

논문 2011-48SD-12-10

# ISDB-T기반의 협력수신 다이버시티를 이용한 차량용 원세그 수신기 개발

(Development of Onesegment Receiver for Car using Cooperative Reception Diversity based on Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial)

윤 달 환\*, 조 면 균\*\*, 인 치 호\*\*\*

(Dal Hwan Yoon, Myun Gyun Cho, and Chi Ho Lin)

## 요 약

일본에서의 지상파 DMB 방송 시스템의 송신방식으로 지정된 ISDB-T 스펙은 주파수를 몇 개의 부분(Segment)으로 나누어 고정형 HD-TV 방송과 휴대형 이동 단말기를 동시에 지원할 수 있다. 본 논문은 이 중에서 휴대형 이동 단말기의 지원 방식인 원세그(One-Seg) 시스템에 따라 3.5인치 모바일 TV를 개발하고 그 결과를 정리하여 보였다. 추가적으로, 원세그 시스템이 가지는 문제점으로 지적되는 이동 중의 끊김 현상을 보완하기 위하여 2가지 다이버시티 기법을 도입한다. 신뢰성 있는 수신을 위해 2개의 송신 안테나를 활용하는 시공간 다이버시티(Space Time Diversity)와 인접한 다른 단말기와의 정보교환을 통한 협력 수신 다이버시티 (Cooperative Reception Diversity)를 도입 하였고 기존대비 수신 성능의 향상이 있음을 컴퓨터 모의 실험을 통해서 보인다.

## Abstract

In Japan, the specification for digital terrestrial television broadcasting systems has been approved for employing a transmission scheme for ISDB-T, which can accommodate HDTV service and portable mobile reception by adapting segmentation of frequency. In this paper, we have developed 3.5 inch mobile TV according to One-Seg system and presented the results of our development. In addition, we introduce two diversity schemes to compensate the defect that signal is interrupted when the portable TV is moving fast. In order to achieve a reliable communication in One-Seg system, we introduce STD(space time diversity) which uses more than 2 antennas at TX and cooperative reception diversity which utilizes signal-exchanging between different mobile terminals. And, its performance enhancements to reception reliability of previous system are evaluated by computer simulations.

**Keywords :** ISDB-T, 원세그, 휴대형 TV, 공간다이버시티, 협력 수신 다이버시티

## I. 서 론

일본은 2006년 ISDB-T(Integrated Services Digital

Broad-casting Terrestrial) 기반의 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 방송서비스를 결정하여 11월 까지 전국방송개시가 완료됨으로써 민영방송에서는 도쿄, 나고야, 오사카 지역에, NHK에서는 29개 지역에 서비스를 시작하였다. 현재 일본방송 면허에서는 고정용 TV 수신기(고정형 TV나 STB) 전용 프로그램을 DMB 단말에 실시간으로 재전송하도록 의무화하였으며, 지상파 DMB 서비스 실시와 함께 휴대폰, 노트북, 휴대용 DVD 플레이어(player), DMB 차량기기 및 전용단말기 등이 출시되고 있다<sup>1, 6)</sup>.

\* 정회원, 세명대학교 전자공학과  
(Dept. of Electronic Engineering,  
Semyung University)

\*\* 정회원, 세명대학교 정보통신학부  
(School of Information & Communication,  
Semyung Univ.)

\*\*\* 평생회원, 세명대학교 컴퓨터학부  
(School of Computer, Semyung University)

접수일자: 2011년9월23일, 수정완료일: 2011년12월2일

일본의 디지털 지상파 방송규격인 ISDB-T은 다중 반송파 전송방식에 기초한 BST (Band Segmented Transmission) OFDM 방식을 사용하고 있다. 6Mhz 대역폭에 1개의 Digital TV, 또는 3개의 SD TV를 구현할 수 있어 다채널 방송이 가능하며 OFDM 기반의 전송기술 및 Time interleaving기술을 이용하고 있으므로 다중 경로 및 impulse Noise에 대응 가능하며 이동 수신환경에서도 어느 정도 양호한 성능을 나타낸다<sup>[2, 7]</sup>. 원세그(1-Seg) 서비스는 지상 디지털 TV 방송의 모바일용 방송서비스이다. 이 개념은 방송국마다 할당할 수 있는 ISDB-T의 1채널 대역폭을 13개의 세그먼트(segment)로 분할하여 그중에서 1개를 모바일 전용으로 이용하는 방식이다<sup>[2-3]</sup>. 원세그 단말의 보급이 급속도로 증가하여 2007년 말에는 휴대폰 출하량의 50%가 원세그를 지원하는 단말기이다. 하지만 일본인의 검소하고 복잡한 기능을 싫어하는 특성상, 원세그와 복합된 고가의 휴대폰이나 네비게이터 보다 휴대방송 단말기 자체의 기능에 충실한 가격 경쟁력이 있는 초소형 전용 DMB 단말기의 수요가 크다<sup>[9]</sup>. 그러므로 본 논문은 DMB 전용 3.5인치 휴대형 TV를 직접 개발하고 그 시제품 제작 및 테스트 결과를 보이고자 한다.

추가적으로 이동환경에서의 DMB 단말기는 모바일 기기의 특성상, 다중 경로 페이딩 채널 및 간섭 등에 취약한 구조를 가지고 있다. 더욱이 지정된 주파수 대역에 위치한 원세그(1-Seg) 만을 mobile 전용으로 사용하는 만큼 한번 deep fading 환경에 빠지게 되면 좀처럼 극복하지 못하고 방송수신이 중단되는 상황이 연출된다. 특히 고속 이동 중인 지하철이나 건물 내에서 끊임이 없는 방송 수신을 보장하기는 매우 어려운 것이 현실이다<sup>[4]</sup>.

끊임없는 방송 수신을 보장하기 위해서는 한 가지 경로가 아닌 여러 가지 통신전달 경로를 확보하고 그중에서 높은 SNR(신호대 잡음비)를 만족하는 수신경로만을 채택하거나 서로 다른 수신 경로의 신호를 결합하여 신뢰도를 높이는 방식이 제안되었는데 이것을 다이버시티 기법이라 한다. 우선 2개 이상의 송신안테나를 이용하여 시간과 안테나에 따라 약속된 파라미터를 곱하여 송신하고 수신 단에서 수신 SNR을 극대화 할 수 있도록 결합하는 시공간 다이버시티 방안이 소개되었다<sup>[8]</sup>. 둘째로 인접한 다른 단말기와 수신한 신호를 서로 교환하면서 협력통신을 행함으로써 추가적인 다이버시티를 획득할 수 있다<sup>[10]</sup>. 이에 본 논문에서는 2개 이상의 송신안

테나를 활용하거나 인접한 다른 단말기와의 협력통신을 이용하여 추가적인 다이버시티를 획득하는 방안을 제시하고 그 수신 성능이 향상됨을 컴퓨터 모의실험을 통하여 보이고자 한다.

본 논문은 고속으로 이동하는 원세그 단말기에게 신뢰성 있는 수신 성능을 제공하는 다이버시티 획득방법을 제안하고, 원세그 시스템에 의거해서 진행한 시제품의 제작과정 및 테스트결과를 보인다.

## II. 일본향 ISDB-T와 원세그

그림 1은 일본의 DMB 방송인 ISDB-T의 서비스 개념도를 나타낸다. 그림 1에서 방송국의 방송채널은 1-채널로 다중화 되어 13개 segment로 나누어지고, H.264 방식의 one-seg를 사용하게 된다. 이러한 원세그 방송 수신기는 이동용으로 시간과 장소에 관계없이 수신됨은 물론 뉴스, 스포츠, 재난구조 등의 정보를 자동차 등으로 빠르게 이동하면서 실시간으로 수신할 수 있도록 서비스되고 있다<sup>[1]</sup>.

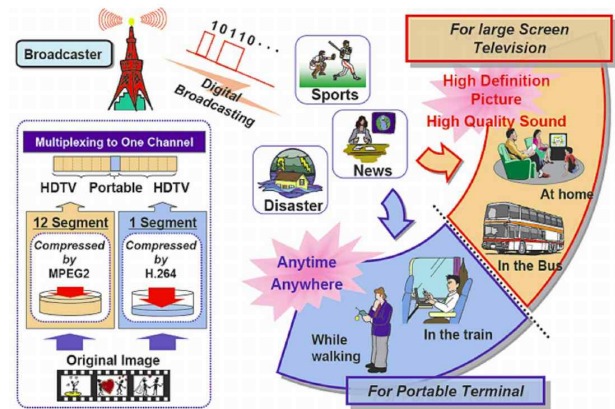


그림 1. ISDB-T의 서비스 개념도  
Fig. 1. The service block of ISDBT.

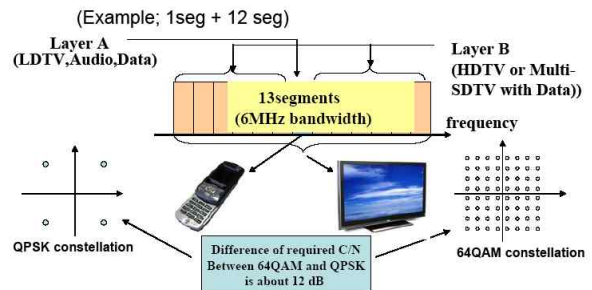


그림 2. 휴대형 이동단말을 위한 1 Seg 서비스  
Fig. 2. One-seg Service for portable device.

그림 2는 ISDB-T 채널을 분할하여 그중 1-Seg를 휴대용 방송으로 사용하는 사례를 설명한다. 6 MHz 대역폭의 13-seg는 계층A에서 일반 TV, 오디오 및 데이터를 사용하고, 계층 B는 HDTV에 사용되며, QPSK 및 64QAM 변조 방식을 사용한다<sup>[2]</sup>.

그림 3은 ISDB-T 기능상의 블록도를 나타낸다. 송신기는 다중화된 데이터를 RS 코딩으로 암호화하고, 에너지 분산, 지연조정 및 byte interleave 기법들을 이용하여 송신한다. 이러한 다중화된 데이터들의 계층적인 결합을 통하여 시간/주파수 interleave 및 OFDM 기술을 사용한다. 오류정정 코드는 random 오류에는 강하지만 burst 오류에는 잘 대응하지 못하며, time interleave를 통하여 도심의 임펄스잡음과 이동수신시 성능향상을 도모한다.

그림 4는 일본 디지털 방송 시스템 구조 (band segmented transmission COFDM)를 나타낸다. 원세그의 소스코딩 서비스는 MPEG-AAC (advanced audio coding), 데이터 코딩 및 H.264 비디오 코딩을 사용한다.

MPEG-2 시스템 기반의 다중화를 통하여 고정/모바일 서비스인 MPEG-2 비디오 코딩과 공통접속이 이루

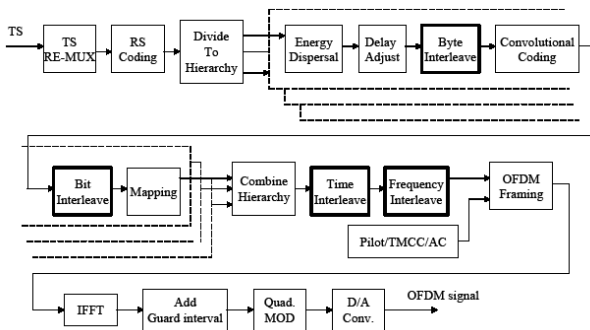


그림 3. ISDB-T 기능상의 블록도  
Fig. 3. Functional block of ISDBT.

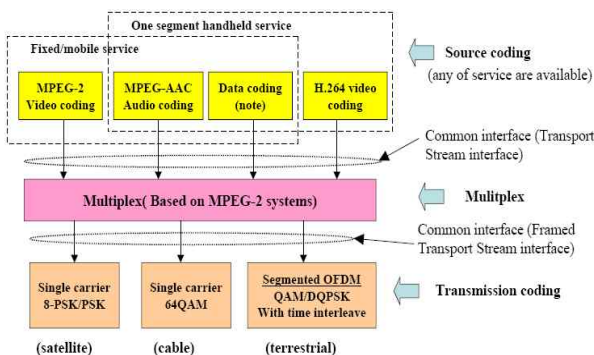


그림 4. 디지털 방송 시스템의 구조도  
Fig. 4. Construction of digital broadcasting system.

어진다. 전송코딩으로 위성과인 경우 단일 반송파의 8-QPSK/PSK 방식을 사용하고, 케이블 방송인 경우 단일 반송파의 64QAM을 사용하며, 원세그 OFDM으로는 QAM/DQPSK 방식을 사용한다. 원세그는 대역 분할구조 및 time interleaving을 사용한다.

### III. Oneseg 수신기 개발

그림 5는 원세그 수신기의 H/W 블록도를 나타낸 그림이다. 우선 안테나의 RF신호는 튜너와 OFDM 복조기를 거친 후 전송 스트림의 복호기 및 역 다중화기를 거쳐 오디오는 AAC(advanced audio coding)를 거치고 비디오는 MPEG2(H.264)를 거쳐 표현된다<sup>[5]</sup>. 수신단의 테스트를 위하여 video output에는 RGB 출력 핀을 설계하였다.

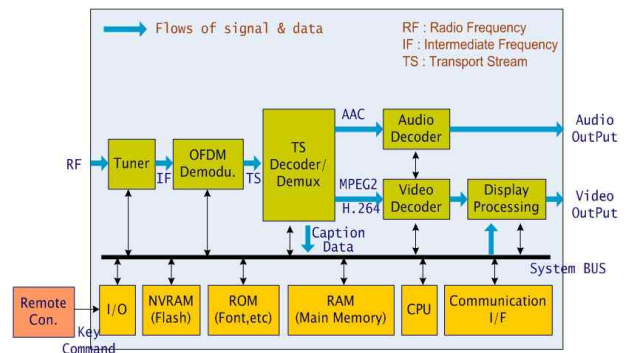
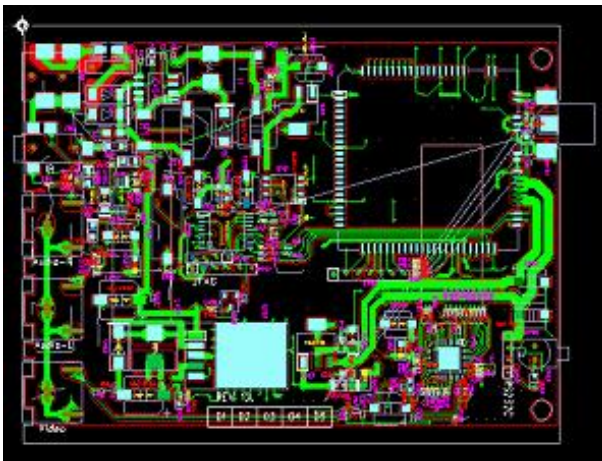


그림 5. 원세그 수신기의 H/W 구조도  
Fig. 5. H/W structure of oneseg receiver.

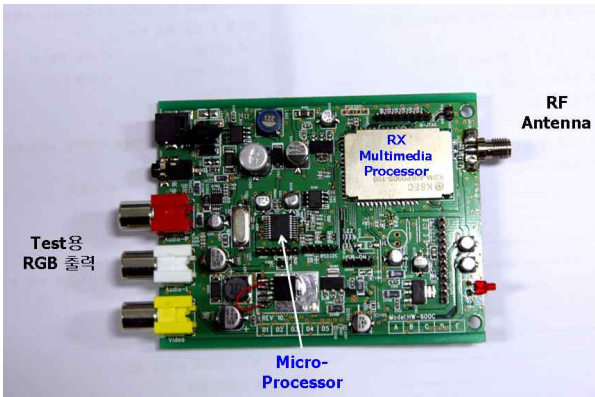
#### A. 무선 고주파 회로 및 PCB 회로 설계

영상 및 음성 출력의 동기화를 진행하였고, 이동시 안테나 수신감도 향상을 위한 안테나와 PCB 정합설계를 하였다. PCB 설계에 나타나는 회로와 안테나간의 임피던스 정합 문제는 이동시에 방송을 수신하는데 결정적인 역할을 한다<sup>[9]</sup>. 따라서 본 연구의 회로에서는 고주파 방송신호를 사용함에 따라 수신신호의 민감도를 높일 수 있도록 안테나와 회로간의 임피던스 정합이 잘 이루어 질수 있도록 설계하였다. 채널변경, 볼륨 제어 및 리모콘 기능 등을 지원하는 마이크로프로그램 개발을 통하여 ISDB-T 방송 수신 회로 튜닝작업을 완료하였다.

그림 6은 수신감도가 향상되도록 설계된 안테나와 회로간의 정합된 PCB 샘플과 주요부품을 실장한 후의 수신회로의 H/W를 나타낸다.



(a) PCB 회로설계도



(b) 방송 수신기

그림 6. Oneseg 수신기  
Fig. 6. Oneseg receiver.

**B. 목업 샘플제작 및 시제품 테스트**

최종 제작된 휴대형 수신기는 초소형, 초경량 및 저전력이 가능하도록 DMB 본연에 기능에 충실하도록 심



그림 7. 시제품의 수신 성능 시험  
Fig. 7. Receive functional test.

표 1. H/W의 서비스 기능  
Table 1. Service function of H/W.

No.	기능	상세	비고
1	표시 Size	ITU_R601/656	Ana log(NTSC)변환용
		RGB888-24bit	OVGA(320x240)
			WVGA(480x272)
2	영상 출력	1세대방송출력 대응	
		스태레오방송대응	자동전환
		음향변환	Main, Sub전환
		음향신호변환	제1, 제2음향전환
3	음향	블록	24단계조절
			Command제어
4	문자방송	문자표시: 입력제한함	Command전환(대응중)
5	채널	채널변환	UP/DOWN 제어
			리모컨 ID 선택
6	탐색(Seek/Scan)	전채널 탐색	13-62ch 탐색
7	프리셋	Seek프리셋	자동프리셋 수 : 1
8	정보표시	채널번호	표시
		방송국명	표시
		프로그램명(방송시각)	표시
		프로그램내용상세정보	표시
	리스트	표시	Command제어(대응중)

플하고 간결하게 설계하였다. 추가적으로 자체 충전지를 내장하여 휴대성 및 건전지 교환에 의한 비용부담 최소화되게 설계한다.

그림 7은 일본 방송 송출기 (Leader장비) 로부터 송출된 신호를 수신하는 실험이다. 송출기로 ISDB-T 13 channel을 송출장비의 HDD에서부터 로딩(loading)하여 정해진 포맷으로 송출한다. 그러면 원세그 단말기가 근처를 천천히 움직이면서 수신하는 과정을 테스트하고 그 전송 오류확률을 계측기에 표시한다.

표 1은 제작된 원세그 단말기가 제공가능 한 H/W의 서비스 기능을 나타낸 것이다.

**IV. 추가 다이버시티 획득 방안**

1 Seg ISDB-T는 한 개의 segment로 이동환경에서 신호를 수신하기 때문에 수신기의 이동속도에 따른 도플러 주파수 변이 및 다중경로에 의한 간섭으로 일정한 SNR level을 유지하기 어려워서 DMB 방송수신이 중간에 끊어지는 현상이 있었다. 휴대형 DMB 단말기가 채택하는 안테나는 무지향 특성을 가지기 때문에 지향성 안테나 대비 SNR 이득이 떨어지고, 땅에서 1m 내외의 높이에서 동작하기 때문에 다중경로 신호로 인한 multipath effect 가 커진다. 즉, 수신기의 운동방향에 따라 수신감도가 변화한다. 그러므로 본 절에서는 OFDM 신호를 신뢰성 있게 수신가능하게 하는 다이버시티 기법을 도입한다.

**A. 시공간 블록코딩 (Space Time Block Coding)**

그림 9는 시공간 송신다이버시티 (Space Time

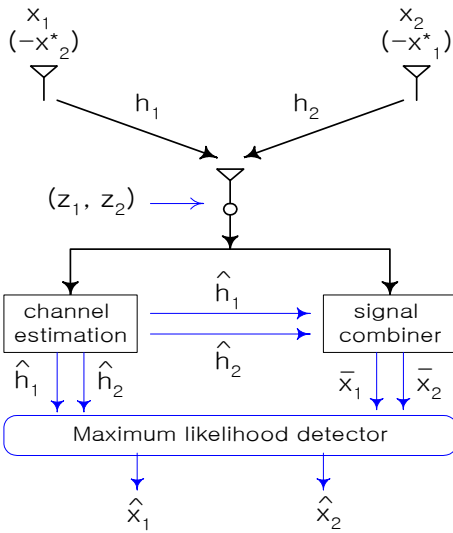


그림 9. 시공간 송신다이버시티 기법  
Fig. 9. Space Time Transmit Diversity (STTD).

Transmit Diversity ; STTD) 를 나타낸다. 송신시에 2 개의 안테나를 이용하여, 2회의 시간에 걸쳐 식 (1)의 규칙으로 송신하고, 수신시에는 식 (2)의 규칙으로 수신함으로써 수신 신호의 SNR을 극대화 시킬 수 있다.<sup>[8]</sup>

$$\begin{aligned} y_1 &= h_1x_1 + h_2x_2 + N \\ y_2 &= -h_1^*x_2 + h_2^*x_1 + N \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x_1 &= h_1^*y_1 + h_2y_2^* \\ x_2 &= h_2^*y_1 - h_1y_2^* \end{aligned} \quad (2)$$

식(1)의  $y_1, y_2$ 는 송신 안테나의 출력신호이고, 식(2)  $x_1$ 과  $x_2$ 는 수신안테나에 수신되는 신호로 계수파라미터  $h_1, h_2$ 의 조합으로 구성된다.

수신된 신호는 조합으로 채널추정과 신호조합기로 분리되어 각각 기능을 수행한다. 채널 추정기능에는 FFT 방식을 이용하나 본 연구에서는 속도면에서 연산 처리속도가 우수한 QFT 알고리즘을 이용한다. N인 DFT의 복소 데이터 수열은 다음과 같이 정의된다.

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j2\pi \frac{nk}{N}} \quad (3)$$

여기서  $0 \leq k \leq N-1$ 이다. 식(2)의 kernel 또는 기저함수 확장은 (4)처럼 우수부와 기수부를 갖는다.

$$e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} = \cos\left(\frac{2\pi}{N}nk\right) - j\sin\left(\frac{2\pi}{N}nk\right) \quad (4)$$

만일 복소 데이터  $x(n)$ 이 실수부와 허수부로 나누어지고, 각 부분이 우수대칭부와 기수대칭부로 좀더 세분화되면,

$$\begin{aligned} x(n) &= u(n) + jv(n) \\ &= [u_e(n) + u_o(n)] + j[v_e(n) + v_o(n)] \end{aligned} \quad (5)$$

$\theta_{nk} = 2\pi nk/N$  부호를 이용하면, 식(3)은

$$\begin{aligned} F(k) &= \sum_{n=0}^{N-1} [u(n) + jv(n)] \\ &\quad * [\cos\theta_{nk} - j\sin\theta_{nk}] \end{aligned} \quad (6)$$

기함수 주기의 적분수치에 대한 합은 0이고, 그 반주기에 대한 우함수의 합은 전체 주기에 대한 합의 반이 된다. DFT의 계산은 식(4)-(6)을 이용하여 계산하는 만큼의 곱셈에 있어서  $\frac{1}{2}$ , 덧셈에 있어서  $\frac{1}{2}$ 이 든다. 이는 시간함수 n에 대하여 sine 및 cosine함수의 대칭특성을 이용하였고, 길이가 복잡함과는 무관하다. 이 공식의 또 다른 관점은 곱셈과 덧셈 사이 분산 특성을 사용한 것이다. 즉, sine 이나 cosine의 값으로 두 개의 데이터 포인트를 곱하는 것보다 그 결과를 더하고, 데이터 포인트를 맨 처음 더한 뒤 sine과 cosine에 의한 합을 곱해야 한다.<sup>[9]</sup>

그림 10은 기존의 SISO(단일 안테나) 환경대비 제안하는 STTD 혹은 Alamouti 방법의 안테나 송신다이버시티를 채용하면 BER= $10^{-3}$  대비 약 6dB의 이득(gain)이 있음을 알 수 있다.

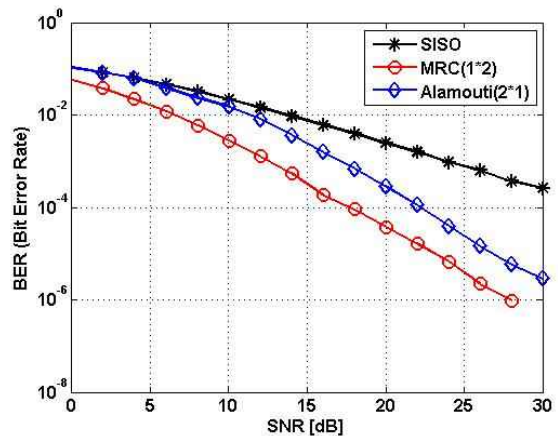


그림 10. STTD에서 송신 다이버시티의 수신 성능  
Fig. 10. Receive performance of transmitter diversity at STTD.

B. 협력 수신 다이버시티

(Cooperative Reception Diversity)

인접한 ISDB-T 단말 간에 자신이 수신한 DMB 수신신호 정보를 Bluetooth방식을 이용하여 서로 교환하고 활용함으로써 수신신호의 Diversity를 획득 할 수 있다<sup>[10]</sup>. 이를 통해 안정적인 수신신호의 SNR를 보장하여 끊임없는 방송수신을 가능케 한다. 두 개의 모바일 단 동작 방식을 설명하면 그림 11과 같다.

첫째, 인접한 원세그 수신기는 자신의 채널품질정보를 서로 교환함으로써 어떤 부반송파를 교환 혹은 합병하여야 이득이 날지를 알 수 있게 한다.

둘째, 자신이 수신하여 최종 결정한 데이터 정보를 인접 원세그와 교환하여 자신은 나쁜데 상대방에게는 더 좋은 품질로 수신된 데이터로 바꾸어 채택하거나, 두 정보를 병합하여 활용함으로써 다이버시티 이득을 극대화하여 신뢰성 있는 방송수신을 가능하게 한다.

ISDB-T 개개의 단말들은 수신된 자신의 신호와 인접 단말이 전송해준 부반송파의 신호를 아래의 3가지 방법을 이용하여 통합으로써 다이버시티 이득을 획득한다.

- SEL (Signal Selection) : 수신신호의 선택적 채용
- MRC (Maximum Ratio Combining) : 상대방의 채널 정보를 활용하여 두 가지 수신정보를 병합하여 활용함으로써 기존 단순 수신 및 선택적 채용보다 더 높은 다이버시티 이득을 획득할 수 있다.

그림 12는 QPSK 변조방식으로 신호가 전송되었을

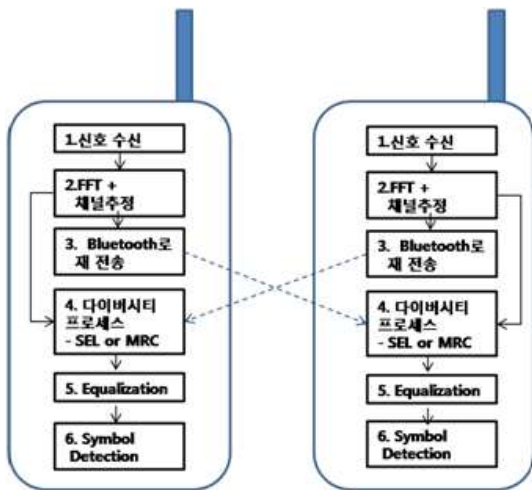


그림 11. 2개의 단말 수신기간의 신호교환을 통한 협력 수신 다이버시티 기법의 운용순서

Fig. 11. Coreceptive diversity methods from two mobile terminal for signals communication.

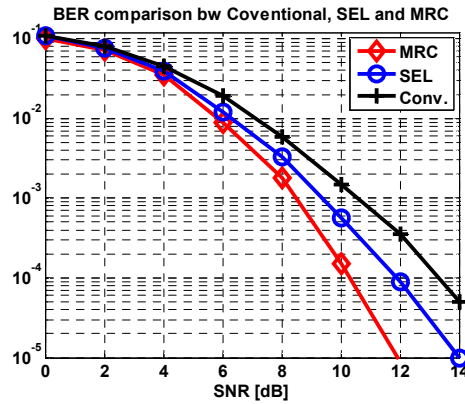


그림 12. 기존, SEL 및 MRC를 이용한 수신신호의 SNR 별 BER 성능 비교

Fig. 12. BER performance comparison of receive signal using existed, SEL and MRC.

때 각각의 SNR의 상황에서 기존의 방식과 SEL 및 MRC 방식을 이용하여 방송 데이터를 수신할 때의 비트오류확률 성능을 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 제안한 SEL 및 MRC 방식을 이용하면 기존대비  $10^{-4}$  오류확률에서 각각 최대 약 1.5dB 정도의 이득이 생김을 알 수 있다. 즉 ISDB-T 방송 수신에서 인접한 DMB 단말기 간에 Bluetooth를 이용하여 채널정보와 수신데이터 정보를 교환하면 기존대비 최대 3.5dB 이상의 수신 성능을 향상을 이룩함을 알 수 있다.

V. 결 론

원세그 서비스는 휴대 이동 단말기의 특성상 다중경로 페이딩 및 간섭환경에 취약한 구조를 가지고 있다. 이러한 원세그는 13개의 주파수 세그먼트 중 1개의 고정된 주파수 세그먼트만을 사용하는 지상 디지털 TV 방송의 Mobile용 방송서비스이다. 하지만 도심지역에서 단말기가 이동하면서 수신을 하기 때문에 다중경로 페이딩 및 건물과 터널로 인한 차도영 등의 문제로 수신시 신호 끊김 현상이 상당시간지속 될 수 있다.

따라서 방송을 시청하는 사용자의 특성과 수신시스템과 안테나의 PCB 튜닝을 통하여 방송의 수신 품질을 개선한 모바일 TV를 개발하였다. 추가적으로 시간, 공간(안테나), 서로 다른 기기간의 협력 등의 조합을 통한 다이버시티 획득방안을 도출하였고, 이를 적용하여 도심지의 이동환경에서도 끊김 없는 수신이 가능하도록 원세그 수신기를 개발하였다.

참고 문헌

[1] 이광순, 배재희, 허남호, 이수인, 한동석, “휴대 이동방송 기술동향”, 한국전자파학회, 전자파기술, 제19권 제3호 pp. 15-26, 2008. 5.

[2] 김용훈, “ISDB-T에 대해서”, 한국방송공학회, 방송공학회지, 제5권 제4호, pp. 22-31, 2000.12.

[3] 윤달환, 배동주, 정예현, 고현석 “ISDB-T를 이용한 원세그 개발”, 대한전자공학회, 대한전자공학회 2007년도 하계종합학술대회 논문집, 제30권 제1호, pp. 151-152, 2007.7.

[4] 조창연, 김준태, “ISDB-T 시스템에서의 채널 추정기의 성능 비교”, 대한전자공학회, 대한전자공학회 2008년 하계종합학술대회 pp. 193~194, 2008.6.

[5] 고민호, 박욱기, 신현식, 박효달, “디지털 지상파 및 다중 표준 수신을 위한 RF 모듈 설계”, 한국통신학회, 한국통신학회논문지, 제31권 제3A호 pp. 345~355, 2006.3.

[6] Nakahara S., Okano M., Takada M., Kuroda T., “Digital transmission scheme for ISDB-T and reception characteristics of digital terrestrial television broadcasting system in Japan”, Consumer Electronics, 1999. ICCE. International Conference on Digital Object, pp. 76 - 77, 1999.

[7] Tabata T., Asato H., Dang Hai Pham, Fujimoto M., Kikuma N., Hori S., Wada T., “Experimental study of adaptive array antenna system for ISDB-T high speed mobile reception”, Antennas and Propagation Society International Symposium, pp. 1697~1700, 2007.

[8] Alamouti S. M., “A simple transmit diversity technique for wireless communications”, Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, Vol. 16, Issue 8, pp. 1451 - 1458, 1998.

[9] H. Guo, G. A. Sittou, and C. S. Burrus, “ The quick discrete Fourier transform,” in *Proc. IEEE Int. conf. Acoust., Speech, Signal Process.*, Adelaide, Australia, pp.19~22, 1994.

[10] Okubo T., Itami M., “A study on cooperative reception of one segment ISDB-T”, Information Theory and Its Applications, 2008. ISITA 2008. pp. 1~6, 2008.

저자 소개



윤 달 환(정회원)  
 1987년~1993년 육군사관학교 교수  
 2001년~2003년 세명대학교 산업기술연구소장  
 2005년~2009년 (주)하이원 대표이사

1984년 한양대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 1986년 한양대학교 전자공학과 석사 졸업.  
 1994년 한양대학교 전자공학과 박사 졸업.  
 <주관심분야 : 통신, 신호처리, 전력전자>



조 면 균(정회원)  
 1994년 한양대학교 전자통신공학과 학사 졸업  
 1996년 한양대학교 전자통신공학과 석사 졸업.  
 1996년~2008년 삼성전자 통신연구소 시스템개발팀 책임연구원

2006년 연세대학교 전기전자공학과 박사 졸업.  
 2008년~세명대학교 정보통신학부 조교수.  
 <주관심분야 : 이동통신, 신호처리, 스마트그리드>

인 치 호(평생회원)  
 대한전자공학회 논문지  
 제 46 권 SD편 제1호 참조  
 현재 세명대학교 컴퓨터학부 교수