

디지털 지상파 TV 신호간 간섭보호비를 이용한 시스템 파라미터 결정

이일근*, 김택환*, 박재홍**, 송영중*

*한남대학교 전자공학과, **한국전자통신연구원

xorghks@ee.hannam.ac.kr

Parameter Determination of Digital Terrestrial TV System Using Protection Ratios for Digital TV

Ill-Keun Rhee*, Taek-Hwan Kim**, Jae-Hong Park**, Young-Joong Song*

*Dept. of Electronic Engineering Hannam University, **ETRI

Abstract

This paper presents a method to determine the rolloff factors of both the digital terrestrial TV modulator and the bandpass filter (BPF) at the digital TV receiver input, using an analytical power spectral density model satisfying given co-channel and adjacent channel protection ratios for the digital terrestrial broadcasting services. Since the proposed method is very simple and effective to use, also can be used regardless of type of systems or modulation techniques, this method is expected to be applied to select some other digital terrestrial broadcasting system specifications.

1. 개요

고품질 및 다양한 서비스를 위한 사용자들의 요구 충족 및 주파수 자원 이용효율의 증대를 위한 방안으로서 최근 디지털 TV 방송에 대한 연구가 우리나라를 포함한 전세계 선진국들에서 활발히 진행되고 있다[1-3]. 하지만 디지털 지상파 방송 서비스를 도입, 제공하기 위해서는 디지털 방송을 위한 전송방식 및 하드웨어들의 제원 결정과 함께 채널배치 등의 문제가 먼저 고려되어야 한다.

이를 위하여 본 논문에서는 디지털 지상파 TV 방송간의 동일 및 인접채널 간섭보호비를 설정한 후, 이들로부터 디지털 지상파 방송신호의 전력스펙트럼(PSD)을 도출하고, 이를 이용하여 디지털 TV의 제원을 효율적으로 결정할 수 있는 예로서 디지털 방송용 송수신 장치의 롤오프율을 결정하는 방법을 제안하였다.

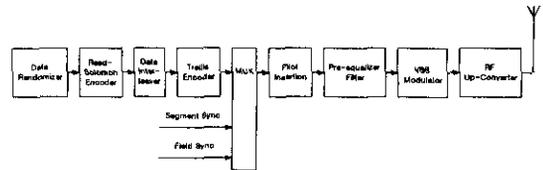


그림 1. G-A HDTV 지상파방송용 송신 시스템

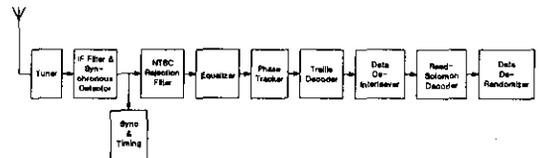


그림 2. G-A HDTV 지상파방송용 수신 시스템

2. Grand Alliance HDTV 시스템

국내의 디지털 지상파 TV 방송을 위한 변조방식은 미국과 같은 8-VSB 변조방식이 될 것이므로, 본 논문에서는 8-VSB 변조방식을 사용하는 Grand Alliance (G-A) HDTV 지상파 방송용 시스템과 그 표준[4]을 기본으로 하여 얻어진 데이터들을 사용하여 디지털 방송신호를 모델링하였다. 하지만 본 논문에서 사용되는 알고리즘은 어떠한 변조방식을 사용하는 디지털 TV 방송용 시스템에도 적용될 수 있으며, 여기서는 편의상 G-A 간류측대파(VSB) 디지털 방송시스템을 택하여, 그 실험 결과를 인용하여 사용하였다. 그림 1과 2는 본 논문에서 예로 사용한 G-A HDTV 지상파방송용 송수신 시스템의 기

G-A HDTV 시스템은 지상파방송모드와 고속 데이터용 케이블 모드의 두가지로 구분된다. 지상파방송 모드는 현재 사용되지 않는 금지된 NTSC 채널들을 포함한 모든 NTSC 채널상에서 디지털 지상파 TV 신호를 전송한다. 또한 이 모드는 한 채널 신호를 6MHz 채널내에서 지원한다. VSB 전송 시스템은 파이롯, 세그먼트동기, 그리고 학습데이터열의 확실한 취득 및 동작을 한다는 장점을 가진다. 또한 순방향 에러 정정(FEC : Forward Error Correction)을 위하여 R-S 코드를 사용한다.

서비스영역을 최대로 하기 위하여, 지상파방송 모드는 NTSC 제거필터(수신측)와 트렐리스 코딩(Trellis Coding)을 활용한다. 수신측에서 NTSC 제거필터가 가동될때 트렐리스 디코더는 이 필터와 연결된 트렐리스 인코더의 코드에 대응되는 트렐리스 코드로 변환된다.

VSB 전송은 본질적으로 동상(I : In-phase) 채널처리만이 요구되므로 심볼율로 표본화되고, 따라서 낮은 수신기 구성을 통한 최적화 실현이 가능하다.

표 1은 위에 언급한 디지털 VSB 지상파방송 전송모드를 위한 파라미터들을 나타낸다.

표 1. DTV 시스템을 위한 VSB 지상파방송 전송모드에 대한 파라미터들

Parameter	Terrestrial Mode
Channel bandwidth	6 MHz
Excess bandwidth	11.5%
Symbol rate	10.76 MSPS
Bits per symbol	3
Trellis FEC	2/3 rate
Reed-Solomon FEC	T=10(207,187)
Segment length	832 Symbols
Segment sync	4 symbols per segment
Frame sync	1 per 313 segments
Payload data rate	19.39Mb/s
NTSC co-channel rejection	NTSC rejection filter in receiver
Pilot power contribution	0.3dB

3. 디지털 방송신호 PSD 모델링

간섭보호비(PR : Protection Ratio)란 '수신기 출력에서 규정된 수신품질등 특정조건을 만족하도록 유지해 주는 수신기 입력측에서 얻어진 회방신호전력 대 간섭신호전력비(주로 [dB]로 표시)의 최소값'으로 정의된다[5].

그림 1과 2와 같은 디지털 G-A HDTV 시스템과 NTSC방식의 아날로그 시스템의 사용하여 얻어진 아날로그 및 디지털

방송신호사이의 동일채널 및 인접채널 간섭량에 대한 실험결과[6]가 표 2와 같이 정리되어 있다.

본 연구에서 제안된 동일채널 및 인접채널 간섭보호비를 만족하는 디지털 방송신호의 PSD를 유도하는 과정이 그림 3에 나타나 있으며, 이를 대하여 살펴보면 다음과 같다.

표 2. 아날로그 및 디지털 방송신호사이의 동일채널 및 인접채널 간섭량에 대한 실험결과

	Target Specification	Measured Value
C/N	< 15.6	+ 15.19
동 일 채 널	D → A	< 36.5
	A → D	< 3.5
	D → D	< 16.6
인 접 채 널	Lower D → A	< -14.5
	Upper D → A	< -12.5
	Lower A → D	< -41.5
	Upper A → D	< -43.0
	Lower D → D	< -37.5
	Upper D → D	< -37.5

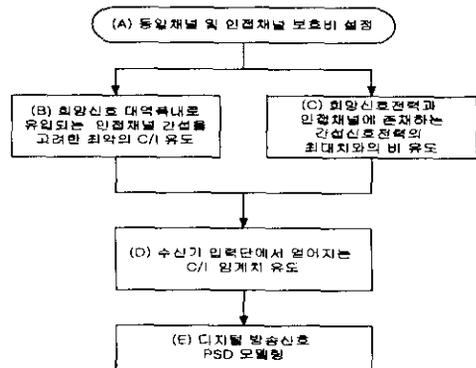


그림 3. 간섭보호비를 만족하는 디지털 방송신호 PSD 모델링 과정의 순서도

(A) 동일채널 및 인접채널 간섭보호비 설정 :

표2의 실험결과로부터 디지털 방송채널을 위한 동일채널간섭(CCI : Co-channel Interference)보호비를 15dB로, 상인접채널(UAC)과 하인접채널(LAC)의 간섭보호비를 -42dB로 각각 정한다. 이 보호비값들은 시스템 운용환경에 따라 변화할 수 있는데, 이들 값들이 달라질 경우에도 그림 3에서와 동일한 과정을 거쳐, 정해진 동일채널 및 인접채널 보호비를 만족하는

디지털 지상파 방송 변조신호의 PSD를 얻어낼 수 있다.

(B) 희망신호 대역폭내로 유입되는 인접채널 간섭을 고려한 최악의 C/I 유도 :

희망신호의 대역폭(6MHz)내에 유입되는 허용가능한 인접 채널간섭(ACI)의 최대값은 동일채널 무선주파수보호비인 15dB를 만족하여야 하므로 최악의 경우를 고려하여 그 임계치를 취하면 다음과 같은 식을 얻는다.

$$\frac{C}{I_1 + I_2} = 10^{1.5} \quad (1)$$

여기서, C = 희망신호 대역폭내의 희망신호전력,

I₁ = UAC로부터 희망신호 대역폭내로 유입되는 간섭신호 전력,

I₂ = LAC로부터 희망신호 대역폭내로 유입되는 간섭신호 전력.

(C) 희망신호전력과 인접채널에 존재하는 간섭신호전력의 최대치와의 비 유도 :

인접채널에 존재하는 간섭신호전력의 최대치는 ACI 보호비인 -42dB를 초과하면 안되므로 그 임계치를 취하면 식(2)와 같이 된다.

$$\frac{C}{I} = 10^{-4.2} \quad (2)$$

여기서, I = 희망신호의 UAC 또는 LAC에 존재하는 간섭신호 전력.

(D) 수신기 입력단에서 얻어지는 C/I 임계치 유도 :

이제 식(1)과 (2)를 결합하면 다음 식(3)을 얻을 수 있다.

$$\frac{I}{I_1 + I_2} = 10^{5.7} \quad (3)$$

여기서, I = 희망신호의 UAC 또는 LAC에 존재하는 간섭신호전력으로서 희망채널내 희망신호전력값과 같아짐.

식(3)은 인접채널의 보호비인 -42dB를 근거로 하여 수신기 입력단에서 얻어지는 C/I 비의 임계치가 57dB 임을 나타내고 있다.

(E) 디지털 방송신호 PSD 모델링 :

디지털 방송신호는 앞에서 설명한 인코딩과정을 거쳐 8-VSB 변조된다. 이때 변조된 신호의 주파수대역폭은 5.38MHz 이고, 이는 6MHz 채널대역폭(B)내에서 정해진 심볼율(1/T_s)을 가지고 전송된다. 한편 8-VSB 변조기와 수신기 BPF는 다음 식(4)와 같은 동일한 주파수특성을 가지는 루트상승코사인 필터들을 사용한다.

$$H(f) = \begin{cases} 1 & ; |f-B| \leq f_1 \\ \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \cos \left[\frac{\pi(f-B-f_1)}{2f_2} \right] \right]} & ; f_1 < |f-B| \leq B \\ 0 & ; |f-B| > B \end{cases} \quad (4)$$

여기서, B = 채널대역폭,

$$f_2 = B - f_0,$$

$$f_1 = f_0 - f_2,$$

$$r \equiv (f_2/f_0) = \text{롤오프율}.$$

수신기필터를 통하여 얻어낸 신호의 PSD는 채널대역폭의 엣지부분을 제외한 전대역에 걸쳐 일정한 값을 가지는 형태를 가진다. 해석상의 편의를 위하여 최대치 1로 규준화 한 후, 식(3)을 만족하는 PSD 모델을 얻어내면 그림 4와 같다.

4. 보호비를 이용한 시스템 파라미터 결정

이제 앞에서 얻어진 디지털 신호간 간섭보호비를 만족하는 디지털 신호 PSD를 이용하여 시스템 파라미터를 결정하는 예를 살펴본다.

그림4의 스펙트럼 꼴은 송수신기의 롤오프율과 데이터전송율에 따라서 변화하며, 따라서 데이터전송율이 주어진 경우 송수신기의 롤오프율의 한계를 그림 5와 같은 불럭도에 따라 결정할 수 있게 된다. 그림 5와 같은 불럭도에 의해 얻어진, 심볼율에 따른 송수신기의롤오프율의 한계를 종합하여 표 3과 그림 6에 나타내었다.

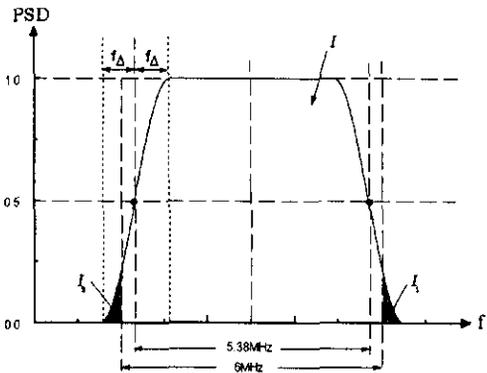


그림 4. 디지털 신호간 보호비를 만족하는 디지털 변조신호의 전력스펙트럼

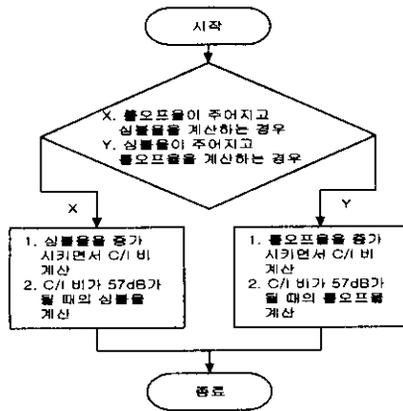


그림 5. 제안된 기법을 이용하여 롤오프율 한계를 결정하기 위한 블럭도

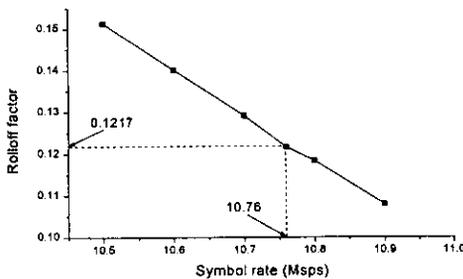


그림 6. 심볼율에 따른 송수신기의 롤오프율의 한계변화 추이

표 3. 심볼율에 따른 송수신기의 롤오프율의 한계

심볼율 (Mps)	롤오프율
10.5	0.1513
10.6	0.1402
10.7	0.1292
10.76	0.1217
10.8	0.1184
10.9	0.1079

여기서 알 수 있듯이 표 1과 같이 심볼율이 10.76MSPS(즉, 변조신호의 주파수대역폭은 5.38MHz)로 주어진 경우에 롤오프율 0.1152인 필터를 사용하면 충분히 식(3)을 만족하지만 이러한 예민한 필터대신 식(3)을 만족하는 롤오프율을 가지는

필터를 사용하기만 하면 되므로, 본 연구에서 제안된 기법을 사용하게 되면 롤오프율이 0.1217이하인 저가의 필터를 사용하여도 디지털 간섭신호에 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 따라서 본 연구결과를 잘 활용하므로써 시스템 설계 및 제작 비용을 절감할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 미국에서 연구된 보고서[6]의 실험결과를 바탕으로한 디지털 지상파 TV 방송간 동일 및 인접채널 간섭보호비를 설정한후, 이들 간섭보호비를 만족하는 디지털 변조신호의 전력스펙트럼모델과 함께 송수신 장치의 롤오프율을 결정하는 방법을 제안하였다. 여기서는 발생된 데이터의 인코딩 및 에러정정을 통하여 이상적인 데이터가 전송된다고 가정하였다.

표 1의 계원을 가지고 전송되는 디지털신호는 0.1152인 정교한 필터 대신, 본 연구에서 얻어진 바와 같이 롤오프율이 0.1217이하인 저렴한 필터를 사용하더라도 수신된 디지털 신호는 간섭신호에 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

따라서 본 연구의 과정 및 결과들은 가까운 장래 디지털 방송 서비스를 제공할 경우에 대비한 디지털 방송방식 및 제원의 선정, 회로설계, 채널배치 및 계획수립등에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

* 본 연구는 1997년도 ETRI 학연공동연구비 지원에 의해 이루어 졌습.

6. 참고문헌

- [1] Zenith Electronics Corp. "VSB Transmission System Technical Details," Dec. 1993.
- [2] B. Floch, et al., "Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex," Proc. IEEE, vol 83, No.6, pp. 982-996, June 1996.
- [3] A Guide to Digital Terrestrial Television Broadcasting in the VHF/UHF Bands, ITU-R Doc. 11-3/3-E, Jan. 1996.
- [4] Grand Alliance HDTV System Specification, Version 2.0, Dec. 1994.
- [5] Appendix 30 (Orb-85), Radio Regulations.
- [6] Technical Subgroup of the FCC Advisory Committee on Advanced Television Service, "Final Technical Report," Oct. 1995.