

논문-05-10-2-11

## 등화형 디지털 동일 채널 중계기 Part 2 : 필드 테스트 결과

박 성 익<sup>a)†</sup>, 이 용 태<sup>a)</sup>, 음 호 민<sup>a)</sup>, 서 재 현<sup>a)</sup>, 김 흥 묵<sup>a)</sup>, 김 승 원<sup>a)</sup>, 이 수 인<sup>a)</sup>

## Equalization Digital On-Channel Repeater Part 2 : Field Test Results

Sung Ik Park<sup>a)†</sup>, Yong-Tae Lee<sup>a)</sup>, Homin Eum<sup>a)</sup>, Jae Hyun Seo<sup>a)</sup>, Heung Mook Kim<sup>a)</sup>, Seung Won Kim<sup>a)</sup> and Soo-In Lee<sup>a)</sup>

### 요 약

본 논문에서는 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 지상파 디지털 TV 방식을 사용하는 등화형 동일 채널 중계기(Equalization Digital On-Channel Repeater: EDOCR)에 대한 필드 테스트 결과를 기술하고, 그 결과를 다양한 각도에서 분석한다. 캐나다 오타와에서 수행된 필드 테스트에서는 EDOCR 적용 여부, 안테나 및 수신기 종류에 따른 각 측정 지점의 수신 여부, C/N(Carrier to Noise Ratio), 수신 전계 강도, 수신 가능 방위각, 잡음 마진 및 입력 마진 등을 측정하였다. 필드 테스트 결과에 의하면, 지향성 안테나와 2004년에 제작된 수신기를 사용한 경우 EDOCR을 적용하지 않았을 때 수신율이 33 %였지만, EDOCR을 적용한 후 수신율이 100 %로 증가하였을 뿐 아니라, 수신의 양호성을 결정하는 잡음 마진도 최소 6 dB 이상 증가하여 EDOCR을 이용한 SFN(Single Frequency Network) 구현 가능성을 검증하였다.

### Abstract

This paper presents and analyzes field test results of Equalization Digital On-Channel Repeater (EDOCR) using ATSC(Advanced Television Systems Committee) terrestrial digital TV broadcasting system. In the field test, according to EDOCR On/Off, types of antennas and receivers we measured reception possibility, C/N(Carrier to Noise Ratio), reception power, noise and input margin at each test point. By the field test results, the reception rate of the receiver manufactured in 2004 was 33% when EDOCR is off and directional antenna is used. However, the reception rate was 100% when EDOCR is on. In addition, the noise margin, which determines reception quality was increased at least 6 dB, so that it is capable of constructing SFN(Single Frequency Network) using the EDOCR.

**Keywords :** ATSC, SFN, EDOCR, 필드 테스트

### I. 서 론

본 논문은 캐나다 CRC(Communications Research Centre)에서 수행된 EDOCR 실험실 테스트의 연속으로서,

a) 한국전자통신연구원 디지털방송연구단  
Digital Broadcasting Research Division, ETRI

오타와 지역에서 수행된 EDOCR에 대한 필드 테스트 절차 및 결과를 기술하고, 그 결과를 다양한 각도에서 분석한다. 필드 테스트를 위한 측정 항목으로는 EDOCR 적용 여부, 안테나 및 수신기 종류에 따른 각 측정 지점의 수신 여부, C/N, 수신 전계 강도, 수신 가능 방위각, 잡음 마진 및 입력 마진 등이다. 뿐만 아니라, 본 논문에서는 필드 테스트 지역

의 환경, 주송신기 및 EDOCR의 상세사항, 측정 차량 구성, 테스트를 위해 사용된 수신기의 성능에 관해서도 살펴본다.

## II. EDOCR 이란?

DOCR은 송신기의 방송 신호가 약하게 수신되는 지역에 설치하여 난시청 지역을 해소하고 송신기 신호의 전송 영역을 넓히는 역할을 한다. 참고 문헌 [1~4]에서 기존 DOCR이 가지는 단점을 해결한 EDOCR을 제안하였으며, 그 특징들은 다음과 같다:

- ① EDOCR은 FEC 복호 및 부호화부를 사용하지 않기 때문에 DOCR 입력 신호와 출력 신호가 서로 다른, 즉 모호성(ambiguity) 문제를 가지지 않는다.
- ② EDOCR은 복조부를 사용하기 때문에 수신 신호의 선택성이 우수하다. 즉, 인접 채널 제거 능력이 우수하다.
- ③ EDOCR은 TBD (Trellis Back Depth)가 1인 트렐리스 복호기를 판정 장치(decision device)로 가지는 블라인드(blind) DFE

(Decision Feedback Equalizer)를 사용한다<sup>[5]</sup>. 이러한 블라인드 DFE는 송신기와 EDOCR 사이의 전송로에 의해 야기된 잡음 및 중경로 신호를 제거할 수 있기 때문에, EDOCR 출력 신호 품질을 입력 신호보다 우수하게 만든다. 또한, EDOCR 송/수신 안테나의 낮은 분리도(isolation)로 인해 야기된 피드백 신호를 제거할 수 있기 때문에, EDOCR 송신 출력을 기존 DOCR 대비 10배 이상 높일 수 있다.

- ④ EDOCR은 재변조부를 사용하기 때문에 송신 신호의 대역외 방사 규격을 만족한다.

## III. EDOCR 필드 테스트를 위한 구성

### 1. 필드 테스트 환경

필드 테스트를 위해 단층 건물 및 고층 빌딩이 많고, 오타와 강 쪽으로 하향 경사진 오타와 시내 지역이 선정되었다. 오타와 시내의 북쪽 일부 지역은 지형적 차단 및 고층

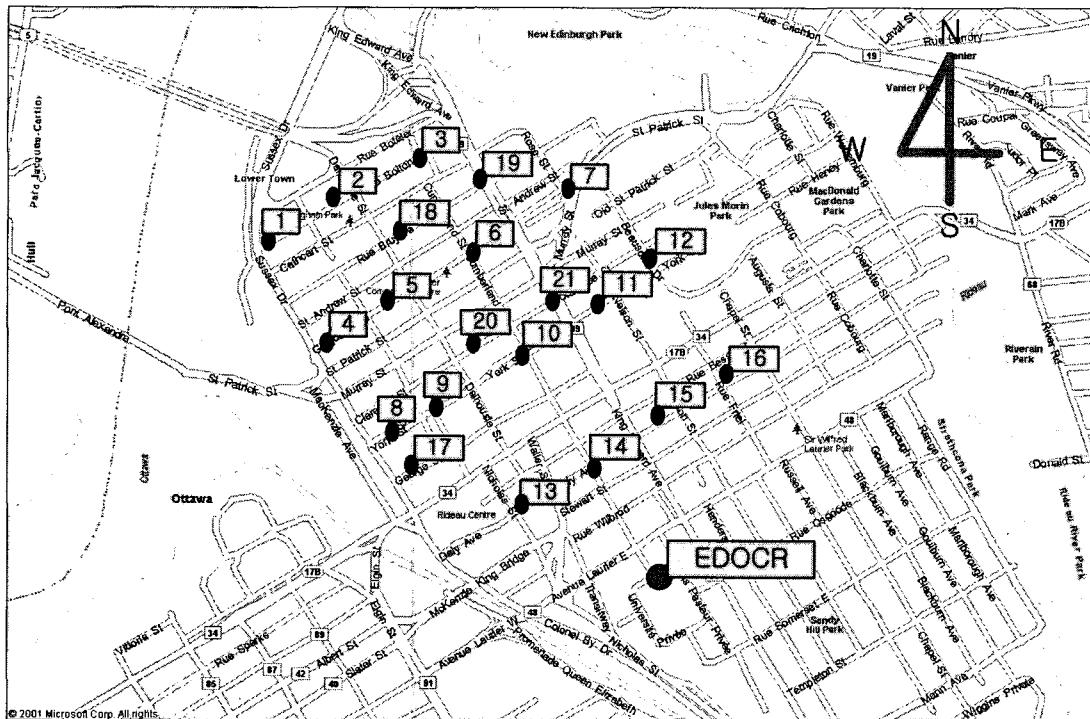


그림 1. 21개의 측정 지점 및 EDOCR의 위치  
Fig. 1. 21 test points and location of EDOCR



그림 2. 측정 지역 사진.

Fig. 2. Test area picture.

건물에 의해 Manotic에 설치된 주송신기로부터의 신호 수신이 약하거나 불가능하다. 이러한 지역의 방송 구역 확대를 위해 EDOCR을 설치하여 필드 테스트를 수행하였다. 오타와 시내의 북쪽 지역에 21개의 측정 지점이 선정되었으며, 측정 지점 및 EDOCR의 위치, 측정 지역의 모습은 그림 1 및 2와 같고, 각 측정 지점에 대한 좌표, 거리, 방위각에 대한 정보는 표 1과 같다. 열악한 환경에서의 측정을 위해, 모든 측정 지점에서의 수신은 도로 옆 인도에서 1.5m 높이의 안테나를 사용하였다. 또한, 대부분의 측정 지점에서는 주송신기 및 EDOCR로부터의 직접 경로가 건물에 의해 차단되며, 자동차 및 건물로 인한 강한 정적/동적 다중 경로가 존재한다.

표 1. 21개의 측정 지점에 대한 좌표, 거리, 방위각

Table 1. Coordinates, distances, and bearings for the 21 test points

측정 지점	좌표		거리 (km)		방위각(degree)	
	N	W	주송신기	EDOCR	주송신기	EDOCR
LT1	45°25'58"	75°41'54"	26.21	1.51	156.35	130.10
LT2	45°26'01"	75°41'50"	26.23	1.48	156.61	134.74
LT3	45°26'05"	75°41'40"	26.26	1.44	157.15	144.34
LT4	45°25'48"	75°41'48"	25.87	1.22	156.34	123.01
LT5	45°25'54"	75°41'35"	25.91	1.11	157.04	137.81
LT6	45°25'57"	75°41'29"	25.95	1.11	157.43	147.00
LT7	45°26'03"	75°41'16"	26.01	1.16	158.17	164.21
LT8	45°25'39"	75°41'40"	25.54	0.93	156.45	113.97
LT9	45°25'41"	75°41'34"	25.55	0.84	156.78	121.94
LT10	45°25'47"	75°41'23"	25.61	0.77	157.44	142.87
LT11	45°25'52"	75°41'10"	25.65	0.79	158.12	165.41
LT12	45°25'56"	75°41'03"	25.71	0.90	158.55	177.03
LT13	45°25'32"	75°41'23"	25.18	0.50	157.01	106.70
LT14	45°25'37"	75°41'12"	25.24	0.40	157.64	141.71
LT15	45°25'40"	75°41'02"	25.25	0.42	158.23	178.44
LT16	45°25'44"	75°40'54"	25.30	0.56	158.69	196.73
LT17	45°25'35"	75°41'35"	25.38	0.78	156.57	109.00
LT18	45°25'60"	75°41'36"	26.09	1.26	157.18	143.01
LT19	45°26'04"	75°41'28"	26.13	1.27	157.65	153.02
LT20	45°25'48"	75°41'27"	25.68	0.86	157.29	139.83
LT21	45°25'52"	75°41'19"	25.72	0.86	157.75	153.49

표2. 주송신기 및 EDOCR로부터의 거리 및 시간 지연

Table 2. Distances and delays from Main Transmitter and EDOCR

항목	주송신기	EDOCR
측정 지점까지의 거리	25.18 ~ 26.26 km	0.40 ~ 1.51 km
측정 지점의 전계 강도 (표7 참조, 무지향성 안테나 사용)	-63 ~ -82 dBm	-34 ~ -61 dBm
측정 지점까지의 시간 지연	83.9 ~ 87.5 μs	1.3 ~ 5 μs
주송신기로부터의 거리	N/A	24.85 km
주송신기로부터의 시간 지연	N/A	82.8 μs
시스템 지연	N/A	5.5 μs
주송신기 및 EDOCR로부터 측정 지점까지의 전체 시간 지연	83.9 ~ 87.5 μs	89.6 ~ 93.3 μs
주송신기 및 EDOCR로부터 측정 지점까지의 신호들 사이의 시간 지연		5.5 to 6.3 μs

표 2는 주송신기 및 EDOCR로부터 측정 지점까지의 거리 및 시간 지연을 나타낸다. 표 2에 의하면, 주송신기 및 EDOCR로부터 송출된 신호들 간의 시간 지연은 5.5에서 6.3μs 사이에 존재할 것으로 예상된다. 각 측정 지점에서는 EDOCR로부터 수신된 신호의 전력이 주송신기로부터 수신된 신호의 전력보다 상대적으로 높기 때문에, 주송신기로부터 수신된 신호는 시간 지연이 5.5에서 6.3μs인 프리에코(pre-echo)로서 작용할 것으로 예상된다.

## 2. 주송신기 구성

주송신기는 오타와 남쪽으로 25km 떨어진 Manotic ( $N45^{\circ}13'01''$ ,  $W75^{\circ}33'51''$ )의 Rogers 방송 타워에 설치되어 있으며, 타워의 높이는 209m이고 안테나의 EHAAT(Effective Height Above Average Terrain)는 215.4m이다. 19.39 Mbps MPEG-2 비디오 신호는 8-VSB 변조기에 의해 변조되고, 채널 67(788-794MHz)로 상향 변환되며, 2.5kW 급의 HPA(High Power Amplifier)에 의해 증폭된다. 증폭된 신호는 채널 65번의 NTSC 신호와 결합된 후,

수평 편파를 가지는 16dBi 이득의 Panel 안테나를 통해 송신된다.

## 3. EDOCR 구성

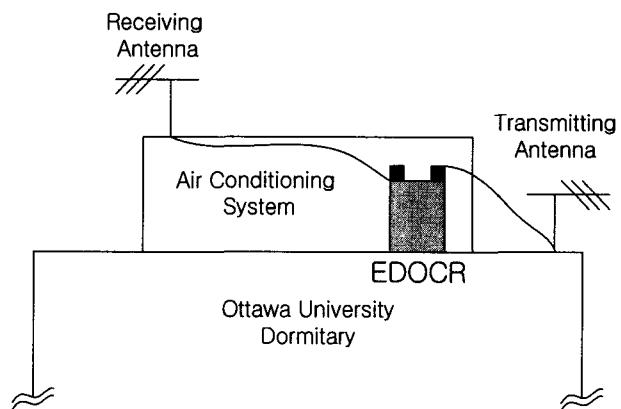


그림 3. EDOCR 송수신 안테나 배치도

Fig. 3. Set-up Diagram of EDOCR Transmitting/Receiving Antenna

EDOCR은 오타와 대학의 20층 기숙사 건물에 설치되었으며, 범폭이 60도인 8.65dBi LP(Log-Periodic) 안테나를 송신 안테나로, 14.15dBi Yagi 안테나를 수신 안테나로 사용하였다. EDOCR 송신 안테나는 20층 건물의 지붕에, 수신 안테나는 건물 냉각 시스템으로 20층 건물의 지붕에 설치된 간이 창고의 지붕에 각각 설치되었으며, 그 배치도는 그림 3과 같다. 이러한 안테나 배치로 인한 EDOCR RF 입/출력 신호의 격리도는 110dB이며, 주송신기로부터 수신된 EDOCR RF 입력 신호 레벨은 40dBm이다. 필드 테스트를 위한 EDOCR RF 출력 전력은 43dBm(20 Watts)이며, 송신 안테나의 출력 전력, 즉 EIRP(Effective Isotropically Radiated Power)는 48.5dBm(70.8 Watts)이다. EDOCR 출력으로부터 입력으로 궤환되는 신호의 RF 레벨은 67dBm이기 때문에, 궤환된 신호의 레벨은 주송신기로부터 수신된 신호의 RF 레벨보다 27dB 낮다. 실험실 테스트 결과에 의하면 [6], 입력신호와 궤환신호 사이의 최소 D/U가 5.5dB이므로 21.5dB의 마진이 존재한다. 이러한 EDOCR의 구성은 표 3에 나타난다.

표3. EDOCR 상세사항

Table 3. Specifications of the EDOCR

상세사항	결과
RF 입/출력 격리도	110 dB
EDOCR RF 입력 레벨	-40 dBm
EDOCR RF 출력 레벨	+43 dBm (20 Watts)
케이블 및 연결소자 손실	3 dB
EDOCR 송신 안테나 이득	8.65 dBi
EIRP	+48.5 dBm (70.8 Watts)
궤환 신호 레벨	-67 dBm (43 dBm - 110 dB)
RF 입력신호와 궤환신호의 비 (D/U)	27 dB (-40 dBm - (-67 dBm))
최소 D/U	5.5 dB (실험실 테스트 결과) [6]
궤환신호 마진	21.5 dB (27 dB - 5.5 dB)
EDOCR 시스템 지연	5.5 $\mu$ s (실험실 테스트 결과) [6]
EDOCR 출력 SNR	32 ~ 35 dB

#### 4. 수신 안테나 구성

필드 테스트를 위한 수신 안테나로는 1.5 m 높이의 능동 형 지향성 및 무지향성 안테나가 각각 사용되었으며, 두 안테나의 팬(pan)과 틸트(tilt)는 안테나 자세 원격제어 시스템에 의해 제어된다. 지향성 안테나는 범폭이 60도인 Silver Sensor 안테나이고, 무지향성 안테나는 Omnimax 안테나이며, 두 안테나는 2.9dB 잡음 지수를 가지는 LNA(Low Noise Amplifier)에 연결된다. 수신 안테나 출력 즉, 안테나에 연결된 LNA의 출력은 15m 길이의 케이블을 통해 측정 차량에 연결되며, 그 구조는 그림 4와 같다.

#### 5. 측정 차량 구성

그림 5는 측정 차량 장비 구성도이다. 그림 5에 의하면,



그림 4. 측정 차량에 연결된 안테나 구성

Fig. 4. Antenna set-up with the test van

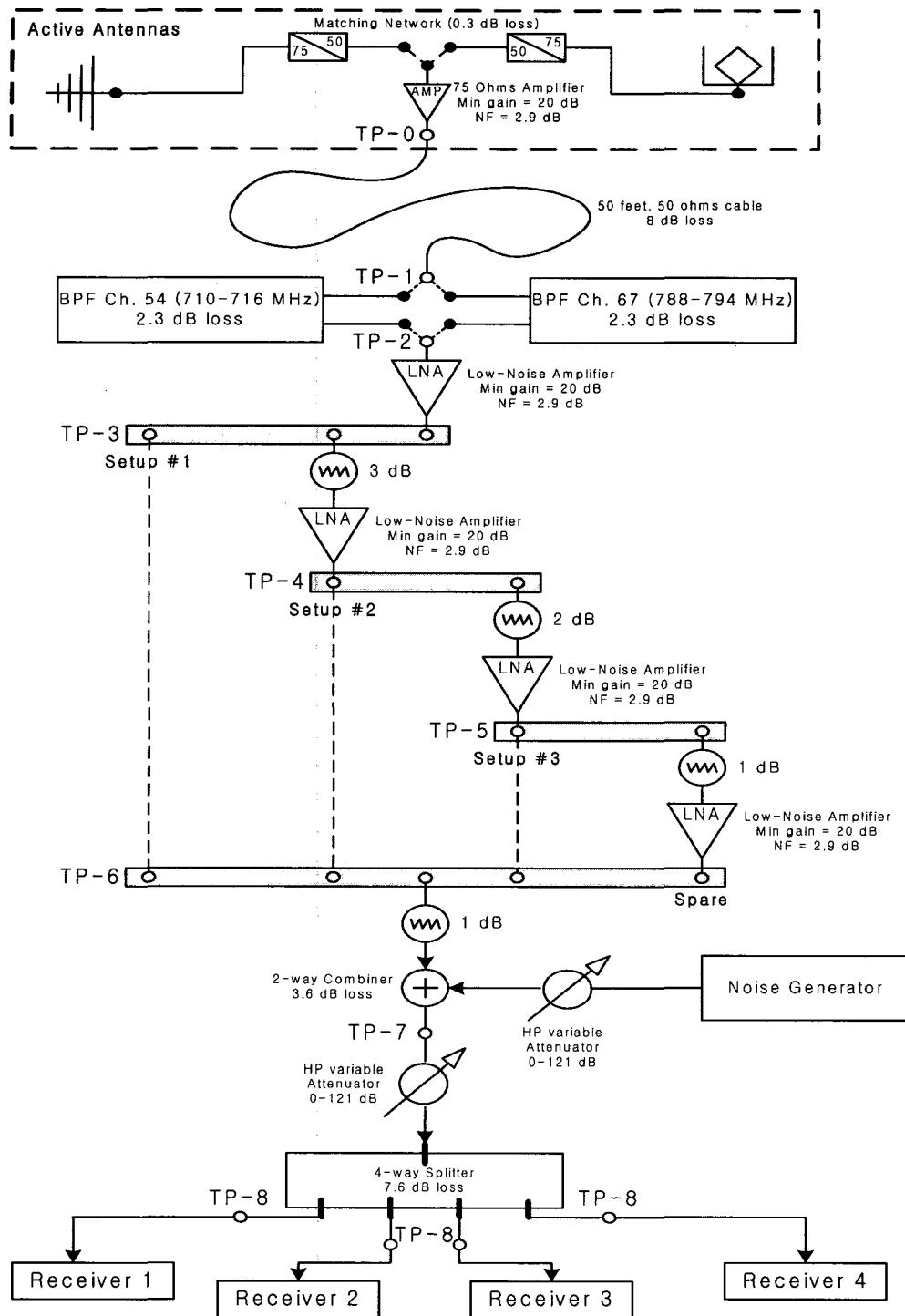


그림 5. 측정 차량 구성

Fig. 5. Test van set-up

수신 안테나는 8dB의 손실을 가지는 15m 길이의 케이블에 의해 TP-1에 연결되며, TP-3에서의 수신신호의 레벨에 따라 TP-2와 TP-6 사이에서 사용되는 LNA의 수가 결정된다. 다수의 LNA가 사용되는 이유는 수신 신호의 레벨을 TP-6과 TP-7 사이에서 사용되는 장치들의 평균

잡음 전력보다 높아기 위함이다. 하지만, TP-7과 4출력 분배기(splitter) 사이의 감쇄기는 수신 안테나 출력(TP-0)에서 수신기 입력(TP-8)까지의 전체 이득을 지향성 안테나의 경우 -5dB로, 무지향성 안테나의 경우 0dB로 각각 조정한다. 지향성 안테나를 사용한 측정에서 전

표4. 지향성 안테나를 위한 LNA 수에 따른 구성

Table 4. Different setups with different number of LNA for the Directional Antenna

지향성 안테나 (SILVER SENSOR)			
평균 전력	SETUP #1	SETUP #2	SETUP #3
안테나 출력(No LNA)	-32 to -52 dBm	-52 to -72 dBm	-72 to -92 dBm
TP-0 (안테나 출력)	-12 to -32 dBm	-32 to -52 dBm	-52 to -72 dBm
Cable Loss	8 dB	8 dB	8 dB
TP-1 (Van antenna input)	-20 to -40 dBm	-40 to -60 dBm	-60 to -80 dBm
TP-2 (bandpass filter out)	-23 to -43 dBm	-43 to -63 dBm	-63 to -83 dBm
TP-3 (LNA#1 출력)	-3 to -23 dBm	-23 to -43 dBm	-43 to -63 dBm
TP-4 (LNA#2 출력)	TP-3	-6 to -26 dBm	-26 to -46 dBm
TP-5 (LNA#3 출력)	TP-3	TP-4	-8 to -28 dBm
TP-6 (LNA#4 출력)	SPARE	SPARE	SPARE
TP-7 (결합기 출력)	-7 to -27 dBm	-10 to -30 dBm	-12 to -32 dBm
TP-8 (수신기 입력)	-17 to -37 dBm	-37 to 57 dBm	-57 to -77 dBm
LNA의 수	1	2	3
HP 감쇄기 (dB)	2	19	37
시스템 이득(TP-0 to TP-8)	-5 dB	-5 dB	-5 dB

표5. 무지향성 안테나를 위한 LNA 수에 따른 구성

Table 5. Different setups with different number of LNA for the Omni-directional Antenna

SETUP #3			
안테나 출력(No LNA)	-32 to -52 dBm	-52 to -72 dBm	-72 to -92 dBm
TP-0 (안테나 출력)	-12 to -32 dBm	-32 to -52 dBm	-52 to -72 dBm
Cable Loss	8 dB	8 dB	8 dB
TP-1 (Van antenna input)	-20 to -40 dBm	-40 to -60 dBm	-60 to -80 dBm
TP-2 (bandpass filter out)	-23 to -43 dBm	-43 to -63 dBm	-63 to -83 dBm
TP-3 (LNA#1 출력)	-3 to -23 dBm	-23 to -43 dBm	-43 to -63 dBm
TP-4 (LNA#2 출력)	TP-3	-6 to -26 dBm	-26 to -46 dBm
TP-5 (LNA#3 출력)	TP-3	TP-4	-8 to -28 dBm
TP-6 (LNA#4 출력)	SPARE	SPARE	SPARE
TP-7 (결합기 출력)	-7 to -27 dBm	-10 to -30 dBm	-12 to -32 dBm
TP-8 (수신기 입력)	-15 to -35 dBm	-32 to 52 dBm	-52 to -72 dBm
LNA의 수	1	2	3
HP 감쇄기	0	14	32
시스템 이득(TP-0 to TP-8)	-3 dB	0 dB	0 dB

체 시스템 이득이 5dB인 이유는 무지향성 안테나의 측정 결과와 동일한 조건에서 비교하기 위함이다. 표 4와 5는 수신 신호의 레벨에 따른, 즉 LNA의 수에 따른 지향성 및 무지향성 안테나를 사용한 측정에서 전체 시스템 이득을 조정하기 위한 감쇄 값 및 수신 차량 구성을 각각 보여준다. 여기서, 표 5의 SETUP #1은 수신 전계 강도가 높아서 측정을 위한 전체 시스템 이득을 0dB가 아닌 3dB로 조정하였다. 예를 들어, 표 4의 TP-3에서의 수신 신호의 레벨이 43에서 63dBm 사이에 있다면, 감쇄 값이 37dB인 3개의 LNA를 사용하는 SETUP #3의 배치가 사용된다.

## 6. 필드 테스트를 위한 수신기 특성

필드 테스트를 위해 다음과 같은 3개의 수신기가 사용되었다.

- 2001년도에 제작된 수신기 A
- 2004년도에 제작된 수신기 B
- 2004년도에 제작된 수신기 C

각 수신기별 등화기의 단일 정적 에코 제거 능력은 표 6과 같다. 수신기 테스트 과정에서 단일 에코의 위상 변화에 무관하게 하기 위하여 0.2Hz의 느린 도플러가 삽입되었으며, 수신기 입력 신호의 레벨은 53dBm이다. 표 6에 의하면, 2004년도에 제작된 수신기들의 프리에코

(pre-echo) 제거 능력이 2001년도에 비해 크게 향상됨을 알 수 있다.

## IV. 테스트 절차 및 결과

### 1. 테스트 절차

필드 테스트는 다음과 같은 4가지 상황에서 수행되었다.

- EDOCR "OFF" 상태에서의 지향성 안테나를 사용한 측정
- EDOCR "OFF" 상태에서의 무지향성 안테나를 사용한 측정
- EDOCR "ON" 상태에서의 지향성 안테나를 사용한 측정
- EDOCR "ON" 상태에서의 무지향성 안테나를 사용한 측정

또한, 테스트 절차 및 측정 항목은 다음과 같다:

- ① 안테나 설치: 지향성 안테나의 경우 안테나 입력 신호의 레벨이 가장 큰 곳으로 안테나 방향을 조정한다.
- ② 측정 차량 구성 결정: 스펙트럼 분석기를 사용하여 TP-3에서 수신 신호의 레벨을 측정하고, 레벨에 따른 표 4 및 5의 LNA 수에 따른 측정 차량의 구성을 결정한다.
- ③ C/N 측정: TP-6에서 디중경로 신호가 포함된 C/N을 측정한다.
- ④ 수신 성공 여부 결정: 수신기로부터 출력된 영상 신호 및 음성 신호를 관찰하여 수신 여부를 결정한다.
- ⑤ 잡음 마진 측정: 잡음 신호 생성기를 이용하여 TOV(Threshold of Visibility)에 도달할 때까지 잡음 신호를 증가시키고, TP-7에서 C/N을 측정한다. 그 후, TP-6에서 측정된 C/N과의 차이 즉, 잡음 마진을 계산한다.

표 6. 수신기 등화기의 성능

Table 6. Receiver Equalizer Range

에코 전력 (dB)	에코 시간 지연 ( $\mu$ s)					
	수신기 A (2001년)		수신기 B (2004년)		수신기 C (2004년)	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
-10	-3.0	40.0	-24.0	59.5	-50.0	59.5
-6	-1.0	39.0	-8.5	59.0	-26.0	59.0
-3	수신불가	수신불가	-5.5	21.0	-13.5	21.0
0	수신불가	수신불가	수신불가	수신불가	수신불가	수신불가

- ⑥ 입력 마진 측정: TP-7에서의 신호를 감쇄기를 사용하여 TOV에 도달할 때까지 감소시킨다. 그 후, 단계 ②에서 결정된 감쇄기 값과의 차이, 즉 입력 마진을 계산한다.
- ⑦ 수신 가능 방위각 측정: 지향성 안테나를 사용하는 경우, 수신 가능한 방위각을 안테나 방향을 1도씩 회전하며 측정한다.

여기서, 잡음 마진, 입력 마진 그리고 수신 가능 방위각은 수신이 성공할 경우에 한하여 측정된다. 위와 같은 테스트 절차 및 측정 항목은 사용되는 수신기와 EDOCR ON/OFF 및 수신 안테나에 따라 반복 수행된다.

## 2. 테스트 결과

표 7은 EDOCR 적용여부 및 안테나(지향성 및 무지향

성)에 따른 TP-8에서의 수신 전력을 나타낸다. 표 7의 수신 전력 차이는 주송신기에 의해 야기된 시간 지연이 5.5에서  $6.3\mu s$ 인 프리에코를 나타낸다. 지향성 안테나 경우, EDOCR 적용여부에 따라 안테나의 지향 방향이 다를 수 있기 때문에 프리에코의 크기가 표 7의 수신 전력 차이보다 작을 수 있다. 무지향성 안테나 경우, 21개의 측정 지점 중에서 8(38%)개 측정 지점의 프리에코의 크기가 18 dB 보다 크다. 랩 테스트 결과에 의하면, 2001년도에 제조된 수신기 A는 5.5에서  $6.3\mu s$ 의 시간 지연을 가지는 프리에코에 대해 수신하지 못한다<sup>[6]</sup>. 이 경우 수신기는 주송신기로부터의 신호를 프리에코가 아닌 잡음으로 인식한다. 표 8~11은 EDOCR 적용여부, 안테나 및 수신기에 따른 C/N(TP-6에서 측정), 수신 전력(TP-8에서 측정), 잡음/입력 마진 측정

표 7. TP-8에서의 EDOCR 적용여부에 따른 수신 전력

Table 7. Received power at TP-8 with EDOCR "ON" and "OFF"

SITE #	TP-8에서의 수신 전력 (dBm)					
	지향성 안테나			무지향성 안테나		
	EDOCR "ON"	EDOCR "OFF"	차이 (dB)	EDOCR "ON"	EDOCR "OFF"	차이 (dB)
LT1	-59.66	-73.85	14.19	-64.19	-76.58	12.39
LT2	-45.27	-71.76	26.49	-52.15	-75.22	23.07
LT3	-52.85	-72.00	19.15	-56.27	-73.39	17.12
LT4	-52.41	-64.87	12.46	-57.63	-71.59	13.96
LT5	-33.75	-63.84	30.09	-40.41	-70.62	30.21
LT6	-39.38	-72.15	32.77	-41.16	-78.12	36.96
LT7	-42.49	-68.94	26.45	-45.47	-76.00	30.53
LT8	-56.59	-74.64	18.05	-59.73	-77.21	17.48
LT9	-52.23	-73.50	21.27	-58.32	-76.41	18.09
LT10	-39.49	-64.84	25.35	-45.85	-70.95	25.10
LT11	-58.45	-74.13	15.68	-59.12	-76.70	17.58
LT12	-46.09	-72.05	25.96	-51.35	-75.22	23.87
LT13	-30.07	-60.00	29.93	-35.20	-64.91	29.71
LT14	-24.79	-60.17	35.38	-34.44	-63.57	29.13
LT15	-50.18	-65.96	15.78	-47.95	-70.89	22.94
LT16	-45.65	-63.73	18.08	-52.85	-68.29	15.44
LT17	-49.83	-70.07	20.24	-53.40	-73.77	20.37
LT18	-61.95	-76.13	14.18	-66.15	-81.90	15.75
LT19	-43.46	-72.55	29.09	-50.96	-78.93	27.97
LT20	-49.04	-73.38	24.34	-52.63	-76.46	23.83
LT21	-40.97	-75.30	34.33	-46.51	-76.80	30.29

표 8. EDOCR "Off", 지향성 안테나 및 수신기에 따른 각 측정 지점에서의 C/N, 수신 전력, 잡음/입력 마진 및 수신율.  
Table 8. C/N, received power, and noise/inputmargin for the three receivers at 21 test points with EDOCR "OFF" and Directional Active Antenna.

SITE #	C/N @ TP-6 (dB)	수신 전력 @ TP-8 (dBm)	잡음 / 입력 마진 (dB)		
			수신기 A	수신기 B	수신기 C
LT1	17.17	-73.85	No DTV	No DTV	No DTV
LT2	19.27	-71.76	No DTV	No DTV	No DTV
LT3	19.16	-72.00	No DTV	No DTV	TOV
LT4	25.66	-64.87	7.3/17	8.3/17	8.3/18
LT5	26.02	-63.84	No DTV	7.1/15	6.9/16
LT6	18.68	-72.15	No DTV	No DTV	Marginal
LT7	22.11	-68.94	<1 dB/4	2.4/8	2.6/9
LT8	16.05	-74.64	No DTV	No DTV	No DTV
LT9	17.11	-73.50	No DTV	No DTV	No DTV
LT10	25.83	-64.84	No DTV	5.2/11	2.5/9
LT11	16.31	-74.13	No DTV	No DTV	No DTV
LT12	18.64	-72.05	No DTV	No DTV	No DTV
LT13	29.41	-60.00	8.0/16	11.0/18	11.2/19
LT14	29.72	-60.17	No DTV	TOV	TOV
LT15	24.76	-65.96	No DTV	4.0/12	3.8/12
LT16	26.57	-63.73	10.4/18	10.7/19	10.4/19
LT17	19.95	-70.07	No DTV	No DTV	No DTV
LT18	14.81	-76.13	No DTV	No DTV	No DTV
LT19	18.50	-72.55	No DTV	No DTV	No DTV
LT20	17.59	-73.38	No DTV	No DTV	No DTV
LT21	15.34	-75.30	No DTV	No DTV	No DTV
Reception %			4/21 (19%)	7/21 (33%)	7/21 (33%)

표 9. EDOCR "On", 지향성 안테나 및 수신기에 따른 각 측정 지점에서의 C/N, 수신 전력, 잡음/입력 마진 및 수신율.  
Table 9. C/N, received power, and noise/input margin for the three receivers at 21 test points with EDOCR "ON" and Directional Active Antenna.

SITE #	C/N @ TP-6 (dB)	수신 전력 @ TP-8 (dBm)	잡음 / 입력 마진 (dB)		
			수신기 A	수신기 B	수신기 C
LT1	30.89	-59.66	No DTV	11.7 / 19	11.9 / 20
LT2	41.62	-45.27	24.3 / 36	25.0 / 36	24.8 / 36
LT3	37.37	-52.85	16.1 / 28	20.8 / 29	21.0 / 30
LT4	37.03	-52.41	Note	19.9 / 29	19.1 / 29
LT5	44.02	-33.75	27.1 / 49	27.3 / 49	27.4 / 49
LT6	45.28	-39.98	29.9 / 44	29.1 / 44	29.5 / 44

LT7	44.17	-42.49	27.9 / 39	28.2 / 38	28.3 / 40
LT8	33.41	-56.59	Note	14.4 / 22	14.4 / 23
LT9	36.6	-52.23	TOV	16.8 / 28	17.5 / 28
LT10	43.4	-39.49	25.4 / 40	26.2 / 41	26.4 / 42
LT11	30.77	-58.45	No DTV	12.0 / 20	13.0 / 21
LT12	41.63	-46.09	25.4 / 35	25.6 / 35	25.5 / 36
LT13	45.70	-30.07	29.9 / 52	29.8 / 52	29.9 / 53
LT14	47.21	-24.79	31.2 / 55	31.7 / 55	31.3 / 55
LT15	38.18	-50.18	No DTV	18.9 / 27	18.0 / 29
LT16	42.87	-45.65	TOV	25.1 / 38	25.5 / 38
LT17	38.08	-49.83	Note	15.5 / 25	15.8 / 26
LT18	28.16	-61.95	No DTV	5.5 / 8	6.6 / 12
LT19	44.92	-43.46	23.6 / 39	25.5 / 40	23.2 / 40
LT20	39.46	-49.04	19.8 / 30	21.9 / 30	21.4 / 31
LT21	42.22	-40.97	23.7 / 38	25.0 / 39	25.1 / 40
<b>Receptions %</b>			<b>12/21 (57%)</b>	<b>21/21 (100%)</b>	<b>21/21 (100%)</b>

Note : 최대 전계 강도에서는 나오지 않지만, 다른 각도에서는 수신 가능

표 10. EDOCR "Off", 무지향성 안테나 및 수신기에 따른 각 측정 지점에서의 C/N, 수신 전력, 잡음/입력 마진 및 수신율.  
Table 10. C/N, received power, and noise/input margin for the three receivers at 21 test points with EDOCR "OFF" and Omni-directional Active Antenna.

SITE #	C/N @ TP-6 (dB)	수신 전력 @ TP-8 (dBm)	잡음 / 입력 마진 (dB)		
			수신기 A	수신기 B	수신기 C
LT1	10.36	-76.5/8	No DTV	No DTV	No DTV
LT2	11.17	-75.22	No DTV	No DTV	No DTV
LT3	13.19	-73.39	No DTV	No DTV	No DTV
LT4	14.63	-71.59	No DTV	No DTV	No DTV
LT5	16.04	-70.62	No DTV	No DTV	No DTV
LT6	8.13	-78.12	No DTV	No DTV	No DTV
LT7	10.66	-76.00	No DTV	No DTV	No DTV
LT8	9.37	-77.21	No DTV	No DTV	No DTV
LT9	9.92	-76.41	No DTV	No DTV	No DTV
LT10	15.35	-70.95	No DTV	No DTV	No DTV
LT11	9.82	-76.70	No DTV	No DTV	No DTV
LT12	11.22	-75.22	No DTV	No DTV	No DTV
LT13	21.64	-64.91	No DTV	< 1 dB / 4	< 1 dB / 4
LT14	22.45	-63.57	Marginal	TOV	TOV
LT15	15.55	-70.89	No DTV	No DTV	No DTV
LT16	18.57	-68.29	No DTV	No DTV	No DTV
LT17	13.09	-73.77	No DTV	No DTV	No DTV
LT18	4.68	-81.90	No DTV	No DTV	No DTV
LT19	7.90	-78.93	No DTV	No DTV	No DTV

LT20	10.23	-76.46	No DTV	No DTV	No DTV
LT21	9.70	-76.80	No DTV	No DTV	No DTV
<b>Reception %</b>			<b>0/21 (0%)</b>	<b>1/21 (5%)</b>	<b>1/21 (5%)</b>

표 11. EDOCR "On", 무지향성 안테나 및 수신기에 따른 각 측정 지점에서의 C/N, 수신 전력, 잡음/입력 마진 및 수신율.  
Table 11. C/N, received power, and noise/input margin for the three receivers at 21 test points with EDOCR "ON" and Omni-directional Active Antenna.

주송신기 + EDOCR "ON" + 능동 무지향성 안테나					
SITE #	C/N @ TP-6 (dB)	수신 전력 @ TP-8 (dBm)	잡음 / 입력 마진 (dB)		
			수신기 A	수신기 B	수신기 C
LT1	22.67	-64.19	No DTV	TOV	TOV
LT2	33.62	-52.15	11.2 / 20	15.0 / 27	14.8 / 28
LT3	30.17	-56.27	No DTV	3.8 / 16	5.4 / 19
LT4	28.34	-57.63	No DTV	5.7 / 15	6.5 / 19
LT5	42.01	-40.41	26.1 / 42	25.6 / 43	25.5 / 43
LT6	42.97	-41.16	27.0 / 40	26.5 / 41	27.0 / 41
LT7	39.64	-45.47	23.3 / 37	24.0 / 37	23.9 / 38
LT8	27.10	-59.73	No DTV	6.1 / 17	5.8 / 18
LT9	28.01	-58.32	No DTV	6.8 / 19	6.9 / 20
LT10	38.40	-45.85	No DTV	14.8 / 29	14.3 / 30
LT11	26.88	-59.12	No DTV	4.3 / 18	4.2 / 19
LT12	34.01	-51.35	No DTV	14.8 / 27	14.7 / 28
LT13	46.69	-35.20	29.7 / 45	30.8 / 46	30.4 / 46
LT14	43.64	-34.44	Marginal	TOV	TOV
LT15	37.13	-47.95	TOV	19.9 / 34	19.9 / 33
LT16	32.04	-52.85	Marginal	15.9 / 29	14.8 / 30
LT17	32.99	-53.40	No DTV	12.1 / 22	12.1 / 24
LT18	21.35	-65.15	No DTV	< 1.0 / 8	< 1.0 / 9
LT19	33.82	-50.96	Marginal	Marginal	Marginal
LT20	33.31	-52.63	No DTV	15.4 / 27	15.5 / 28
LT21	38.21	-46.51	21.8 / 34	21.2 / 34	21.4 / 34
<b>Reception %</b>			<b>6/21 (29%)</b>	<b>18/21 (86%)</b>	<b>18/21 (86%)</b>

표 12. EDOCR "On/Off", 수신기 및 측정 지점에 따른 지향성 안테나의 수신 방위각.  
Table 12. Reception sectors for the three receivers at 21 test points with EDOCR "OFF" and Directional Active Antenna.

주송신기 + EDOCR "OFF/ON" + 능동 지향성 안테나						
SITE #	EDOCR "OFF"에서의 수신 방위각 (degree)			EDOCR "ON"에서의 수신 방위각 (degree)		
	수신기 A	수신기 B	수신기 C	수신기 A	수신기 B	수신기 C
LT1	No DTV	No DTV	No DTV	No DTV	313	360
LT2	No DTV	No DTV	No DTV	210	360	360

LT3	No DTV	No DTV	No DTV	151	326	318
LT4	66	121	121	40	360	360
LT5	No DTV	139	139	267	356	356
LT6	No DTV	No DTV	No DTV	360	360	360
LT7	56	72	72	305	360	360
LT8	No DTV	No DTV	No DTV	45	360	360
LT9	No DTV	No DTV	No DTV	TOV	303	303
LT10	54	113	123	71	360	360
LT11	No DTV	No DTV	No DTV	No DTV	360	360
LT12	No DTV	No DTV	No DTV	267	360	360
LT13	71	256	256	222	338	338
LT14	No DTV	TOV	TOV	283	360	360
LT15	No DTV	80	80	No DTV	360	360
LT16	88	135	141	TOV	360	360
LT17	No DTV	No DTV	No DTV	83	360	360
LT18	No DTV	No DTV	No DTV	No DTV	190	251
LT19	No DTV	No DTV	No DTV	360	360	360
LT20	No DTV	No DTV	No DTV	186	327	327
LT21	No DTV	No DTV	No DTV	224	315	315

표 13. EDOCR On/Off에 따른 측정 결과 비교

Table 13. Measurement comparison with EDOCR "ON" and "OFF"

Measurement	안테나	EDOCR	수신기 A	수신기 B	수신기 C
방위각 > 300°	지향성	ON	3/21 (14%)	20/21 (95%)	20/21 (95%)
		OFF	0/21 (0%)	0/21 (0%)	0/21 (0%)
방위각 > 200°	지향성	ON	6/21 (29%)	0/21 (0%)	1/21 (5%)
		OFF	0/21 (0%)	1/21 (5%)	1/21 (5%)
방위각 > 100°	지향성	ON	2/21 (10%)	1/21 (5%)	0/21 (0%)
		OFF	0/21 (0%)	4/21 (19%)	4/21 (19%)
방위각 < 100°	지향성	ON	4/21 (19%)	0/21 (0%)	0/21 (0%)
		OFF	5/21 (24%)	2/21 (10%)	2/21 (10%)
GOOD RECEPTION	지향성	ON	12/21 (57%)	21/21 (100%)	21/21 (100%)
		OFF	4/21 (19%)	7/21 (33%)	7/21 (33%)
	무지향성	ON	6/21 (29%)	18/21 (86%)	18/21 (86%)
		OFF	0/21 (0%)	1/21 (5%)	1/21 (5%)

값 및 수신율을 각 측정 지점 별로 나타내며, 표 12는 EDOCR 적용여부에 따른 지향성 안테나의 수신 방위각을 나타낸다. 표 13은 EDOCR 적용여부에 따른 측정 결과 비

교를 보여주며, 그림 6~9는 EDOCR 적용여부에 따른 지향성 및 무지향성 안테나의 수신율, 잡음 및 입력 마진, 그리고 지향성 안테나의 수신 가능 방위각을 각각 나타낸다.

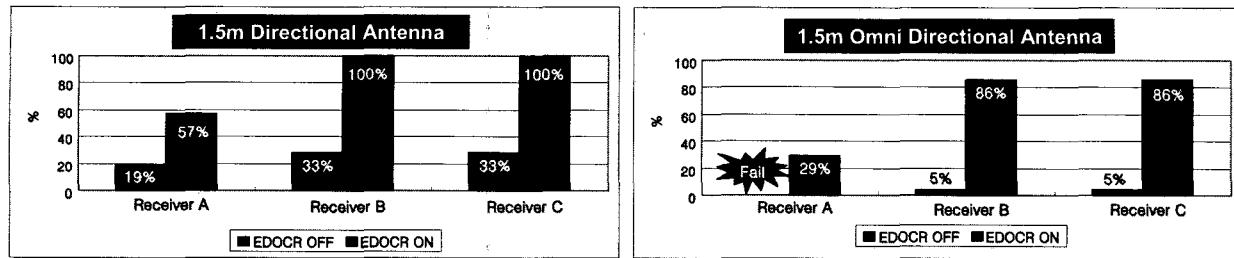


그림 6. EDOCR 적용여부, 지향성 및 무지향성 안테나에 따른 수신기별 수신율

Fig. 6. Reception rate for the three receivers with EDOCR "On/Off" and Directional/Omni-directional antennas

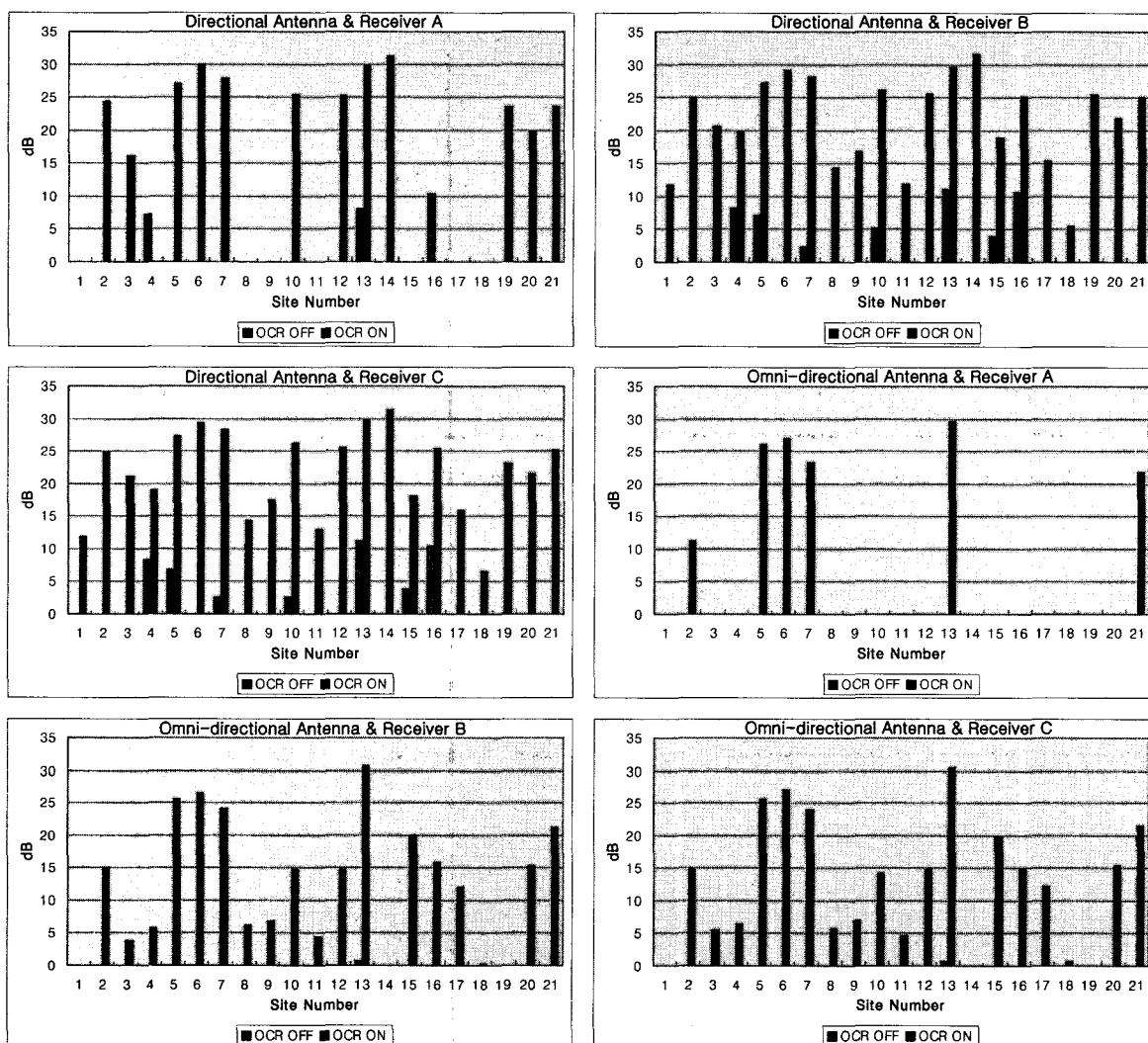


그림 7. EDOCR 적용여부, 지향성 및 무지향성 안테나에 따른 수신기별 잡음 마진

Fig. 7. Noise margin for the three receivers with EDOCR "On/Off" and Directional/Omni-directional antennas

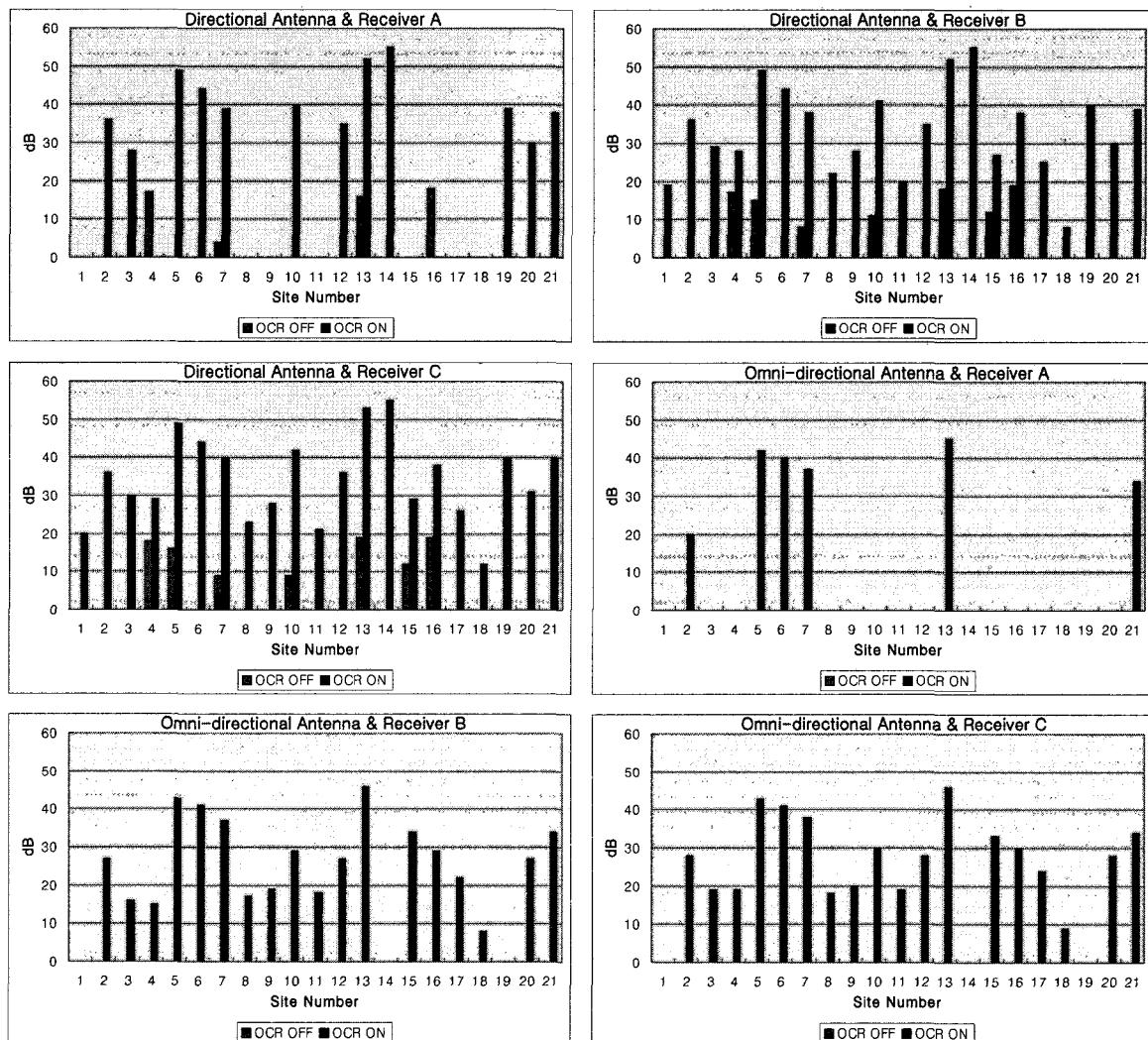


그림 8. EDOCR 적용여부, 지향성 및 무지향성 안테나에 따른 수신기별 입력 마진

Fig. 8. Input margin for the three receivers with EDOCR "On/Off" and Directional/Omni-directional antennas

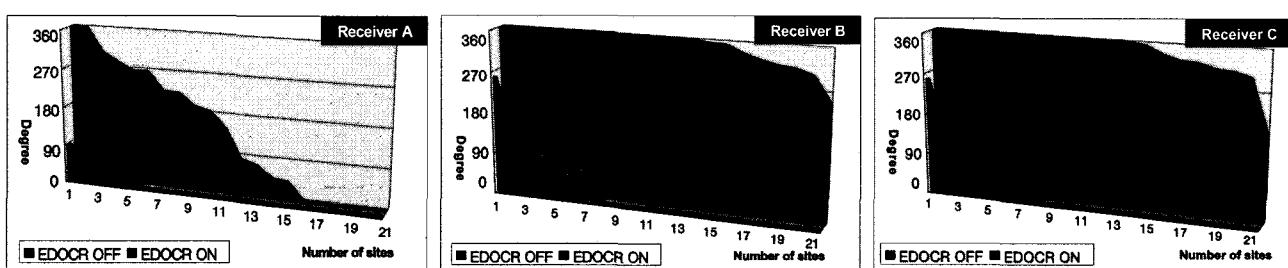


그림 9. EDOCR 적용여부에 따른 지향성 안테나의 수신기별 수신 방위각

Fig. 9. Reception sectors for the three receivers with EDOCR "On/Off"

## V. 결론 및 향후 전망

본 논문에서는 ATSC 지상파 디지털 TV 방송 방식을 사용하는 EDOCR에 대한 필드 테스트 결과를 기술하고, 그 결과를 다양한 각도에서 분석하였다. 필드 테스트에서는 EDOCR 적용 여부, 수신 안테나 및 수신기 종류에 따른 각 측정 지점의 수신 여부, C/N, 수신 전계 강도, 수신 가능 방위각, 잡음 마진 및 입력 마진 등을 측정하였다. 뿐만 아니라, 본 논문에서는 필드 테스트 지역의 환경, 주송신기 및 EDOCR의 구성, 측정 차량 구성 및 배치, 측정을 위해 사용된 수신기의 성능에 관해서도 살펴보았다. 필드 테스트 결과에 의하면, 지향성 안테나와 2004년에 제작된 수신기를 사용한 경우 EDOCR을 적용하지 않았을 때 수신율이 33%였지만, EDOCR을 적용한 후 수신율이 100%로 증가 하였을 뿐 아니라, 수신의 양호성을 결정하는 잡음 마진도 최소 6dB 이상 증가하여 EDOCR을 이용한 SFN 구현 가능성을 검증하였다. 이러한 EDOCR을 이용하여 실제 방송 환경에서 SFN을 구성하기 위해서는, 향후 실험 및 시험 방송, 주파수 배치 등과 같은 연구가 동반되어야 할 것이다.

## 참 고 문 현

- [1] ATSC Recommended Practice: Design Of Synchronized Multiple Transmitter Networks, Doc. A/111, Sept. 2004.
- [2] Y. T. Lee, S. I. Park, H. M. Eum, H. N. Kim, S. W. Kim, and S. I. Lee, "A Novel Digital On-Channel Repeater for Single Frequency Network in ATSC System," NAB Broadcast Engineering Conference Proceedings, pp. 128~133, 2004.
- [3] 박성익, 음호민, 이용태, 김홍목, 서재현, 김형남, 김승원, "ATSC 지상파 디지털 TV 방송의 단일 주파수 망 구성을 위한 등화형 디지털 동일 채널 중계기," 방송공학회논문지, 제9권, 제4호, pp. 371~383, 2004년.
- [4] 박성익, 음호민, 이용태, 김홍목, 서재현, 김형남, 김승원, "ATSC 지상파 DTV 시스템의 등화형 디지털 동일 채널 중계기를 위한 디지털 신호 처리 기술," 방송공학회논문지, 제9권, 제4호, pp. 357~370, 2004년.
- [5] H.-N. Kim, S. I. Park, and S. W. Kim, "Performance Analysis of Error Propagation Effects in the DFE for ATSC DTV Receivers," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 49, Sept. 2003.
- [6] 박성익, 음호민, 이용태, 김홍목, 서재현, 김형남, 김승원, "등화형 디지털 동일 채널 중계기 Part 1 : 실험실 테스트 결과" 방송공학회논문지, 제10권, 제2호, 2005년.

---

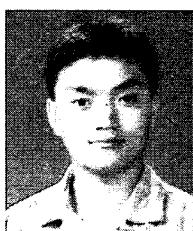
## 저 자 소 개

---



**박 성 익**

- 1996년 3월 ~ 2000년 2월 : 한양대학교 전자전기공학부 (공학사)
- 2000년 3월 ~ 2002년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 연구원
- 주관심분야 : 채널코딩, 디지털 신호처리, DTV 전송시스템



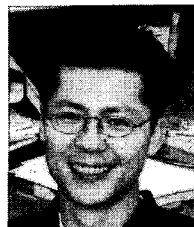
**이 용 태**

- 1989년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
- 1993년 8월 ~ 1995년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학석사)
- 2002년 8월 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 1995년 8월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : RF 신호처리, 디지털 신호처리, DTV 전송시스템

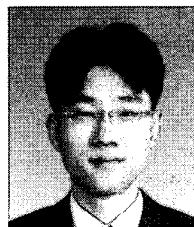
---

저자소개

---

**음호민**

- 1992년 3월 ~ 1998년 2월 : 고려대학교 전파공학과 (공학사)
- 1998년 3월 ~ 2000년 2월 : 고려대학교 전파공학과 (공학석사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 연구원
- 주관심분야 : 영상 신호처리, DTV 전송시스템

**서재현**

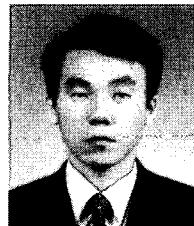
- 1993년 3월 ~ 1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 3월 ~ 2001년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 1월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 연구원
- 주관심분야 : 디지털 방송시스템, 디지털 신호처리

**김홍목**

- 1989년 3월 ~ 1993년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)
- 1993년 2월 ~ 1995년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 1995년 3월 ~ 2001년 12월 : 포스코 기술연구소 근무
- 2002년 1월 ~ 2003년 10월 : (주)맥스웨이브 연구개발팀 팀장
- 2004년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : RF 신호처리, 디지털 신호처리, DTV 전송시스템

**김승원**

- 1982년 3월 ~ 1986년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 (공학사)
- 1986년 3월 ~ 1988년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 8월 ~ 1999년 2월 : Florida University ECE (Electrical & Computer Engineering) (공학박사)
- 1989년 6월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 DTV 시스템연구팀 팀장
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, DTV 전송시스템

**이수인**

- 1980년 3월 ~ 1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 3월 ~ 1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1989년 3월 ~ 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 그룹장
- 주관심분야 : 디지털 통신/방송 시스템, 오류정정부호