

논문 2009-46TC-11-9

ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro 시스템 간 보호비 도출 연구

(Protection Ratio between ATSC Digital Broadcasting and WiBro Systems)

이 희 수*, 강 동 훈*, 박 효 배*, 오 왕 록**

(Huisoo Lee, Donghoon Kang, Hyobae Park, and Wangrok Oh)

요 약

신규 통신시스템을 도입할 경우 인접한 주파수 대역을 사용 중인 기존 통신시스템에 대한 간섭이 일정 수준 이하가 되도록 신규 통신 시스템의 송신 전력 및 중심 주파수를 설정하여야 한다. 이를 위하여 기존 통신시스템의 최저 수신 성능 기준을 만족시키는 두 시스템 간 송신 전력 비 (power ratio)인 보호비 (protection ratio) 도출이 필수적이다. 본 논문에서는 전산 실험을 바탕으로 ATSC (Advanced Television Systems Committee) 디지털 방송 시스템과 WiBro (Wireless Broadband Internet) 시스템 간 보호비를 도출하는 방안을 제안한다. 이를 위하여 ATSC 디지털 방송시스템의 송신기를 모델링하고 간섭 신호로 WiBro 시스템의 수신기를 모델링하여 두 시스템 간 보호비를 도출하였다. 이 결과는 아날로그 방송 종료 후 잉여 주파수에 신규 서비스를 도입할 경우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract

It is crucial to derive a protection ratio between two communication systems before deploying a new communication systems in the vicinity of frequencies occupied by the existing communication systems. In this paper, computer simulation based protection ratio estimating scheme between ASTC (Advanced Television Systems Committee) digital broadcasting systems and WiBro (Wireless Broadband Internet) systems is proposed. The proposed scheme can be effectively exploited when a new communication services are deployed in the surplus frequency band after the expiration of the analog television broadcasting scheduled in 2012 in Korea.

Keywords: ATSC, WiBro, protection ratio

I. 서 론

최근 급격한 디지털 신호처리 기술의 발전에 따라 방송시스템 역시 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 빠르게 변해가고 있으며 2012년부터는 현재 서비스 되고 있는 아날로그 방송서비스를 전면 중단하고 ATSC (Advanced Television Systems Committee) 디지털 방송 시스템으로 전환될 예정이다. 아날로그 방송 서비스가 중단될 경우 현재 아날로그 방송을 위해 사용되

고 있는 주파수 대역에 신규 통신 서비스를 도입할 수 있을 것으로 예상되며 이를 위한 다양한 정책적, 기술적 연구가 진행되고 있다.

신규 통신시스템을 도입할 경우 인접한 주파수 대역을 사용 중인 기존 통신시스템에 대한 간섭이 일정 수준 이하가 되도록 신규 통신시스템의 운용 주파수 대역 및 송신 전력 등을 결정하여야 하며 이를 위하여 두 통신시스템 간 보호비 (protection ratio, PR)를 도출하고 이를 기반으로 신규 통신시스템의 운용 주파수 및 송신 전력을 결정한다. 기존에는 실측을 기반으로 통신시스템 간 보호비를 도출하였으나 이를 위해서는 데이터 측정 및 분석에 많은 시간과 비용이 소요되는 단점이 있으며 이로 인하여 신규 서비스 도입 시 많은 시간과 비

* 학생회원, ** 정회원, 충남대학교
(Department of Electronics and Computer
Engineering, Chungnam National University)
접수일자: 2009년5월21일, 수정완료일: 2009년11월10일

용이 소요되는 문제가 있다.

본 논문에서는 실측 기반의 보호비 도출 기법을 개선할 수 있는 방안 중 하나인 전산 실험에 기반한 보호비 설정 방법을 제안한다. 제안하는 기법은 실측을 통한 보호비 도출 기법에 비하여 소요되는 시간 및 비용을 크게 줄일 수 있는 장점이 있으며 전산 실험에 사용된 시스템 모델들을 유사 시스템으로 변경하여 다양한 통신 시스템들 간 보호비 도출에 재활용될 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 아날로그 텔레비전 방송 종료 후 잉여 주파수 대역에 신규 서비스를 도입할 경우 활용될 수 있도록 ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro (Wireless Broadband Internet) 시스템 간 보호비 도출을 위한 전산실험 모델을 구현하였으며 이를 바탕으로 해당 시스템 간 보호비를 도출하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 각 통신 시스템의 모델링에 필요한 사양과 전산 실험에 기반한 보호비 도출 시스템의 구조에 대하여 기술하고 III장에서 제안하는 기법을 통한 ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro 시스템 간 보호비 도출 결과를 제시한 후 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 본 론

1. ATSC 시스템

현재 대한민국에서 디지털 텔레비전 방송을 위하여 사용되고 있는 ATSC 디지털 방송시스템의 주요 사양은 표 1과 같고 해당 시스템의 송수신기 구조는 그림 1과 같다.

ATSC 디지털 방송시스템은 기존 아날로그 방송의 주파수 대역을 그대로 사용할 수 있도록 단일 채널의 주파수 대역을 6 MHz로 결정하였으며 주어진 주파수 대역을 통하여 19.39 Mbps의 데이터를 전송할 수 있다.

표 1. ATSC 디지털 방송시스템 사양
Table 1. Specifications of the ATSC digital broadcasting system.

Bandwidth	6 MHz
Excess bandwidth	11.5 %
Symbol rate	10.76 Msymbol/sec
Bits/Symbol	3
Trellis FEC	2/3 rate
Payload data rate	19.39 Mbit/sec
C/N threshold	14.9 dB

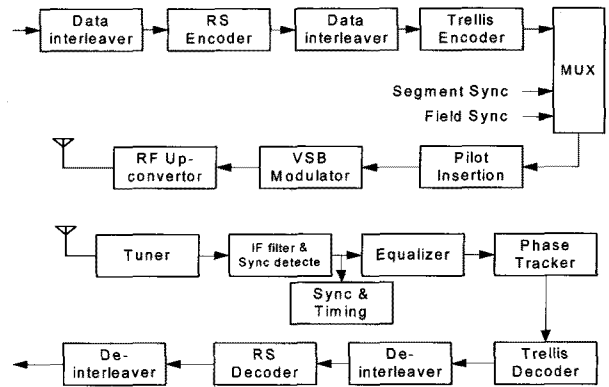


그림 1 ATSC 디지털 방송시스템 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of the ATSC digital broadcasting system.

변조 방식으로는 단일반송파 진폭변조 잔류측파대 변조 방식 (VSB, Vestigial Side Band)을 사용하며 이를 통하여 디지털방송을 위한 비디오와 오디오 및 보조 데이터를 전송하며 지상파 방송모드와 고속데이터 방송모드를 각각 지원한다¹⁻²⁾.

2. WiBro 시스템

WiBro 시스템은 무선 인터넷 접속 규격의 하나로 코드분할다중접속 (CDMA, Code Division Multiple Access) 방식의 이동통신 데이터 서비스의 속도제한을 극복하기 위하여 제안되었다. WiBro 시스템은 송수신 듀플렉싱 (duplexing) 기법으로 시분할다중접속 (TDD, Time Division Duplex)을 사용하고 다중 사용자 접속을 위하여 직교주파수다중접속 (OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식을 사용한다. WiBro시스템의 경우 주파수 대역폭으로 8.75 MHz를 사용하며 표본화율 (sampling rate)은 10 MHz이다. 현재 서비스되고 있는 WiBro 시스템의 주요 사양은 표 2와 같다³⁾.

현재 WiBro 시스템은 서울 전역과 수도권 일부지역 그리고 주요광역시의 일부 지역에서 서비스 중에 있으

표 2. WiBro 시스템 주요 사양
Table 2. Specifications of the WiBro system.

Multiple access/Duplexing	OFDMA / TDD
Frame length	5 ms
Bandwidth	8.75 MHz at 1K-FFT
Occupied BW	8.45 MHz
FFT size	128, 512, 1024, 2048
Data modulation	4, 16, 64-QAM
Ratio of CP	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
Pilot boosting	2.5 dB

며 서비스 망을 전국적으로 확대할 예정에 있다. 2012 년으로 예정되어 있는 아날로그 텔레비전 방송 중단이 예정대로 시행될 경우 잉여 주파수 자원을 확보할 수 있을 것으로 예상되며 잉여 주파수 대역에 다양한 통신 시스템들을 도입하기 위한 정책적, 기술적 연구가 진행 되고 있다. 향후 신규 서비스 도입을 위해서는 ATSC 디지털 방송시스템과 잉여 주파수 대역에 도입 가능한 신규 통신 서비스 간 보호비 도출이 필수적이다. 본 논문에서는 WiBro 시스템을 잉여 주파수 대역에 도입하는 경우를 고려하여 ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro 시스템 간 보호비 설정 관련 연구를 수행하였다.

3. 통합 전산시뮬레이터

전산실험을 통하여 ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro 시스템 간 보호비를 도출하기 위하여 ATSC 디지털 방송시스템의 송수신기와 WiBro 시스템에 의한 간섭 신호를 생성하기 위한 WiBro 시스템의 송신기를 모델링하였다. 두 시스템의 표본화율이 다르기 때문에 간섭 신호인 WiBro 시스템 신호를 재표본화(resampling)하여 ATSC 디지털 방송시스템의 표본화율과 동일하게 조정하고 이를 바탕으로 보호비 도출을 위한 전산실험을 수행하였다. 본 논문에서 고려한 보호비 도출을 위한 전산 시뮬레이터의 구조는 그림 2와 같다.

그림 2에서 수신신호 $r(t)$ 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$r(t) = v(t) + \gamma w(t)e^{j2\pi\Delta ft} \quad (1)$$

여기에서 $v(t)$ 는 ATSC 디지털 방송시스템의 송신 신호이고 $w(t)$ 는 재표본화된 Wibro 송신 신호이다. 그리고 γ 는 $w(t)$ 에 곱해지는 이득을 나타내며 $e^{j2\pi\Delta ft}$ 는 두 시스템의 중심 주파수 차이를 설정하기 위하여 재표본화된 WiBro 송신 신호에 곱해지는 값이다. ATSC 디

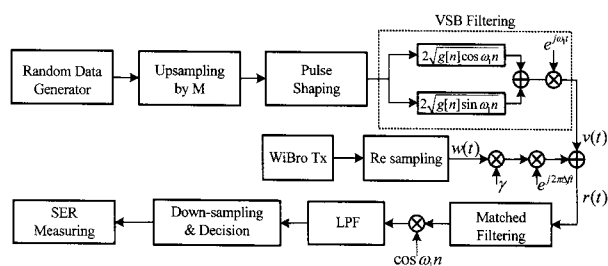


그림 2. 보호비 도출을 위한 전산시뮬레이터 구조
Fig. 2. Structure of the proposed computer simulator.

지털 방송시스템 수신기로 입력되는 $r(t)$ 는 수신 과정을 거쳐 ATSC 디지털 방송시스템의 심볼 오류 (SER, symbol error rate) 측정에 사용된다.

WiBro 시스템에 대한 ATSC 디지털 방송 시스템의 보호비를 도출하기 위해서는 WiBro 시스템의 간섭 하에서 ATSC 디지털 방송 시스템의 최저 동작 기준을 설정하여야 한다. 이를 위하여 ATSC 디지털 방송시스템 수신기에서 TOV (Threshold of Visibility)를 만족하는 최저 수신 성능인 트렐리스 복호기 입력 신호의 심볼 오류 '0.2'를 ATSC 디지털 방송 시스템의 최저 동작 기준으로 사용하였다^[4].

본 논문에서 제안하는 보호비 도출을 위한 전산 시뮬레이터는 WiBro 시스템의 중심주파수, f_{wc} 와 ATSC 디지털 방송시스템의 중심주파수, f_{vc} 의 차이 $\Delta f = (f_{wc} - f_{vc})$ 에 따른 두 시스템 간 보호비를 도출할 수 있도록 설계되었으며 전산실험 복잡도를 줄이기 위하여 중간 주파수 대역의 송수신 신호들을 모델링하여 보호비를 도출하였다. 또한 보호비는 두 시스템 간 송신 전력의 비로 결정되므로 가산성 백색 가우시안 잡음 (Additive White Gaussian Noise)은 고려하지 않았으며 WiBro 시스템의 셀 부하 (cell loading)에 따른 ATSC 디지털 방송 시스템의 보호비를 도출할 수 있도록 전산 시뮬레이터를 구현하였다. 본 논문에서 구현한 전산 시뮬레이터의 동작 방법은 그림 3에 제시된 순서도와 같다.

주어진 Δf 에서의 보호비를 도출하기 위해서 WiBro 간섭 신호의 $\gamma = 1$ 로 설정하여 ATSC 디지털 방송시스템의 수신 심볼 오류를 도출한다. 이때 심볼 오류이 '0.2' 보다 큰 경우 간섭 신호의 이득을 감소시켜 다시

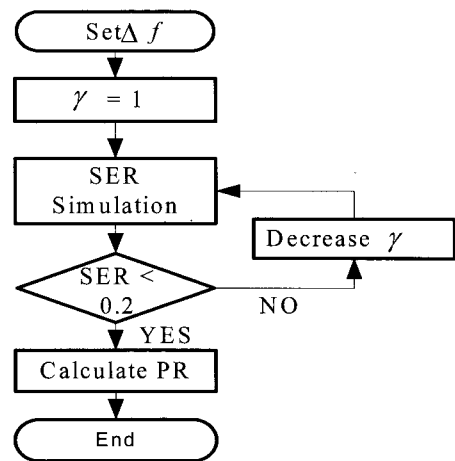


그림 3. 통합 전산시뮬레이터의 순서도
Fig. 3. Flowchart of the proposed computer simulator.

심볼 오류를 도출한다. 이와 같은 과정을 반복하여 심볼 오류가 '0.2' 보다 작아지는 최초의 이득 값을 도출하고 이를 이용하여 해당 Δf 에서의 보호비를 도출한다. 이와 같이 과정을 고려하는 모든 Δf 에 대하여 반복적으로 수행하여 두 시스템의 중심주파수 차이인 Δf 에 따른 보호비를 도출할 수 있다.

III. 전산실험 결과

본 논문에서 제안하는 보호비 도출 기법을 활용하여 Δf 에 따른 ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro 시스템 간 보호비를 도출하였으며 결과는 그림 4와 같다.

그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 $-1.5 \text{ MHz} \leq \Delta f \leq 1 \text{ MHz}$ 인 경우, ATSC 디지털 방송 시스템의 TOV를 만족시키기 위해서는 WiBro 시스템의 셀 부하율이 50 및 100 % 인 경우 보호비가 각각 12.7 및 15.9 dB 이상 확보되어야 한다. 또한 주목할 부분은 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 도출된 보호비가 $\Delta f = 0$ 인 축에 대하여 비대칭 특징을 갖는다는 점이다. 이는 ATSC 디지털 방송시스템의 스펙트럼에서 파일럿(pilot)이 f_{vc} 를 기준으로 -3 MHz 낮은 곳에 위치하므로 f_{wc} 가 f_{vc} 에 비하여 작은 경우에 WiBro 시스템의 간섭에 의한 ATSC 디지털 방송 신호의 파일럿 신호 왜곡이 증가하게 되고 이로 인하여 수신 성능 저하가 야기되기 때문이다. 따라서 그림 4에서 확인할 수 있는 바와 같이 f_{wc} 가 f_{vc} 에 비하여 낮은 경우 보다 높은 보호비가 요구된다. 또한 Δf 가 $+6.5 \text{ MHz}$ 이상 또는 -7 MHz 이하의 값을 가질 경우 두 시스템 간 상호 간섭이 없음을 확인 할 수 있다.

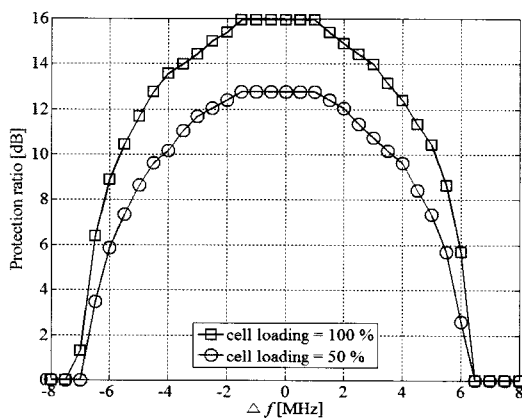


그림 4. Δf 에 따른 ATSC와 WiBro 시스템 간 보호비
Fig. 4. Protection ratios versus Δf .

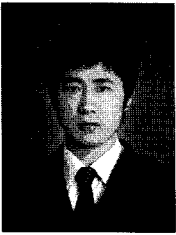
IV. 결 론

본 논문에서는 전산실험을 바탕으로 ATSC 디지털 방송시스템과 WiBro 시스템 간 보호비를 도출하는 방안을 제안하였다. 제안한 보호비 도출 결과는 아날로그 방송 종료 후 잉여 주파수에 신규서비스를 도입할 경우 유용하게 활용될 수 있으며 실측을 통한 보호비 도출 기법에 비하여 소요되는 시간 및 비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 또한 간섭 신호를 위한 송신기를 교체함으로써 WiBro 이외의 시스템에 대한 ATSC 디지털 방송 시스템의 보호비 도출에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

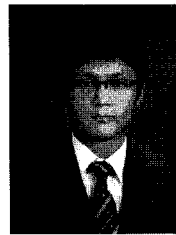
- [1] ATSC, "ATSC Digital Television Standard, ATSC standard A/53B," August 2001.
- [2] Wu, Y., "Comparison of terrestrial DTV transmission systems : The ATSC 8-VSB, the DVB-T COFDM, and the ISDB-T BST-OFDM," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol 46, no. 2, Jun. 2000.
- [3] IEEE 802.16-2004, IEEE standard for local and metropolitan area networks - Part 16: Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems, Oct. 2004.
- [4] M. Ghosh, "Blind decision feedback equalization for terrestrial television receiver," *Proc. of The IEEE*, vol. 86, no. 10, pp.2070-2081, Oct. 1998.

저 자 소 개



이 희 수(학생회원)
2008년 충남대학교 전기정보통신
공학부 학사.
2008년~현재 충남대학교 전자
전파정보통신공학과
석사과정

<주관심분야 : 이동통신 시스템, STBC, 재밍 알
고리듬>



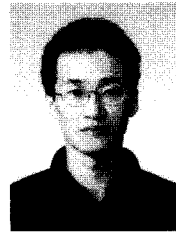
박 호 배(학생회원)
2009년 충남대학교전기정보통신
공학부 학사.
2009년~현재 충남대학교 전자
전파정보통신공학과
석사과정

<주관심분야 : 이동통신 시스템, UWB 시스템,
협력 통신>



강 동 훈(학생회원)
2009년 충남대학교 전기정보통신
공학부 학사.
2009년~현재 충남대학교 전자
전파정보통신공학과
석사과정

<주관심분야 : 채널 코딩, STBC,
이동통신 시스템>



오 왕 록(정회원)-교신저자
1994년 포항공과대학교 전자전기
공학과 학사
1997년 포항공과대학교 정보통신
공학과 석사
2003년 포항공과대학교 전자전기
공학과 박사

1994년~1995년 스탠더드텔레콤 연구원
2003년~2006년 포항공과대학교 정보통신연구소
전임연구원
2006년~현재 충남대학교 전기정보통신공학부
교수

<주관심분야 : 터보 코드, MIMO 시스템, 유무선
디지털 통신>