

DTV 동일채널 중계기의 응용

서영우, 목하균
한국방송 기술연구소
서울시 영등포구 여의도동 18 번지

Application of Digital On-Channel Repeaters for DTV Broadcasting Networks

Young-Woo Suh and Ha-Kyun Mok
KBS Technical Research Institute
E-mail: ysuh@kbs.co.kr

요약

지상파 DTV 방송의 전환 및 도입에 있어 문제점 중의 하나는 지형이나 건물에 의해 전계가 약해지는 곳에서의 낮은 수신성공률이다. NTSC의 경우는 화면이 심하게 열화되더라도 시청 자체는 가능했으나 DTV의 경우에는 수신 한계점보다 낮은 전계이거나 처리한계를 넘는 다중경로 성분이 들어오는 경우 수신자체가 불가능해진다. 또한 NTSC와의 동시방송 기간 중에는 재전송을 위한 주파수 채널의 배치도 쉽지 않은 것이 현실이다. 이 문제에 대한 대안으로 KBS 기술연구소에서는 1999년 하반기부터 DTV 중계기 개발과 더불어 동일 채널 중계기술에 대한 연구를 수행하였다.

본 논문에서는 동일 채널 중계 개념과 이에 따른 중계시스템의 구현 방법을 도출하고 실제 필드테스트 수행 결과를 다양한 각도에서 분석한다.

1. 서론

지상파 DTV 방송은 기존의 아날로그 텔레비전 방송과 공존하여야 하며, 중계국, 간이국 등의 수요 증가로 인해 주파수 자원의 사용은 점차 포화 되어 새로운 DTV 채널 배치 등에 있어 많은 어려움이 따르게 된다. 이에 따라, 특히 도심지 등에서의 작은 산이나 고층건물군 등에 의한 국부적인 음영지역이나 중계를 위한 여유 채널이 부족한 지역 등에서 효과적으로 활용할 수 있는 동일채널 중계기술의 필요성이 부각되고있다. 이러한 동일채널 중계기 시스템(On Channel Repeater, OCR)은 주송신기의 신호를 수신하여 주파수 변환 없이 재 전송 하는 구조를 갖고 있으며 주송신기의 신호가 지형지물등에 막혀 수신되지 않는 영역에 대해 서비스 할 수 있도록 설치하여 주송신기 신호의 전송 영역을 넓히게 된다.

이때, 동일채널 중계기의 신호를 수신하는 지역에 주송신기의 신호가 영향을 준다면 송신기 신호는 잡음 혹은 고스트 신호로 작용하게 된다. 이론적으로 8-VSB 수신기는 15.2 dB의 한계 수신 C/N(Carrier to Noise)비를 갖으며 특정 위상에서 원래의 신호보다 약

3 dB 작은 고스트 신호가 수신되더라도 신호를 복원해 낼 수 있다고 알려져있다[1]. 따라서 이러한 조건을 만족한다면 이는 8-VSB 수신기에서 충분히 처리할 수 있게 된다. 반대로, 주송신기 신호를 수신하는 지역에 중계기 신호가 영향을 주는 경우도 마찬가지이다.

아날로그방송(NTSC)의 경우 45dB 이상의 C/N비에서 열화 없는 화질을 볼 수 있으며 약 20dB 낮은 고스트도 화질에 많은 영향을 주었던 점을 상기하면 8-VSB DTV 신호의 낮은 한계 C/N비와 고스트 처리능력은 동일채널 중계기를 실제 환경에 적용할 수 있는 충분한 가능성을 보여준다[2].

동일채널중계기는 수신된 신호를 에러복원 한 후 재전송하는 재생중계방식과 에러복원 없이 재전송하는 단순중계방식으로 나눌 수 있다[1]. 재생중계의 경우 입력되는 8-VSB 신호와 재전송되는 8-VSB 신호는 같은 주파수대역의 신호이기는 하지만 재생하는 과정에서 에러정정과 난수화 처리가 된 서로 상호연관이 없는 완전히 다른 신호가 된다. 따라서 두 신호가 동일채널에 있는 경우 부가잡음(동일 채널 간섭)으로 작용하게 된다. 그러나 단순중계의 경우는 입력되는 8-VSB 신호를 증폭해서 재전송하는 것이므로 두 신호는 같은 주파수 대역의 신호일 뿐만 아니라 시간만 차이를 두고 수신되는 신호가 된다. 이는 동일채널에서 고스트로서 작용하게 되며 그 양상은 지역에 따라 다르게 된다.

2. 디지털 동일채널 중계기의 개념

2.1 중계용 송수신 안테나의 구현

동일채널 중계기를 구현하기 위해서는 먼저 송수신 안테나의 분리도(isolation)를 100dB 정도로 충분히 확보하여야 한다. 그렇지 않으면 송신신호의 재입력으로 인한 발진 현상으로 전송 신호의 품질이 열화된다. 안테나의 분리도를 측정하기 위해서는 먼저 송신안테나를 네트워크 분석기의 TX 단에 연결하고 수신 안테나를 RX에 연결한 후, 동일 채널로 피드백 되는 신호의 세기를 측정한다. 이 값이 -100dB 이하가 되도록 송

신 안테나의 위치를 바꾸고 틸트도 조정한다. 여러 번의 실험 끝에 송신 안테나는 4 dipole, 수신안테나는 UHX 로 결정했으며 위치는 송신안테나를 아래쪽에, 수신안테나를 철탑의 항공유도등이 있는 가장 윗 부분으로 결정되었다.

송수신 분리도는 수신안테나를 회전시킴으로서 110dB 까지 더 큰 값을 얻을 수 있었지만 관악산으로부터의 수신 레벨이 급격히 감소하였다. 이런 과정을 거쳐 측정된 최적의 송수신 안테나의 분리도가 100dB 이다.

송수신 안테나의 특성은 다음과 같다.

- 송신안테나 명칭 : 4 Dipole(4 단 2 면)
- 송신안테나 이득 : 13.8dB
- 송신안테나 높이 : 25M(지상)
- 수신안테나 명칭 : Shielded parabolic type
- 수신안테나 전후방비 : 18dB
- 수신안테나 높이 : 45M(지상)
- 송수신안테나 분리도 실험결과 : ~ 100dB

2.2 중계용 시스템의 구성

중계용 시스템은 단순중계기와 재생중계기로 나누어서 같이 실험을 진행하였다. 단순중계기는 RF의 입력을 받아서 IF로 주파수를 떨어뜨린 후, 증폭하여 다시 RF 변환하는 방식을 사용한다.

재생중계기는 전혀 다른 방식을 사용한다. 입력된 RF 신호를 복조기(demodulator)를 이용하여 TS 신호로 복조한 후 디지털 신호의 장점인 에러 정정 처리를 수행한다. 이 신호를 다시 변조한 후 RF 회로를 거쳐 재 송출하는 방식이다. 두 방식은 각기 장단점을 가지고 있다.

단순 중계기는 시스템의 구조가 간단하고 입력된 DTV 신호를 처리해서 내보내는 과정에 증폭 외에는 별다른 처리를 하지 않기 때문에 수신기에서는 단지 멀티패스 신호들로 인식된다. 다시 말해서 단순중계기의 신호와 관악산에서 직접 수신된 DTV 신호가 중첩되어 수신 될 때 수신기는 가장 쉐 신호외에는 나머지를 고스트 신호로 처리하기 때문에 등화기의 특성에 따라 주 신호와 고스트 신호가 3-4dB의 이상의 차이만 나면 수신하여 화면의 재생이 가능할 수 있다. 그러나 단순 중계기는 RF를 수신하여 증폭하는 과정에서 C/N의 손실을 피할 수 없는 단점이 있다.

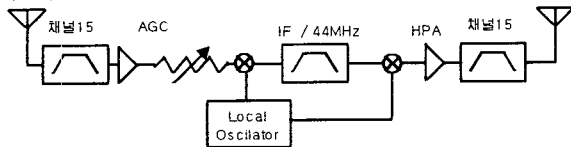
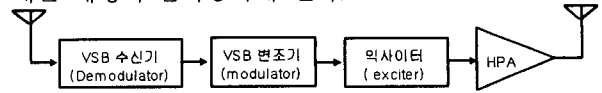


그림 1. 단순중계시스템 구성도

재생중계기는 수신 신호를 복조하여 에러를 제거하기 때문에 상당히 높은 신호대잡음비(SNR)를 보장(30dB 이상) 한다. 그러나 동일채널 중계기로 사용하는 경우에는 수신기 입장에서 보면 관악산에서 직접 수신된 신호와 재생중계기의 신호는 전혀 별개의 신호이므로 전계강도가 낮은 신호를 노이즈로 인식하는 일이 발생한다. 따라서 주 신호와 노이즈 신호 차가 15dB 이상 나는 경우에는 수신된 신호의

재생이 가능하지만 신호차가 그 이하가 되는 경우에는 재생이 불가능하게 된다.



SMPT E310M
그림 2. 재생중계시스템 구성도

아래에 동일채널 중계기의 실험에 사용된 중계기의 특성을 정리하여 나타내었다.

- 재생중계기 : Demodulator 및 Modulator 사용
장점 : 디지털 에러정정회로이용, 높은 S/N 출력
단점 : D/U 15dB 이상 필요
- 단순중계기 : IF 단에서 증폭 및 RF 변환
장점 : 낮은 D/U 에서도 수신기 동작
단점 : 낮은 S/N 출력
- 송신출력: 5 W(100 W 까지 가변 가능)

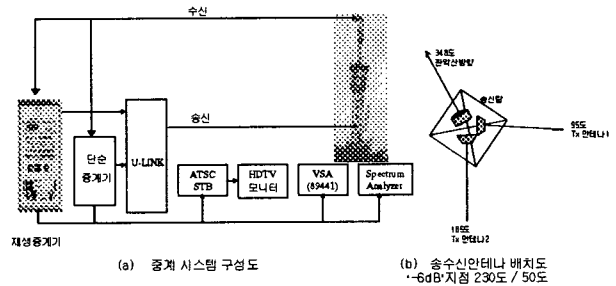


그림 3. 동일채널 중계시스템 구성도

중계기 시스템의 구성도는 그림 3과 같다. 철탑 윗 부분에 설치된 수신안테나를 통해 입력된 DTV RF 신호는 재생중계기와 단순중계기로 입력된다. 이 곳에서 복조와 에러제거(재생중계기), 증폭 등의 처리를 거쳐 다시 RF 신호로 변환되며 이 신호가 철탑의 중앙부에 위치한 송신안테나를 거쳐 공중으로 방사된다. 이 시스템의 모니터링을 위해서 셋톱박스과 VSA, 스펙트럼 분석기 등을 설치하였다.

미국에서는 ATTC를 중심으로 지금까지 수 차례 동일 채널 중계기의 실험이 이루어졌다[1-3]. 이는 DTV의 경우 C/N 비가 양청 환경을 기준으로 NTSC 보다 약 30dB의 이득이 있으며 상대적으로 다중경로 간섭에 대하여 강한 특성을 갖는 장점에 따른 것으로 여기에 지형적인 요소까지 감안하여 필드테스트를 수행하였었다. 그 결과 지형적으로 어느 정도 송신신호와 중계신호가 분리가 되는 환경에서 양호한 특성이 보고되었다. 국내에서도 동일채널 중계기의 필드테스트를 위해 지도 분석 및 사전 답사를 통해서 서울 정릉 중계소등 여러 지역이 검토되었으나 실험의 용이성 및 다양한 도심지 특성 검증 등을 고려하여 송신소에서 약 18km 떨어져 있는 수원 팔달산 중계소로 실험지가 최종 결정되었다. 수원 지역은 전반적으로 전방(송신소로부터 10~12km 지점)의 높이 400~600여 미터의 산들에 가려서 전계가 약하며 도심 중간에 중계소가 있으므로 동일 채널 중계기의 실험을 위해 좋은 조건을 갖고 있다고 여겨진다. 다만 중계소 인근에

서는 지형 특성상 적정 출력을 위한 높은 송수신 분리(isolate)가 힘들어서 출력을 원하는 만큼 높일 수가 없는 문제점이 있다.

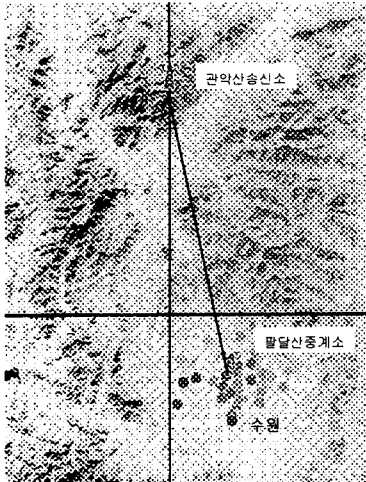


그림 4. 송신소와 중계소사이의 지형 및 측정지점

2.3 송출 전력 산출

이론적으로 수신점 전력과 송신 전력을 계산하는 방법은 앞서 소개한 식에 의한다

실제 값을 대입하여 계산을 하면 우선 자유공간 손실은 주파수 479MHz(채널 15), 거리 18.6km 에서 약 111.45 dB를 산출해내며 송신 ERP는 현재 관악산에서 2.5kW 송신기 출력을 ERP로 환산하면 약 25kW 이므로 약 84dBm 이다. 그리고 송신 안테나 패턴 값 보상값은 약 2dB 정도 이므로 이론적인 수신값은 약 -29.5dBm 이다. 송수신 안테나 커플링은 실측값[4]으로부터 약 100dB 임을 측정하였으므로 송출 가능 전력은 약 50.5 dBm 이다. 그러나 실제로 수신 파워는 수원지역에 대한 KBS 송신탑의 방사특성상 이론값과 많은 차이를 보인다.

측정결과 수신 전력은 약 -50dBm 이었으며 이로부터 송출 가능전력을 계산하면 약 30dBm의 결과를 얻을 수 있다(식1 참조). 따라서 적정 출력은 적어도 10dB의 마진을 감안하면 약 1~10W 사이임을 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_{tx}(\text{중계기송출전력}) &= 100\text{dB}(\text{안테나분리도}) - P_{rx}(\text{중계기수신전력}) - 20\text{dB}(\text{마진}) \\
 &= 100 - 50 - 20 = 30\text{dBm} \quad (1)
 \end{aligned}$$

3. 필드테스트 계획

측정은 크게 그리드측정, 호상측정, 방사선 측정의 세가지 유형으로 모두 40지점에서 이루어졌다.

그리드 측정은 도심지에서의 중계기신호와 송신기 신호의 수신 양상을 비교해 보기 위한 것이다. 수원지역을 모두 네 개의 지역으로 구분해서(구분기호: A ~ D) 상대적인 관악산 양척지역이나 팔달산 중계기에 의해 영향을 받는 지역(A,B 일부,C)과 관악산 난청지역이나 팔달산 중계기에 의해 영향을 받는 지역(B 일부, D)으로 나누었다. 측정지점은 27지역이다.

호상 측정지역은 중계기 안테나의 후면 지역에서 중계기에 의한 영향을 보기 위한 것으로 약 1.5km에서 2km 반경의 3개 지점을 측정한다.

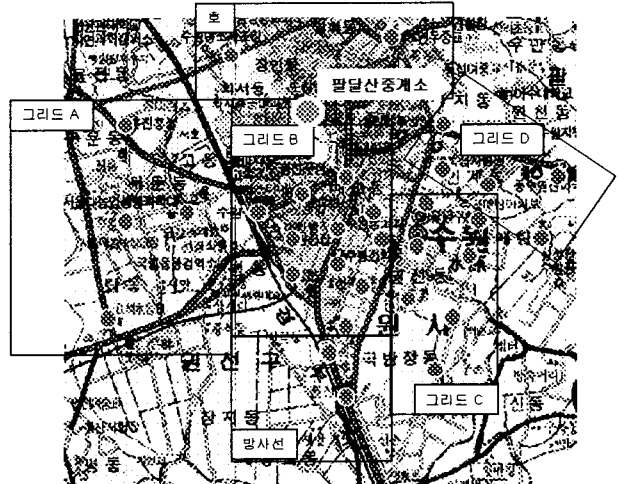


그림 5. 측정지점 구분

방사선 측정은 거리에 따른 중계기와 송신기 신호의 특성을 파악하기 위한 것으로 재생 중계기와의 비교도 집중적으로 이루어질 것이다. 총 측정 지역은 2지점이다. 이외에도 8지점의 집중측정이 있다. 원래 계획은 이 보다 더 많았으나 (예: 방사선 7지역, 그리드 A 7지역 등) 실제 측정결과 더 이상 측정할 필요가 없다고 판단되는 지역은 측정에서 제외하였다.

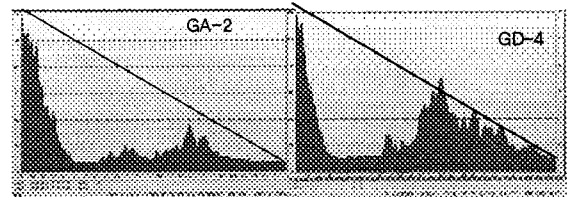


그림 6. 그리드 A와 D 지점의 송수신점간 지형분포

측정 절차는 DTV 실험방송의 측정 절차를 준용하되 동일 측정점에서 관악산 신호를 측정 후 차례로 중계기 신호의 켜고 각 상태를 측정한다.

- 단계 1. 중계기 OFF, 주송신기 신호측정
- 단계 2. 단순중계기 ON? 송신소/중계소방향 측정
- 단계 3. 재생중계기 ON? 송신소/중계소방향 측정

측정에 사용한 수신기는 실험방송 필드테스트에서 사용되었던 Zenith사의 2세대 수신기(Pro-Demod)와 Harris사의 3세대 수신기(ARX-H200)가 비교를 위해 선택되었다.

측정 항목은 DTV 실험방송 필드테스트에서의 측정 항목을 준용하고 측정 채널은 KBS DTV Ch.15의 관악산 신호와 두 대의 중계기 신호(Ch. 15의 단순 및 재생 중계 신호)를 각각 측정 한다.

주요 측정항목은 다음과 같다.

- 수신 전계 강도 및 스펙트럼
- S/N 및 EVM, TOV, BER 측정 및 산출
- 수신 마진(margin)측정

- 수신화상 등급(주관적 평가)평가
- GPS 좌표, 지형정보
- 등화기 탭에너지 측정(다중경로 성분조사)

4. 측정결과 및 분석

4.1 수신전계분포

수신 스펙트럼의 변화를 보여주는 하나의 예로 팔달산의 오른편 약 1km 지점에 위치한 지점의 측정 결과를 그림 7에서 예시하고 있다. 이 지역의 경우 관악산과 중계소가 약 56도의 방향각을 이루고 있어 지향성 수신안테나의 패턴에 의한 수신전계의 차이를 확인할 수 있는 좋은 예이다.

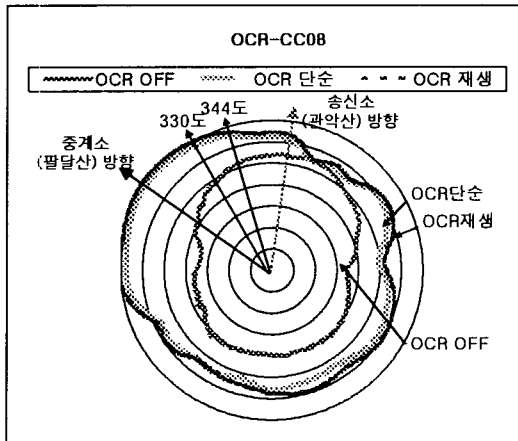


그림 7. 중계기 On/Off 에 따른 360도 수신전계분포

이 지점은 송신소의 신호가 약하긴 하지만 수신은 양호한 지역이다. 수신기의 탭에너지는 등화기를 구성하는 필터의 주 탭(main tap)의 파워(power)에 대한 나머지 탭들의 파워의 합을 비율로 그 값이 작을수록 고스트 성분이 적은 양호한 신호를 의미한다. 측정결과 중계기를 켜기 전 -15dB 에서 켜 후 -10dB 로 5dB 나 나빠졌지만 중계기의 수신전계가 충분히 강하므로 수신 마진은 34.2 에서 47.1dB 로 높아졌다(단순중계기). 등화기의 탭에너지가 나빠진 이유는 등화기 탭에너지 분포(그림 8)를 보면 확인할 수 있다. 중계기 신호를 메인 신호로 잡은 경우로 약 $4\mu\text{sec}$ 부근에 송신기 신호에 의한 선행고스트가 발생하며 송신기 방향을 향할수록 그 크기가 커짐을 알 수 있다.

따라서 이러한 지역에서는 중계기가 켜져 있을 때 중계기 방향으로 안테나를 돌리지 않으면 중계소 인접 지역임에도 불구하고 양호한 수신을 기대하기 힘들어진다. 특히 2세대 수신기와 3세대 수신기는 처리할 수 있는 선행 고스트의 길이가 각각 $3\mu\text{sec}$ 와 $6\mu\text{sec}$ 이므로 위와 같은 $4\mu\text{sec}$ 의 고스트가 들어오면 2세대 수신기에서는 처리하기가 곤란해 지므로 수신 성능에 차이가 나게 된다. 측정결과 중계기가 켜진 상태에서 점점 송신소 방향으로 가까이할 때 약 15도 정도의 수신가능각도(수신용이성, Ease of Reception)의 차이를 보였다. 즉, 2세대 수신기는 안테나 방위각 330도까지 수신 가능했으며 3세대 수신기는 344도까지

수신이 가능했다. 참고로 안테나 방향각으로 관악산 방향은 북쪽을 기준으로 약 5도 중계소 방향은 약 305도이다(수신패턴 참조). 따라서 수신기의 등화기 처리능력에 따라 수신용이성이 한 쪽 방향으로도 10도 이상의 차이를 보인다.

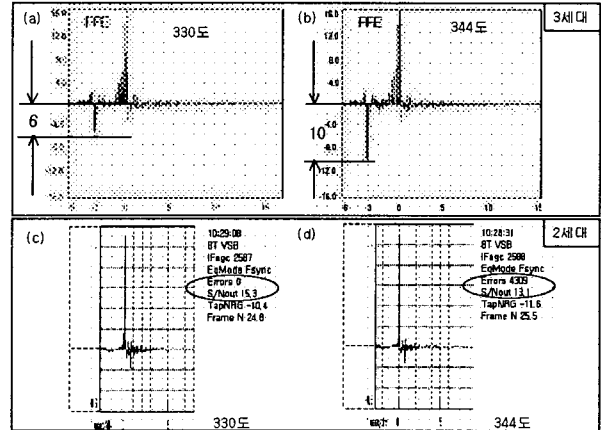


그림 8. 수신각도에 따른 등화기탭의 변화

4.2 다중경로간섭하에서 등화기의 상태와 스펙트럼의 관계 분석

동일채널 중계기의 도입에 있어서 가장 중요한 것이 수신기의 다중경로간섭 처리능력일 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 단순중계기의 원리는 수신된 신호를 단지 증폭하여 재 송신하는 것이므로 이에 따른 송/중계 신호 간의 시간적 차이가 수신자 입장에서는 다중경로 신호로 나타나는 것이다. 일반적으로 수신기의 다중경로 처리 능력은 2세대 수신기의 경우 선행 고스트 $3\sim 6\mu\text{sec}$, 후행고스트 $19\sim 22\mu\text{sec}$ 정도의 처리능력을 갖는다. 실험에 사용한 2세대 표준 수신기의 경우는 각각 약 $3\mu\text{sec}$ 와 $22\mu\text{sec}$ 의 처리능력을 갖는 장비이다. 전파의 진행속도가 $0.3\text{km}/\mu\text{sec}$ 이므로 약 0.9km 와 6.6km 의 거리를 돌아오는 다중경로 신호가 처리가능한 범위에 들게 된다. 이것을 예를 들어 설명하면 그림 9에서 경로 1과 경로 2는 일반적으로 송신소와의 거리는 충분히 멀기 때문에 거의 근사한 값이라고 여길 수 있다. 따라서 중계기까지의 거리(경로 3)를 주 다중경로 신호가 도달해야 할 거리로 간주한다면 앞서와 같은 수신기를 사용하는 경우 중계기의 서비스 구역은 최악의 경우 0.9km 이내가 된다.

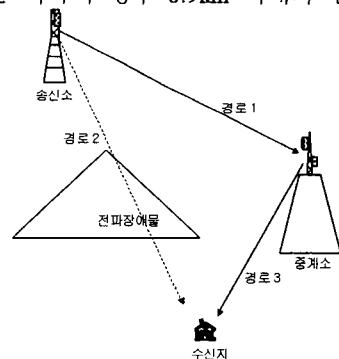


그림 9. 중계신호와 송신신호의 경로 개념도

물론 중계기와 송신기의 서비스 방향이 일치할수록 이 거리는 늘어났지만 이 경우에는 상대적으로 수신 안테나의 지향성을 이용한 신호의 분리가 곤란해지므로 거의 0dB에 가까운 고스트를 유발할 수도 있다. 이번 측정에서는 3세대 수신기의 선행고스트 처리 능력이 6μsec 이므로 중계소에서 약 2km 정도 떨어진 지역까지 서비스가 가능하다고 간주하고 집중적인 측정을 수행했다. 측정결과 대부분 2km 내외의 지역에서 중계기 신호의 수신이 용이했으며 중계기와 송신기를 바라보는 각도가 많이 커질수록 중계기까지의 거리와 고스트의 지연시간(나타나는 탭의 위치)이 거의 일치하는 결과를 보이고 있다.

이번 측정에서 드러난 동일채널중계의 문제점 중 하나는 비록 수신기의 선행고스트 처리 범위안에 있더라도 선행 고스트 자체가 급변하면(다이나믹 고스트) 수신기가 매우 불안해 진다는 점이다. 즉 대형 차량의 이동 등에 의한 집중에러(burst error) 발생 후 다시 회복되는데 많은 시간이 소요되거나 아예 수신불능에 빠지는 현상이 종종 발생하였다. 이는 아직까지 수신기들이 등화기에 사용하는 알고리즘 상 선행고스트에 대해서는 다이나믹 고스트 처리능력이 많이 부족함을 입증하는 것으로 향후 개선이 요구되는 점이다. 이러한 문제점은 미국에서 실시된 실험실 테스트에서도 일부 확인된 바 있었다[5].

등화기 탭의 분석을 통해서 각 지역에서의 고스트와 수신 스펙트럼과의 관계를 분석하였다. 일반적으로 주 고스트(dominant multipath) 성분의 지연시간과 대역내 스펙트럼에 주기적인 일그러짐(Null)은 상관관계가 있다[6]. 즉 주 고스트의 지연시간에 해당하는 주파수만큼 스펙트럼에 골짜기가 발생하며 그 크기는 고스트의 크기와 연관되어 있다. 물론 대부분의 경우 복합 고스트가 발생하므로 그 현상은 뚜렷하지 않을 수도 있지만 다음과 같은 예에서와 같이 스펙트럼에 일정한 주기의 리플을 갖는다면 어떤 고스트가 어느 정도 크기로 유입되고 있는지 역으로 추정이 가능할 것이다.

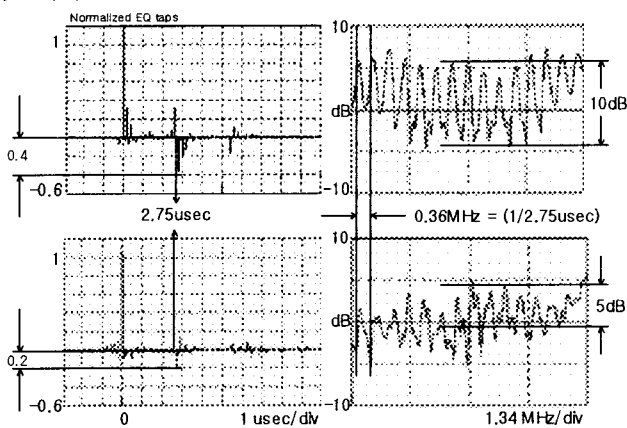


그림 10. 등화기 탭과 수신스펙트럼의 관계

4.3 결과 데이터 분석 및 실험 결과 요약

○ 수신성공률

중계기를 켜지 않은 상태에서 수신성공률은 두 수신기 모두 대략 80% 가량이었다. 애초 예상보다 수

신률이 높은 편이어서 상대적으로 중계기의 이점을 확인하기 용이하지 않았다. 특히 수신이 안 되는 지역은 대부분 주변 고층 건물에 의해 가리는 지역이어서 중계기 신호의 수신에도 어려운 점이 있었다.

표 1. 중계기의 작동에 따른 수신성공률의 변화

	중계기 Off		단순중계 On		재생중계 On	
	2 nd	3 rd	2 nd	3 rd	2 nd	3 rd
수신양호	31	33	23	36	18	21
수신불가	9	7	17	4	22	19
비율(%)	77.5	82.5	57.5	90.0	45.0	52.5

* 2nd: Z사 2세대 수신기, 3rd: H사 3세대 수신기

단순중계기를 켜었을 때 2세대 수신기와 3세대 수신기의 성능차이가 제일 많이 났다. 중계기를 켜게 되면 송신기 신호가 우세한 지역에서는 후행고스트가, 중계기 신호가 우세한 지역에서는 선행고스트가 발생하는데 그 크기와 지연시간이 2세대 수신기의 처리 능력을 벗어나는 곳이 많이 있어서 전반적으로 2세대 수신기의 성능의 불안해지는 경향이 있었다. 특히 송신기 및 중계기의 신호전계가 차이가 많이 나지않는 지역에서는 이런 현상이 두드러졌다.

○ 수신전계강도 - 수신마진

중계기를 켜지 않았을 때 수신 전계와 마진 그래프는 일반적인 선형관계를 보인다. 수신 전계는 50~90 dBμV/m를 보이고 있다.

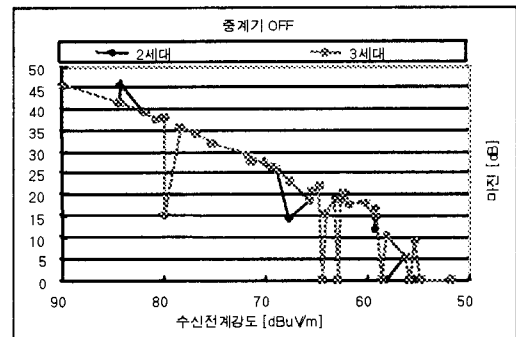


그림 11. 수신전계강도-마진(중계기 Off)

단순 중계기를 켜었을 때에는 2세대 수신기에서 수신 실패하는 지점이 많이 발생했고 3세대 수신기에서는 60~80 dBμV/m의 중전계 지역에서 수신 마진이 좁아지는 특성을 나타냈다. 재생 중계기에서는 약 60~75dBμV/m의 중전계 지역은 거의 수신이 불가능했다. 재생 중계기에서는 약 60~75dBμV/m의 중전계 지역은 거의 수신이 불가능했다. 특히, 중계기 근처나 중계기에서 멀리 떨어진 곳을 제외하고는 수신이 곤란하게 되었는데 이는 송신기와 중계기 두 신호가 동일채널 간섭신호로 서로 작용하기 때문이다. 즉 어느 쪽이 15dB이상의 우위를 나타내야 수신이 겨우 가능했다.

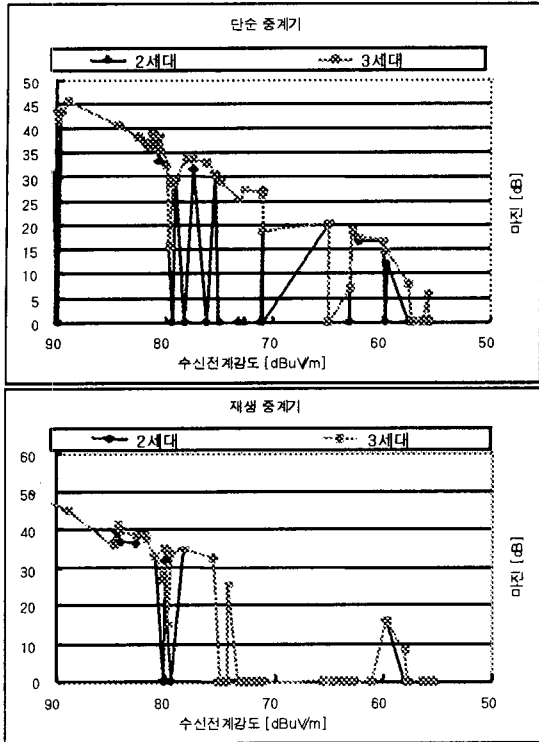


그림 12. 수신전계강도-마진(중계기 On)

○ 분석결과 정리

- 3세대 수신기로 측정된 수신성공률은 중계기 운용을 하지 않을 경우 82.5%였으며 단순중계기의 운용시 90%, 재생중계기의 경우는 52.5%였다.
- 송신기 신호 수신지역의 평균 탭에너지는 -11.1dB이나 단순중계기운용시는 -10.8dB, 재생중계기 운용시는 -9.8dB이다. 단순중계기 신호는 송신신호와 서로 고스트로 작용하므로 탭에너지가 나빠지는 경향이 있었다.
- 중계기의 서비스 구역은 수신기의 선행 고스트 처리 능력의 범위내에서 결정되어야 할 것이다. 6μsec까지의 선행고스트를 처리할 수 있는 현재 3세대 수신기 기준으로 하면 약 2km 이내이다.
- 동일채널중계는 인위적으로 다중경로 환경을 유발한 것이므로 수신기의 다중경로 처리능력에 따라 수신률에서 많은 차이를 보인다.
- 빔폭이 적은 중계안테나의 도입과 소출력 중계로 서비스 구역 국소화 하는 것이 기존 서비스 구역에 대한 영향을 최소화 하면서도 어느 정도 성공가능성이 높다.
- 수신기의 등화기는 선행고스트가 어느 정도 이상의 다이내믹 성분을 가질 경우 수신불능에 빠질 가능성이 있어 후행고스트의 다이내믹 성분 대처 능력에 비해 더 뒤떨어진 것으로 확인된다. 또한 선행고스트가 상당히 많이 있는 상태에서 양호한 수신 중 급격히 발생한 에러로 동기를 잃은 후 다시 정상적인 화면으로 회복되는데는 상당한 어려움이 있었다.
- 송신기와 중계기의 방향각이 약 30~40도 이상 차이가 날수록 수신 확률이 높아진다. 문제는 중계소의 송신안테나의 방향을 수신안테나쪽(송신기 방향)으로 많이 틀수록 중계기 내부의 송수신 분리도(isolation)확보

가 곤란하다.

- 중계기의 송수신 분리도 확보를 위한 방법으로 물리적인 전파 차단 방법연구 뿐 아니라 RF 제거 기술 도입을 통한 능동적인 분리도 확보 방법(active RF canceller)을 연구하여 도입하면 중계기의 설치 및 운용이 훨씬 용이할 것으로 기대된다.

5. 결론

실험결과 재생중계기의 경우 간섭신호로 작용하는 지역이 많이 발생하여 오히려 수신률을 떨어뜨리는 결과가 나타났다. 단순중계기의 서비스 구역은 수신기의 선행고스트 처리능력의 범위 내로 제한되며 현재 3세대 수신기 기준으로 약 2km 이내로 판단된다. 수신률에서는 동일채널중계 자체가 인위적으로 다중경로 환경을 유발한 것이므로 수신기의 다중경로 처리능력에 따라 많은 차이를 보였다. 이는 향후 수신기술의 발전에 따라 수신성공률은 높아질 가능성이 있거나 현재의 수신기 성능을 감안한다면 개방된 환경에서의 동일채널중계기의 도입은 기존 서비스구역에의 영향을 검토하여 신중하게 결정해야 한다고 여겨진다. 다만 빔(beam)폭이 적은 중계안테나의 도입과 소출력 중계로 서비스 구역을 국소화 하는 것이 기존 서비스 구역에 대한 영향을 최소화 하면서도 어느 정도 성공가능성이 있다. 수신기의 등화기는 선행고스트가 다이내믹 성분이 많을 경우 수신실패가능성이 높았으며 송신기와 중계기의 방향각은 30~40도 이상 차이가 날수록 수신 확률이 높아졌다.

이번 필드테스트를 통해서 동일채널중계를 개방된 지형에서 실시할 경우 발생할 수 있는 현상 및 문제점에 대해서 확인 할 수 있었다. 이들 결과를 토대로 향후 디지털 지상파 방송 네트워크의 안정화를 위한 하나의 방책으로 동일채널중계기술이 활용될 수 있도록 관련 기술의 지속적인 연구를 수행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Walt Husak, C. Einolf, S. Salamon, "Implementation and Test of an On-Channel Repeater", ATTC, 1999
- [2] W. Husak, E. Helm, "Design and Construction of a Commercial DTV On-Channel Repeater", Apr 2000
- [3] Khalil Slaehian et al., On-Channel Repeater for Digital Television Broadcasting Service, IEEE Symposium, Oct 2001
- [4] 실험방송전담반, "지상파 DTV 테스트베드 구축지원에 관한 연구 최종 결과보고서", 2000. 8
- [5] ATSC Task Force on RF System Performance, "Performance Assessment of the ATSC Transmission System, Equipment and Future Directions(Draft 4.3)", Nov 2000
- [6] 三木信之, 지상디지털텔레비전의 전송특성, 放送技術(일본), 2000. 7