간단한 지형적 요인을 고려할 수 있도록 확장할 예정이다.

참고 문헌

- [1] EN 300 744 V1.4.1 "Digital Video Broadcasting (DVB) ; Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", 2001.
- [2] TR 101 190 V1.1.1 "Digital Video Broadcasting (DVB) ; Implementation guidelines for DVB terrestrial services ; Transmission aspects", 1997.
- [3] ATSC Revision 1.0 "Performance Assessment of the ATSC Transmission System, Equipment and Future Directions", 2001.
- [4] ETRI, "DTV 동일채널 중계기", 2000.
- [5] ETRI, "지상파 재생 OCR 현장시험 결과서", 2000.
- [6] ATSC, " Guide to the use of the ATSC Digital Television Standard", Doc. A/45, 1995.