

# 지상파 DTV 동일채널 중계기 필드 테스트 결과 분석

조진호, 권오형, 안치득  
한국전자통신연구원

## An analysis of field test results of terrestrial DTV on channel repeaters

Jin-Ho Jo, Oh-Hyong Kwon, Chie Deuk Ahn  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### Abstract

This paper represents analysis of field test results of terrestrial DTV on channel repeaters over Taejon city area. Two kind of on channel repeaters were tested. Non-regenerative repeater performs filtering, amplifying and re-transmit received main DTV signal. Regenerative repeater performs demodulation, modulation and amplifying and re-transmit received main DTV signal.

The non-regenerative repeater threshold D/U ratio is about 10dB better than regenerative repeater's one.

### 1. 개요

위성방송이나 케이블방송과는 달리 지상파방송은 음영지역이 필수적으로 발생하게 되며 음영지역을 해소하기 위하여 방송중계기의 운영이 필수적이다. 현재 서비스되고 있는 아날로그 방송 중계기의 경우는 신호를 중계함에 있어서 메인 송신소로부터 수신되는 신호와는 다른 주파수로 채널을 변환하여 방송신호를 중계한다. 이는 동일채널로 중계할 때 발생하는 메인신호와 중계신호간의 상호간섭을 방지하여 방송의 품질저하를 막기 위함이다. 이와는 달리 디지털 방송에서는 동일채널 중계기의 사용이 조심스럽게 논의되고 있다. 이는 아날로그방송과는

달리 디지털방송의 경우는 메인신호와 중계신호간의 간섭이 어떠한 기준치 이하가 되면 수신측에서는 양 신호간 간섭이 전혀 없는 것과 같은 상태로 수신가능하기 때문이다.

디지털방송 중계기는 중계방식에 따라서 크게 단순중계기와 재생중계기로 구분되는데 단순중계기는 메인신호를 수신하여 이 신호를 필터링하고 증폭하여 중계하는 기능을 가지고 있으며 재생중계기는 단순중계기의 기능에 변복조 기능이 추가되어 전송중에 발생된 비트에러를 보정하는 기능을 포함한다.

본 논문에서는 국내 디지털방송 규격인 8VSB 방식의 단순, 재생 두 방식의 동일채널 중계기를 직접 구현하고 필드 테스트를 통하여 두 중계기간의 성능을 분석하였다.

### 2. 사이트 구축

송신국은 식장산에 위치한 대전 MBC 사이트에 DTV 송신설비를 설치하여 구축하였으며 중계국은 ETRI 에 시설하였고 대전북부지역에 대하여 측정차량에 측정장비를 탑재하여 필드측정을 실시하였다.

#### 2.1 사이트 구성

DTV 송신사이트는 식장산에 위치한 대전 MBC 송신사이트를 이용하였고 중계 사이트는

본 연구원 건물에 시설하였으며 이동차량을 이용하여 필드 측정을 실시 하였다. 각 사이트별 제원은 아래의 표와 같다.

<표 1> 송신사이트 제원

송신 주파수	UHF15, 476 ~ 482MHz
송신안테나 형태	4-panel, 2-bay, 2-side
안테나 이득	7.8dB/side
안테나 높이	해발 595M
안테나 위치	MBC 식당산 사이트
안테나 위치	동경: , 북위:
송신 출력	250W AVG (HPA 출력)

<표 2> 중계사이트 제원

수신안테나	안테나 형태	Paraflector
	안테나 이득	13dB
	전후방비	18dB
	안테나 높이	지상고 2.3M
	안테나 위치	7 동 남쪽 잔디 위
송신안테나	안테나 형태	4-panel, 2-bay, 2-side
	안테나 이득	7.8dB/side
	안테나 높이	해발 85M
	안테나 위치	6 동 옥상 타워
	안테나 위치	동경 127:21:52, 북위 36:22:45
	송신 출력	25W AVG (HPA 출력)

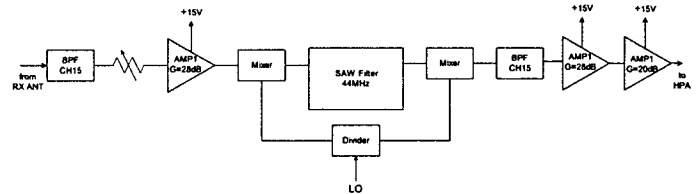
<표 3> 측정차량 제원

수신안테나 형태	10 소자 Yagi
안테나 이득	10dB
전후방비	12dB
안테나 높이	지상고 9M
안테나 위치	측정차량(미니버스)
차종	현대 미니버스 Combi
발전기 용량	7kW
발전기 출력전압	110VAC
마스트 높이	최대 10M
마스트 회전각도	360 도

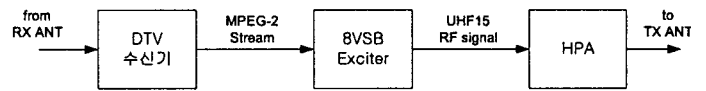
### 3. 중계기 구성

본 필드 테스트에 사용한 DTV 중계기는 단순 중계기와 재생중계기 두 가지 형태이다. 단순 중계기는 메인신호를 수신하여 이 신호를 필터링하고 증폭하여 중계하는 기능을 가지고 있으며, 재생중계기는 단순중계기의 기능에 변복조 기능이 추가되어 전송중에 발생된 비트에러를 보정하는 기능이 있다. 재생 중계기는 별도의

시스템으로 구성하지 않고 본 연구원에서 개발한 DTV 수신기와 8VSB Exciter 그리고 HPA의 조합으로 구성 하였다. 각 중계기별 구성은 다음과 같다.



(그림 1) 단순 중계기 구성도



(그림 2) 재생 중계기 구성도

### 4. 중계소 송/수신 안테나 간의 isolation

동일채널 중계기를 원만히 운영하기 위해서는 중계소에 시설되는 수신/송신 안테나간의 isolation 확보가 필수적이다. 이는 중계소에서 송신하는 중계신호와 중계소에서 수신하는 수신호가 동일채널이기 때문에 중계소 출력이 크고 두 안테나간의 isolation 이 충분히 확보되지 못하면 송신신호가 수신안테나로 역류되어 oscillation 효과로 인하여 중계소 출력이 불안정하게 증가하기 때문이다.

두 안테나간에 요구되는 isolation 은 주 송신소로부터 수신되는 신호의 크기에 반비례하며 중계소 송신출력 크기에 비례한다. 즉, 주 송신소로부터 수신되는 신호의 크기가 클수록 요구되는 두 안테나간 isolation 은 적어지며 반대로 중계소의 송신출력이 커질수록 isolation 은 커지게 된다.

#### 4.1 중계사이트 수신강도

송신전파의 자유공간 손실은 다음의 식에 의하여 계산할 수 있다.

$$L = 32.45 + 20\text{Log}(f) + 20\text{log}(d) \text{ ----- (1)}$$

Where;

L = 손실(dB)

F = 주파수(MHz)

D = 거리(km)

식장산과 ETRI 의 거리는 약 14km 정도 되므로 식 1 을 이용하여 479MHz(UHF15)에 대하여 손실을 계산하면 약 109dB 정도 된다. 식장산 송신국의 ERP 는 1kW 이므로 ETRI 에서의 수신신호 전력을 계산하면 -49dBm 이다.

#### 4.2 중계소 송/수신 Isolation 요구규격

중계기 출력은 중계기의 송/수신 안테나의 Isolation 에 의하여 결정된다. 출력을 산정하는 식은 다음과 같다.

$$P_{tx} = P_{rx} + \mu_c - M \quad \text{-----} \quad (2)$$

Where:

$P_{tx}$  = 중계국의 ERP in dBm

$P_{rx}$  = 중계국 수신 전력 in dBm

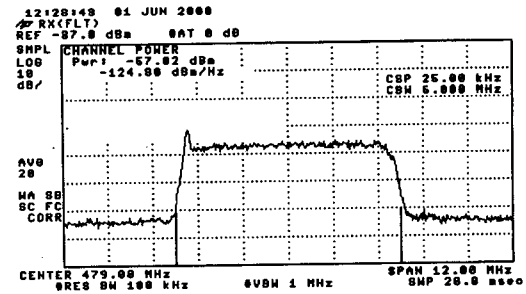
$\mu_c$  = 상호결합 계수(Isolation)

M = 결함 마진 (20dB)

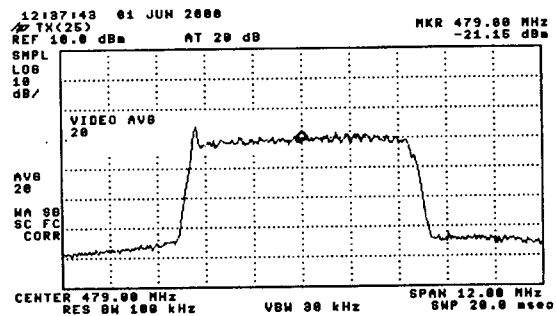
중계기의 출력을 250W ERP 로 가정하면 송/수신 안테나의 Isolation 은 123dB 가 요구된다

#### 4.3 Isolation 측정

측정된 두 안테나간의 isolation 은 약 115dB 정도로 요구사항인 123dB 에는 미치지 못하였으나 출력스펙트럼을 측정한 결과 양호한 8VSB 형태를 나타내고 있었고 출력신호가 입력안테나로 역류되어 나타나는 oscillation 효과가 없었다. 중계소 수신안테나로 입력되는 수신신호와 중계소 출력안테나 출력되는 중계신호의 스펙트럼은 다음과 같다.



(그림 3) 중계소에서 수신된 주 신호



(그림 4) 중계소 출력신호(25W)

#### 5. 필드 테스트 결과 분석

ETRI 내에 시설된 중계소는 식장산의 수신신호를 수신하여 북쪽으로 중계한다. 따라서 ETRI 북부지역을 중심으로 25 개 지점을 선정하여 각 중계기별로 필드 테스트를 실시 하였다. 필드에서는 중계기 신호를 ON/OFF 하고 측정을 실시하여 중계기가 작동할 때와 중계기가 작동하지 않을 때에 대한 필드에서의 DTV 수신상태 변화를 살펴 보았다. 각 측정지점에서 수신된 DTV 의 신호유형은 크게 다음과 같이 분류 된다.

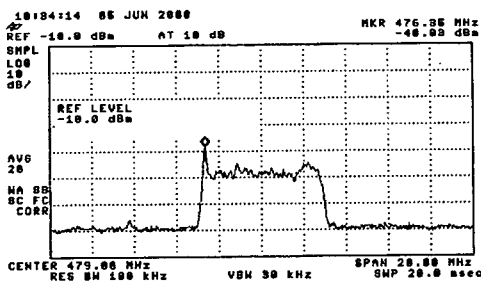
<표 4> DTV 수신유형 종류

수신 유형	중계기 상태		DTV 수신상태
	OFF	ON	
A	O	O	TX신호와 OCR신호가 모두 강하게 수신되나 OCR 신호가 보다 강하게 수신되는 지역
B	O	O	TX신호는 잘 수신되는 반면에 OCR 신호는 약하게 수신되어 OCR ON/OFF의 영향이 거의 없는 지역으로 중계소에서 멀리 떨어진 지역에서 나타나는 현상

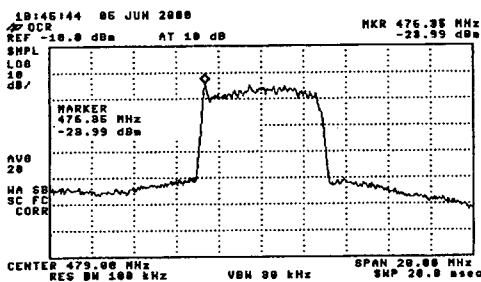
C	O	X	TX신호와 OCR 신호가 비슷한 크기로 수신되는 지역으로 두 신호간의 간섭으로 새로운 음영지역이 형성됨. 앞의 두 수신유형 지역 사이에 나타남.
D	X	O	TX신호는 수신되지 않지만 OCR 신호는 강하게 수신되는 지역으로 OCR의 본래 중계기능이 나타내는 지역
E	X	X	TX신호, OCR 신호 모드가 수신 불량인 경우로 큰 건물로 가려져 있는 사이트나 원거리 사이트의 경우가 해당됨.

### 5.1 단순중계기 시험결과

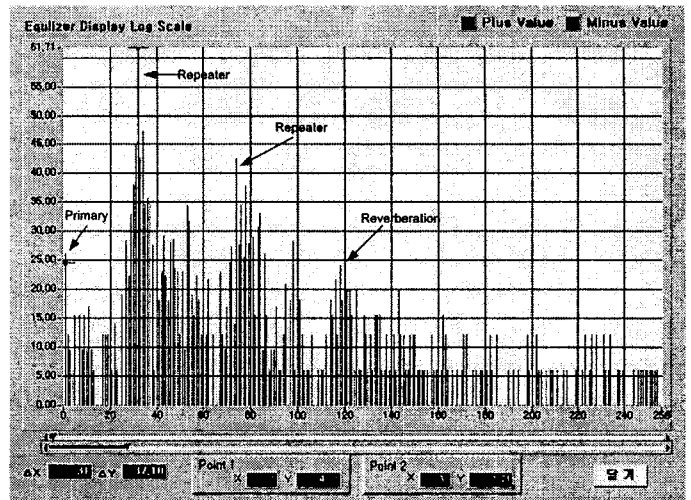
동일채널 중계기는 필드에서 필연적으로 중계 신호와 주신호간에 동일채널 간섭이 발생된다. 두 신호간의 간섭은 단순중계기의 경우에 중계 신호는 주신호보다 지연된 multipath 신호로 나타나며 수신기 equalizer 가 수렴할 수 있는 크기와 시간지연의 신호라면 equalizer 에서 처리 가능하다. 표 4 의 수신유형 중에서 D 는 동일 채널 중계기의 기능으로 인하여 음영지역이 해소되는 경우이지만 유형 C 는 중계기로 인하여 오히려 새로운 음영지역이 발생한 경우이다. 그림 5,6 은 DTV 중계 기능이 나타나는 지역의 신호스펙트럼과 수신기 equalizer 의 tap 디스플레이를 나타낸다.



(그림 5) 중계소 수신신호(수신유형 D 지역)



(그림 6) 중계소 출력신호(수신유형 D 지역)

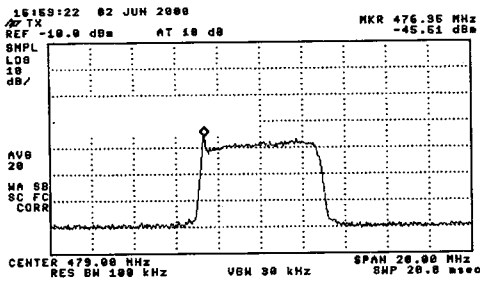


(그림 7) 수신기 equalizer tap 디스플레이

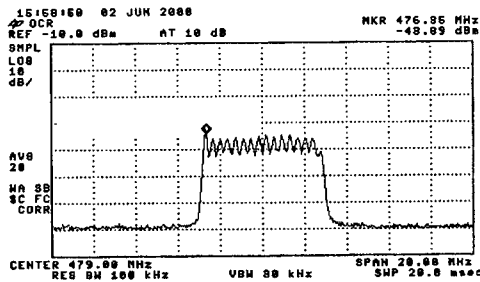
그림7은 중계신호에 대한 수신기 equalizer tap 계수 분포를 나타낸다. 그림을 보면 main tap보다 약 2.9usec 앞선 Pre ghost가 나타나는데 이는 주신호가 약하게 수신된 결과로 분석되며 크기는 OCR보다 약 18.5dB 낮다.

Main tap 위치에서 약 3.9usec delay된 신호가 들어오는데 이 신호는 OCR 중계로 인하여 나타나는 피할 수 없는 현상이다. main tap 위치에서 약 8.1usec delay된 신호가 들어오는데 이 신호는 OCR 송신안테나 신호가 OCR 수신안테나로 Feed-back 되어 나타난 현상으로 OCR 송/수신 안테나 간의 Isolation에 따라 결정된다. 즉, 안테나 Isolation이 좋으면 크기가 작아지고 Isolation이 나쁘면 크기가 커지게 된다.

그림8,9는 수신유형C에 해당되는 지역의 수신신호 스펙트럼이다. 중계기를 ON 시켰을 경우에 두 신호간의 간섭으로 신호대역 내에 심한 굴곡이 생기고 있다.



(그림8) 중계소 수신신호(수신유형C지역)



(그림9) 중계소 출력신호(수신유형C지역)

### 5.2 재생중계기 시험결과

단순중계기의 출력신호가 주 송신신호의 echo 신호인 반면에 재생중계기의 출력신호는 주 송신신호와 는 비록 동일채널 신호이지만 전혀 다른 신호로 작용된다. 이는 단순중계기와는 달리 재생중계기의 경우는 demodulation, modulation 과정을 거치면서 새로운 신호 파형이 생성되기 때문이다. 따라서 수신기의 equalizer에 의한 S/N비 개선은 기대할 수가 없다. 결국 재생중계기는 단순중계기보다 넓은 지역에 걸쳐서 새로운 음영지역을 발생시킨다.

### 6. 결론

DTV 동일채널 중계기는 필드에서 필연적으로 두개의 신호간의 간섭이 발생된다. 송신소로부터 수신되는 신호와 중계기로부터 수신되는 신호가 동일채널 내에서 서로간에 간섭을 일으키기 때문이다. 따라서 동일채널 중계기를 서비스하는 경우에는 두 신호간의

간섭에 의하여 새로운 음영지역이 발생하는 것 또한 필연적이다.

필드테스트 결과 단순중계기의 경우는 주 신호와 중계신호의 크기가 5dB 이상이면 DTV 수신기에서 A/V 를 원만히 복구 하였으나 재생중계기의 경우는 두 신호간의 차이가 15dB 이상 이어야 한다.

결론적으로 단순중계기가 재생중계기 보다 동일채널 중계기로 사용하기에 더 적합하며 재생중계기의 경우는 TVR과 같은 중계기 보다는 국간 중계기로서 사용하는 것이 바람직 할 것으로 여겨진다.

### 7. 참고문헌

1. Walt Husak, Charles Einolf, and Stan Salamon, "On Channel Repeaters for Digital Television Implementation and Testing", ATTC, Inc., 1999.
2. McKinnon M, Drazin M, Sgrignoli G., "Tribune/WGN DTV field test," *IEEE Transactions on Broadcasting, vol.44, no.3, Sept. 1998, pp.261-73.*
3. Gary Sgrignoli, "ATSC Field Test Vehicle Design", Zenith Electronics Corporation, April 14, 1997, Model Station Document.
4. "Generic Model Station Field Test Plan", RF Working Group, Model Station Technical Subcommittee, July 30, 1998.
5. Luther Ritchie, "WRAL-HD DTV Field Testing", WRAL-HD of Capitol Broadcasting Company, NAB '98 presentation, April 8, 1998.