인접 채널 간섭 제거를 통한 CMMB 수신기의 성능 향상에 관한 연구

유 영 철*

요 약

중국의 디지털 모바일 방송 표준인 CMMB (China Mobile Multimedia Broadcasting)는 기존의 지상파 TV 방송인 Analog 방송과 동일한 주파수 대역 (474MHz ~ 754MHz)을 통해 송출되고 있다. 또한 기존의 Analog 방송의 수신 품질을 위해 디지털 방송의 송출 전력을 기존의 Analog 방송보다 낮게 하여 송출한다. 이러한 현상으로 인해 CMMB 수신기는 CMMB 수신신호와 인접하는 대역에 존재하는 Analog 방송 신호 영향을 받게 된다. 또한 셀의 경계에 있는 지역에서 CMMB 채널이 서로 인접해 있을 경우 수신기는 원하는 CMMB 신호 수신에 영향을 받게 된다. 이러한 인접 채널 간섭 (ACI : Adjacent Channel Interference)으로 인해 CMMB 수신 성능에 영향을 미치며 이는 CMMB 수신기의 품질이 저하되는 문제로 이어지게 된다. 본 논문에서는 이러한 인접 채널 간섭현상을 간단하게 제거하기 위해 저주파 대역 통과 필터 (LPF : Low Pass Filter)의 차단 주파수를 조정하여 인접 채널에 의한 간섭을 최소화하였으며 이를 통해 CMMB 수신기의 수신 성능이 11.3dB 향상됨을 실험을 통해 알 수 있었다.

A Study on Performance Improvement of CMMB Receiver to Reduce an Adjacent Channel Interference

Young-Cheol Yu*

ABSTRACT

Currently, CMMB(China Mobile Multimedia Broadcasting) and the conventional analog TV broadcasting have transmitted by using UHF(Ultra High Frequency : 474MHz~754MHz) band. Normally, the transmission power of the digital TV broadcasting is lower than the conventional analog TV broadcasting to protect the reception quality of the conventional analog TV broadcasting. The reception sensitivity of CMMB receiver has severely deteriorated due to adjacent the conventional analog TV broadcasting signals which called ACI (Adjacent Channel Interference). To improve the reception sensitivity of a CMMB receiver on ACI environment, this paper proposed a simple method which is tuning a cut off frequency of LPF (Low Pass Filter). From the experiment, the reception sensitivity of CMMB receiver was improved as 11.3dB.

Key words: CMMB, ACI(인접 채널 간섭), Digital Broadcasting(디지털 방송)

1. 서 론

중국의 모바일 디지털 방송 표준인 CMMB(China

Mobile Multimedia Broadcasting)는 광전 중국에 의해 2006년 10월 24일 이동 멀티미디어 표준으로 제정되었다[1]. 주요 대도시들을 중심으로 모바일 방송

※ 교신저자(Corresponding Author): 유영철, 주소: 서울특별시 금천구 가산동 LG전자 MC 연구소 A 캠퍼스, 전화: 010)2293-1885, FAX: 02)2033-3639, E-mail: youngc.yu@gmail.com

접수일: 2011년 9월 26일, 수정일: 2011년 11월 1일
완료일: 2012년 1월 4일

* 정회원, LG전자 Mobile Communications 연구소

서비스를 제공하고 있으며 지역별로 하나 또는 두 개의 UHF 주파수 대역(8MHz)을 사용하여 방송 신호를 송출하고 있다. 또한 CMMB와 마찬가지로 중국 각지에서는 아직도 기존의 아날로그 방송 신호를 UHF 및 VHF 대역을 이용하여 송출하고 있으며 또한 중국의 지상파 디지털 방송 DTMB(Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting)[2] 역시 UHF 대역을 통해 송출되고 있다.

아날로그 방송의 원할 한 수신을 위해 아날로그 방송의 송출이 중단되기 전 까지 디지털 방송의 송출 신호세기를 아날로그 방송 보다 낮게 하여 송출하도록 규제하고 있다. 이는 디지털 방송의 경우 전파환경에 따른 신호의 감쇄에 의해 수신 신호의 감도가 낮아도 오류정정 부호 등을 이용하여 이를 복구할 수 있지만, 아날로그 방송의 경우 오류 정정 부호를 통해 오류 검출 및 복원을 할 수 없기 때문이다.

이러한 전파 채널 환경으로 인해 CMMB 수신기는 수신 받고자 하는 대역에 인접해 있는 아날로그 방송 신호의 간섭으로 왜곡된 신호를 수신하게 된다. 이를 인접 채널 간섭 (ACI : Adjacent Channel Interference) 이라고 한다. 일반적으로 인접 채널 간섭은 원 신호의 주파수와 방해 신호의 주파수 간의 이격 정도와 전파 채널 환경에 의한 영향을 받게 된다[3,4]. 물론 전파 채널 환경의 영향이 없는 상태에서 채널 간 간격이 20MHz 이상 이격되면 인접 채널 간 간섭이 발생하지 않으나[5], 이러한 가정은 현실적으로 불가능하며 표 1 및 표 2를 보면 CMMB 채널과 아날로그 방송 채널 간 이격은 거의 없거나 겹친다. 그리고 이러한 인접 채널 간섭으로 인해 수신기의 성능이 저하된다.

인접 채널 간섭으로 인한 수신기의 성능 저하를 방지하기 위해 다양한 방법들이 제안되었다[6-10]. 참고 문서에 의하면 roll-off 특성이 좋은 필터를 사용하여 인접 채널 간섭을 제거할 수 있지만 이러한 필터의 설계가 어렵고 많은 비용이 소요된다.

Roll-off 특성이 좋은 필터의 설계 및 비용 문제를 해결하기 위해 sampling rate를 높인 ADC(Analog to Digital Converter)를 사용하는 방법도 있다. 이는 기저대역 (baseband) 및 디지털 영역에서 일반적인 필터를 여러 번 사용했을 때 발생하는 aliasing 문제를 해결하여 인접 채널 간섭의 효과를 줄일 수 있다. 하지만 이 방식 역시 고 성능의 ADC 사용으로 인해

표 1. CMMB 방송 채널 및 주파수

채널 번호	중심 주파수 (MHz)
13	474
14	482
15	490
16	498
17	506
18	514
19	522
20	530
21	538
22	546
23	554
24	562
25	610
26	618
27	626
28	634
29	642
30	650
31	658
32	666
33	674
34	682
35	690
36	698
37	706
38	714
39	722
40	730
41	738
42	746
43	754
44	762
45	770
46	778
47	786
48	794

수신 칩의 비용이 증가하고 수신 칩의 구조가 복잡하게 된다.

또한 정합 필터 및 등화기를 사용하여 인접 채널 간섭을 제거하는 방법[8-10]도 있으나 수신 칩의 구조가 복잡해지고 고성능의 신호 처리기가 발생하게 된다. 그리고 이미 양산된 수신 칩에 이러한 기능을 넣기 위해서는 칩의 재설계가 불가피하다. 이러한 칩의 재설계에는 막대한 비용이 소요되고 이를 다시 양산하기 까지 많은 시간이 소요 된다.

본 논문에서는 이러한 인접 채널 간섭으로 인한

표 2. Analog TV 방송의 채널 및 주파수

채널 번호	주파수 (MHz)	Video (MHz)	Audio (MHz)
50	470 - 478	471.25	477.75
51	478 - 486	479.25	485.75
52	486 - 494	487.25	493.25
53	494 - 502	495.25	501.75
54	502 - 510	503.25	509.75
55	510 - 518	511.25	517.75
56	518 - 526	519.25	525.75
57	526 - 534	527.25	533.75
58	534 - 542	535.25	541.75
59	542 - 550	543.25	549.75
60	550 - 558	551.25	557.75
61	558 - 566	559.25	565.75
62	566 - 574	567.25	573.75
63	574 - 582	575.25	581.75
64	582 - 590	583.25	589.75
65	590 - 598	591.25	597.75
66	598 - 606	599.25	605.75
67	606 - 614	607.25	613.75
68	614 - 622	615.25	621.75
69	622 - 630	623.25	629.75
70	630 - 638	631.25	637.75
71	638 - 646	639.25	645.75
72	646 - 654	647.25	653.75
73	654 - 662	655.25	661.75
74	662 - 670	663.25	669.75
75	670 - 678	671.25	677.75
76	678 - 686	679.25	685.75
77	686 - 694	687.25	693.75
78	694 - 702	695.25	701.75
79	702 - 710	703.25	709.75
80	710 - 718	711.25	717.75
81	718 - 726	719.25	725.75
82	726 - 734	727.25	733.75
83	734 - 742	735.25	741.75
84	742 - 750	743.25	749.75
85	750 - 758	751.25	757.75
86	758 - 766	759.25	765.75
87	766 - 774	767.25	773.75
88	774 - 782	775.25	781.75
89	782 - 790	783.25	789.75
90	790 - 798	791.25	797.75
91	798 - 806	799.25	805.75
92	806 - 814	807.25	813.75
93	814 - 822	815.25	821.75
94	822 - 830	823.25	829.75
95	830 - 838	831.25	837.75
96	838 - 846	839.25	845.75
97	846 - 854	847.25	853.75
98	854 - 862	855.25	861.75
99	862 - 870	863.25	869.75

CMMB 수신기의 성능 저하를 막기 위해 저역 통과 필터(LPF : Low Pass Filter)의 통과 대역폭 조정을 통하여 CMMB 유효 대역의 신호만 필터링 하였다. 이는 인접 채널 간섭 성분을 최소한으로 하여 수신기의 성능을 향상 시켰다. 실험을 통해 제안 방식이 CMMB 표준에서 요구하는 인접 채널 간섭에 관한 성능 기준치[11]를 만족함을 검증하고 제안 방식의 유효성을 입증한다.

2. LPF의 차단 주파수를 이용한 인접 채널 간섭 성분 제거

CMMB 수신기 구조는 그림 1과 같으며 안테나를 통해 수신 된 CMMB 신호는 대역 통과 필터(BPF : Band Pass Filter)를 이용하여 특정 CMMB 대역만 통과 시키고 이 신호는 저 잡음 증폭기 (LNA : Low Noise Amplifier)를 거치며 한 번 증폭을 하고 Mixer를 이용하여 기저대역(Baseband) 신호로 변환(Down Convert)한다. 이때, LPF를 이용하여 CMMB 주파수 대역인 8MHz의 저주파 대역만 통과하게 된다. 기저대역 신호는 OFDM Decoder 및 LDPC(Low Density Parity Coder)[12], RS(Reed-Solomon) decoder를 이용하여 복조 된다. CMMB 수신기의 성능 측정을 위해 LDPC Decoder를 통해 복조 된 신호를 가지고 BER(Bit Error Rate)을 측정한다.

일정 Guard 구간이 존재하고 LPF의 roll-off 특성이 좋다면 인접 채널 간섭을 제거 할 수 있지만, 현재 중국의 아날로그 방송과 CMMB 방송의 주파수 현황을 보면 (표 1 및 표 2) 충분한 Guard 구간이 존재하지 않으며 심지어는 두 방송 간의 주파수가 겹치기도 한다. 또한 LPF의 roll-off 특성을 좋게 하기 위해서는 제조비용이 증가하게 되며 roll-off 특성 역시 한계가 있으므로 그리 유효한 방법은 아니다.

기존 CMMB 수신기에서는 LPF를 이용하여 8 MHz 대역을 필터링 함으로써 인접 채널을 제거하고 있으나 대역의 가장자리에 있는 부분 즉 원 신호와 인접 채널의 간섭 신호가 겹치는 부분은 제거 할 수 없다. 그림 2를 보면 아날로그 방송의 경우 CMMB 수신 신호의 아래쪽 대역의 경우 음성 신호와 겹치게 되고 반대로 위쪽 대역의 경우 영상 신호와 CMMB 신호가 겹치게 된다. 또한 CMMB 방송 신호가 인접한 셀의 경계 지역에서는 인접한 대역의 CMMB 신

그림 1. CMMB 수신기 구조

그림 2. 인접한 Analog TV 신호와 CMMB 신호의 Spectrum
(예. N_c : CMMB 20번 채널, N_a-1 : Analog TV 56번 채널, N_a+1 : Analog TV 58번 채널)

호로 인한 인접 채널 간섭 현상이 발생한다. 이는 그림 3에 도시하였다.

이러한 인접 채널 간섭에 의한 CMMB 수신기의 성능 저하를 방지하기 위해서 본 논문에서는 LPF의 통과 대역을 조정하여 이를 해결하였다. 물론 LPF의 통과 대역의 조정은 CMMB 수신 칩의 Register를 변경하는 것만으로도 가능하므로 이를 위해 CMMB 수신 칩의 Firmware를 수정함으로써 Chip의 재설계 없이 구현 가능하기 때문에 시간 및 비용 면에서 이점이 있다.

LPF의 통과 대역을 조정하기 위해서는 우선 CMMB의 유효 주파수 대역을 확인해야 한다. 이는 CMMB 표준[1]에 정의되어 있다. 그림 4는 CMMB 표준[1]에서 정의한 CMMB 유효 주파수 대역의 파워 스펙트럼을 나타내고 있다. 그림 4에 의하면 CMMB 유효 주파수 대역은 7.512MHz로 나와 있으나 실제 side lob 성분을 고려하면 LPF의 통과 대역은 이보다 크게 설정해야 함을 알 수 있다.

그림 5를 보면 CMMB 한 채널당 8MHz의 대역폭이 할당되어 있고 기존의 수신기 또한 LPF의 통과

그림 3. 인접한 CMMB 방해 신호와 원 CMMB 신호의 Spectrum
(예. N_c : CMMB 20번 채널, N_c-1 : CMMB 19번 채널, N_c+1 : CMMB 21번 채널)

그림 4. CMMB 표준[1]에서 정의한 이상적인 CMMB 유효 주파수 스펙트럼

대역을 8MHz로 설정하였다. 하지만 CMMB 표준[1]에서 정의한 유효한 대역은 7.512MHz 이므로 LPF의 통과 대역을 7.512MHz를 포함하면서 인접 채널의 간섭 성분을 최대한 제거 가능하도록 7.65MHz로 조정하였다. 이보다 더 작게 조정 할 경우 인접 채널의 간섭 성분의 영향은 더욱 줄어들지만 원 신호가 LPF에 의해 손실이 되므로 CMMB 수신기의 감도가 저하된다. 또, 7.65MHz 보다 크게 조정할 경우 인접 채널의 간섭 성분이 일부 존재하여 수신기의 성능 저하가 발생하게 된다.

실험을 통해 본 논문의 제안 방식이 CMMB 표준의 성능 요구치[11]를 만족함을 검증하였고 이는 3장에서 서술한다.

3. 실험을 통한 제안 방식의 유효성 검증

2장에서 서술한 제안 방식의 유효성을 검증하기

위해 그림 6과 같이 두 대의 방송 송출 장비와 CMMB 수신기가 탑재 된 중국향 모바일 폰을 Combiner에 연결하여 실험을 진행하였다. CMMB 표준[1], [11]에서 정의한 인접 채널 간섭 측정 방식은 CMMB 송출 장비의 출력을 -60dBm으로 하여 신호를 송출하고 다른 한대의 방송 송출 장비는 아날로그 방송 신호를 CMMB 방송 채널과 인접한 대역에 송출하였다. 이때 아날로그 방송 송출 장비의 신호 세기를 -60dBm보다 높게 조정하면서 CMMB 수신기가 탑재된 모바일 폰에서 제공하는 RS Decoding 전의 BER값이 3×10^{-6} 을 초과하는 순간의 아날로그 방송 신호의 송출 파워를 측정하여 C/I를 계산하였다. C/I 계산식은 수식1과 같다.

$$C/I[\text{dB}] = W[\text{dBm}] - N_a[\text{dBm}] \quad (1)$$

W: CMMB 방송 신호(N_c)의 수신 감도이며 이는 상기에서 언급한 바와 같이 -60dBm으로 고정된 값

N_a : CMMB 방송 신호에 인접한 Analog TV 신호 (N_a-1 또는 N_a+1) 송출 파워

그리고 전파 환경과 전송 파라미터는 표 3과 같다.

CMMB 표준[11]에서 정의한 인접 채널 간섭에 대한 수신기의 성능 요구치는 표 4와 같으며 디지털 방송 보다는 아날로그 방송에 대한 인접 채널 간섭에 대한 성능 요구치가 더 엄격함을 알 수 있다.

CMMB 신호 보다 낮은 주파수 대역에 있는 인접 채널 신호를 N_a-1 및 N_c-1 이라 표현하고 CMMB 신호 보다 높은 주파수 대역에 있는 인접 채널 신호를 N_a+1 및 N_c+1 이라 표현한다.

그림 5. LPF의 차단 주파수 조절을 통한 인접 채널 간섭 성분 제거

그림 6. 실험 방법

표 3. CMMB 전송 파라미터

전파 환경	AWGN (Additive White Gaussian Noise)
변조 방식	QPSK
LDPC Code Rate	1/2
RS	240,224
FFT	4K

표 4. CMMB 표준[11]에서 정한 ACI 성능 요구치

Type of Noise	Modulation	C/I (dB)
Digital (Nc-1)	QPSK	-37
Digital (Nc+1)	QPSK	-37
Analog (Na-1)	QPSK	-43
Analog (Na+1)	QPSK	-42

LPF의 차단 주파수를 조정하지 않고 기존의 8MHz 대역을 사용한 CMMB 수신기의 테스트 결과는 그림 7-10과 같다.

그림 7에 의하면 아날로그 방송에 의한 인접 채널 간섭의 경우(N_a-1) 482MHz, 530MHz에서는 CMMB 표준[11]에서 요구한 C/I (Carrier to Interference Ratio)를 만족하나 690MHz, 754MHz대역에서는 CMMB 표준[11]에서 요구한 C/I 값에 미치지 못한

그림 7. Analog TV 방송(N_a-1)의 인접 채널 간섭에 의한 각 주파수별 C/I

그림 8. Analog TV 방송(N_a+1)의 인접 채널 간섭에 의한 각 주파수별 C/I

그림 9. CMMB(N_c-1)의 인접 채널 간섭에 의한 각 주파수별 C/I

그림 10. CMMB (N_c+1)의 인접 채널 간섭에 의한 각 주파수별 C/I

다. 그리고 그림 8의 아날로그 방송 N_a+1 채널에 의한 인접 채널 간섭의 경우 CMMB 표준에서 요구한 C/I 보다 불과 1.6dB~4.3dB 정도 밖에 차이가 나지 않는다. 또한, 그림 9-10의 CMMB에 의한 인접 채널 간섭의 경우(N_a-1 , N_a+1) 모든 대역에서 CMMB 표준[11]에 미치지 못한 결과를 나타내고 있다.

본 논문에서 제안한 LPF의 차단 주파수를 적용하여 실험 결과 역시 그림 7-10에 나타내었다. 모든 대역에서 CMMB 표준을 만족하고 있으며 기존 방식 대비 디지털 방송에 의한 인접 채널 간섭의 경우 최대 11.3dB, 아날로그 방송에 의한 인접 채널 간섭의 경우 최대 6dB 성능이 개선되었다. 또한 CMMB 표준[11] 대비 최대 7.8dB 정도 우수하므로 CMMB 수신기의 수신 성능이 향상됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 CMMB 수신기의 인접 채널 간섭에 의한 성능 저하를 방지하기 위해 CMMB 수신 칩

의 LPF의 차단 주파수를 조정하였다. CMMB 한 채널당 8MHz의 대역이 할당되지만 실제 유효한 대역은 7.512MHz이다. 따라서 LPF의 차단 주파수를 7.512MHz 보다는 크면서 인접 채널의 간섭 성분을 최대한 제거 가능하도록 최적화하였다. 최적화 결과 7.65MHz로 기존의 LPF 차단 주파수 보다 350KHz 줄였다.

기존의 CMMB 수신기의 경우 CMMB 표준[7]에서 요구한 C/I 값에 미치지 못하는 성능을 나타냈었지만 LPF 차단 주파수를 7.65MHz로 조정하여 다시 측정한 결과 C/I 값이 기존 대비 최대 11.3dB, CMMB 표준 대비 최대 7.8dB 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] "Mobile Multimedia Broadcasting Part 1: Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Broadcasting Channel," GY/T 220.1, 2006.
- [2] "Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System," *Chinese National Standard* GB20600-2006, 2006.
- [3] J.B. Anderson, T.S. Rapport, and Susumu Yosida, "Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels," *IEEE Comm. Magazine*, Vol. 6, No.1, pp. 42-49, 1995.
- [4] T.S. Rapport, *Wireless Communications: Principle and Practice*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ 07458, 1996.
- [5] 하연철, 고봉진, 최용석, "디지털 방송 시스템의 시뮬레이션 및 인접 채널간 간섭 분석," 한국해양정보통신학회지, 제6권, 제1호, pp. 70-75, 2005년.
- [6] Peter Stavroulakis, *Interface Analysis and Reduction for Wireless Systems*, Artech House Publishers, Boston·London, 2003.
- [7] G. Foudazi and H. Shafieet, "Adjacent Channel Rejection in OFDM Wireless Local Area Networks," *2006 IFIP International*

- Conference on Wireless and Optical Communications Networks*, pp.1-4, 2006.
- [8] S. Sampei and M. Yokoyama, "Rejection Method of ACI for Digital Land Mobile Communications," *Trans. IEICE*, Vol.E-69, pp. 578-580, 1986.
- [9] Bottomley, G.E., and S. Chennakeshu, "Adaptive MLSE Equalization Forms for Wireless Communications," *Virginia Tech's 5th Symp. Wireless Personal Commun.*, pp.20-1-20-12, 1995.
- [10] Ungerboeck G., "Adaptive Maximum-Likelihood Receiver for Carrier-Modulated Data-Transmission Systems," *IEEE Trans. Commun.*, Vol.22, No.5, pp. 624-636, 1974.
- [11] "Mobile Multimedia Broadcasting Part 7: Technical Specifications for Receiving and Decoding Terminal," GY/T 220.7, 2008.
- [12] Chung Yeon-ho, "Space-Time Carrier Interferometry Techniques with Low-density Parity Check Code for High-speed Multimedia Communications," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.9, No.6, pp. 728-734, 2006.

유 영 철

2003년 경성대학교 멀티미디어 공학과 학사

2005년 일본 NAIST 정보과학 연구과 공학석사

2007년 일본 NAIST 정보과학 연구과 공학박사

2007년 ~ 현재 LG전자 Mobile Communications 연구소 책임 연구원

관심분야: 이동통신 시스템, 디지털 방송 시스템, 채널 추정 알고리즘, NFC