

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.2.43>

JIWIT 2012-2-6

ATSC 지상파 방송을 위한 간섭제거 동일 채널 재생 중계기 성능평가

Interference Cancellation On-Channel Regenerative Repeater Laboratory Test for ATSC Terrestrial Broadcasting

김용석*, 기장근**, 이규대***

Yong-Seok Kim, Jang-Geun Ki, Kyu-Tae Lee

요약 본 논문에서는 단일 주파수 망(Single Frequency Network: SFN)으로 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 지상파 디지털 TV 방송을 서비스하기 위한 간섭 제거 디지털 동일 재생중계기(Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater: IC-DOCR)에 대한 실험실 테스트 결과를 기술하고, 그 결과를 분석한다. IC-DOCR 실험실 테스트는 수신부 테스트, 송신부 테스트, 그리고 궤환 제거 테스트로 구분된다. 수신부 테스트는 랜덤 잡음, 단일 에코, 다중경로 앙상블, 인접 채널 테스트 등을 포함하고, 송신부 테스트는 대역외 방사, 송신신호의 품질, 위상 잡음 테스트 등을 포함한다. 실험실 테스트 결과에 의하면, IC-DOCR은 수신신호 보다 28dB가 높은 궤환 신호를 제거할 수 있으며, 랜덤 잡음에 대한 TOV(Threshold Of Visibility)는 17.8dB이다. 또한 송신부 출력 신호는 미국의 FCC(Federal Communications Commission)규격을 만족하고, SNR 30dB 이상의 송신신호 품질을 유지한다.

Abstract This paper presents and analyzes laboratory test results of Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater(IC-DOCR) to broadcast digital television signals in the Advanced Television Systems Committee(ATSC) transmission systems using single frequency networks(SFN). IC-DOCR laboratory test is classified to receiver test, transmitter test, and feedback interference cancellation test. The receiver part includes random noise, single echo, multi-path ensembles, and adjacent channel interference test. The transmitter part includes out-of channel emission, equality of transmitting signal, and phase noise test. By the laboratory test, the receiver part of the IC-DOCR eliminates 28dB of feedback signal higher than the received signal and has 17.8dB at TOV(Threshold Of Visibility) under random noise environment. Also, the transmitter part satisfies the specification of US FCC(Federal Communications Commission) as well as maintains good output signal quality for guaranteeing more than SNR 30dB.

Key Words : ATSC, SFN, ICS, IC-DOCR, 간섭제거, 실험실 테스트

*정회원, 공주대학교 대학원 정보통신공학과

**중신회원, 공주대학교 전기전자제어공학부

***중신회원, 공주대학교 정보통신공학부(교신저자)

접수일자 2012.4.4, 수정일자 2012.4.12

게재확정일자 2012.4.13

Received: 4 April, 2012, Revised: 12 April, 2012

Accepted: 13 April, 2012

*** Corresponding Author: ktlee@kongju.ac.kr

Div. of Infomation and communication Engineering, Kongju National University, Korea

I. 서 론

우리나라의 지상파 디지털 TV 방송 방식의 전송 표준은 ATSC 지상파 디지털 TV 방송 표준인 ATSC A/53 규격을 채택했다.^[1] 그리고 지상파 DTV 방송서비스가 본격화되면서 난시청지역 및 페이딩이 심한 지역에 대한 수신 품질 개선이 요구되고 있다. 지상파 DTV 방송서비스에서 난시청의 해결방법으로는 수신 설비의 개선 및 전파 강도가 약한 지역에 대해 적절한 중계기의 설치로 해결할 수 있다. 그러나 지상파 DTV 방송서비스는 높은 주파수 대역을 사용하는 특성으로 야산 및 고층빌딩 등에 대한 페이딩현상 같은 국부적인 장애가 발생하는 특징이 있고, 주파수 망에 대한 가용 주파수 대역의 포화로 인한 신규 주파수의 할당이 어려운 상황이다. 국내의 경우 2012년 말에는 아날로그 방송이 종료될 예정이다. DTV 전환 시점까지 각 방송사는 기존의 아날로그 텔레비전 방송과 복수 주파수 망(Multiple Frequency Network: MFN)을 통해서 DTV 방송 서비스를 동시에 운영해야 하기 때문에 중계국, 간이국 등의 수요 증가로 인해 DTV 대역의 주파수 자원의 사용은 어렵고, 새로운 DTV 채널 배치는 더욱 더 어려워지고 있는 실정이다. 이에 따라, 특히 도심지 등에서 고층 건물군 등에 의한 국부적인 음영지역이나, 중계를 위한 여유 채널이 부족한 지역 등에서 효율적으로 주파수를 사용할 수 있는 동일채널 중계기술의 필요성이 부각되고 있다. 디지털 동일 채널 중계기(Digital On Channel Repeater: DOCR)는 주송신기의 송신신호를 수신하여 주파수 변환 없이 재전송하는 시스템이며, 주 송신기의 신호가 지형, 지물 등에 막혀 수신되지 않은 영역에 전파가 도달되도록 설치하여 서비스 가능한 주송신기의 신호 전송 영역을 넓히는 기능을 제공한다.

2003년까지는 3세대 수신기가 주로 사용되었는데, 이 수신기의 경우에는 후행고스트(post-ghost)는 44 μ sec까지 처리 할 수 있으나 선행고스트(pre-ghost)는 6 μ sec이내에서 제한되었다^[2]. 그러나 최근 ATSC 지상파 디지털 TV 수신 기술의 발전으로 53 μ sec까지 선행고스트를 동일하게 제거할 수 있는 수신기들이 개발되었다.^[3]

따라서 ATSC 지상파 디지털 TV 방송에서도 SFN을 통한 방송이 기술적으로 용의해 졌으며, 이러한 SFN에 대한 연구는 국내는 물론 미국, 캐나다에서 진행 중에 있다.^[4] 국내에서 제안한 EDOCR(Equalization Digital

On-Channel Repeater)을 이용하는 방법은 기존에 설치된 송신기와 함께 SFN 구성이 가능하지만, 출력 전력이 제한이 있어서 SFN 확장에 제한되었다.^[5] 최근에 EDOCR이 가지고 있는 출력 제한의 단점을 해결하기 위한 간섭 제거 디지털 동일 채널 재생중계기(Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater)을 제안되었다^[6].

본 논문에서는 송신출력 제한을 극복한 IC-DOCR의 구현된 구조에 대해서 살펴보고, IC-DOCR에 대한 실험실 테스트 절차 및 결과를 기술하고, 산출된 결과를 기반으로 해서 다양하게 분석한다. IC-DOCR 실험실 테스트는 수신부 테스트, 퀘환 제거 테스트, 그리고 송신부 테스트로 나누어 실험을 진행한다. 수신부 테스트는 다중경로 양상블(multi-path ensembles), 랜덤 잡음(random noise), 단일 에코(single echo), DTV 인접 채널 간섭 테스트를 진행하고, 퀘환 제거 테스트는 주파수 일치 여부 테스트와 퀘환 제거 성능 테스트를 진행하고, 송신부 테스트는 대역외 방사(out of channel emission), 송신 품질 테스트, 위상 잡음(phase noise) 테스트 등을 진행한다. 또한 이 테스트에 관련된 IC-DOCR 실험실 테스트를 위한 장비 구성 및 실험 절차에 대해서 살펴본다.

II. IC-DOCR 구현

IC-DOCR는 송신 안테나에서 커플링하여 결정된 레퍼런스 신호를 받아 수신 안테나로부터 수신된 신호 중 간섭 잡음 신호를 제거하고, 간섭 신호가 제거된 수신신호는 변복조 과정을 통해서 고품질의 신호를 송신한다.

따라서 IC-DOCR는 송/수신 안테나의 낮은 격리도로 인해 야기된 퀘환 신호를 제거 할 수 있어서 송신 출력을 높일 수 있고, 동시에 송신 품질을 확보할 수 있다.

1. IC-DOCR 구조

IC-DOCR의 구조는 그림 1과 같이 RF 신호 처리부와 디지털 신호 처리부로 구성된다. RF 신호 처리부는 Pre-selector, 수신 신호 주파수 하향 변환기, 레퍼런스 신호 주파수 하향 변환기, 주파수 상향 변환기, HPA, 그리고 채널 필터로 구성되어 있고, 디지털 처리부는 퀘환 신호 제거기, 복조기, 채널 등화기, 그리고 변조기로 구성된다.

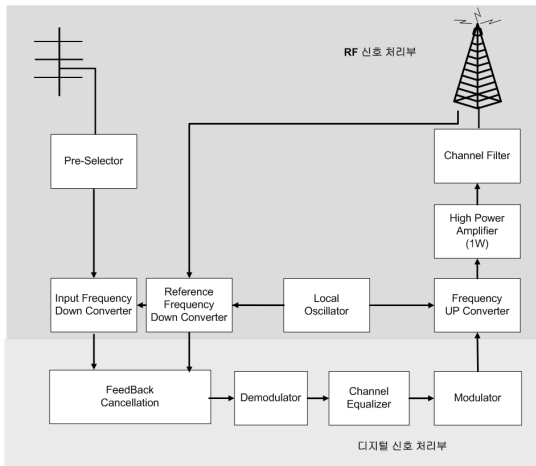


그림 1. IC-DOCR 구조
Fig. 1. Structure of IC-DOCR

2. IC-DOCR 구현

IC-DOCR의 구현은 RF 신호 처리부와 디지털 신호부로 나누어 그림 2와 같이 구현하였다.

- RF 신호 처리부
- Pre-Selector: 수신되는 인접 채널의 간섭을 최소화 하기 위한 마스크 필터이다.
- 하향 변환기(Frequency Down Conversion): 입력

- 되는 중심 주파수 479MHz의 RF신호를 44MHz의 기저 대역으로 변화하는 장치이며, 수신 신호 하향 변환기와 레퍼런스 주파수 하향 변환기는 동일한 구조를 가지고, 수신 레벨 범위만 다르다. 수신 신호 하향 변환기의 수신 레벨 범위는 $-70\sim-30\text{dBm}$ 이고, 레퍼런스 주파수 하향 변환기의 수신 레벨 범위는 $-40\sim 0\text{dBm}$ 이다.
- 상향 변환기(Frequency Up Conversion): 디지털 신호 처리기에서 출력되는 44MHz대역의 기저대역의 I(In-phase)와 Q(Quadrature) 데이터를 479MHz 되도록 주파수를 상향 변환하는 장치이고, 2차 Harmonic 및 image 신호를 최소화하기 위해서 Direct Up Conversion 방식을 구현하였고, 최종 출력 파워는 -10dBm 이다.
- HPA(High Power Amplifier): 방송 구역을 확보하기 위해서 신호를 증폭시키는 장치이며, 최종 출력은 $1\text{W}(30\text{dBm})$ 이다.
- Channel Filter: HPA 증폭된 신호에 발생하는 대역외 방사를 제한하기 위한 필터이며, 10W미만의 방사 마스크 특성을 가진다.
- Local Oscillator: 신호를 상향 및 하향 변환하기 위한 주파수 합성기이다.

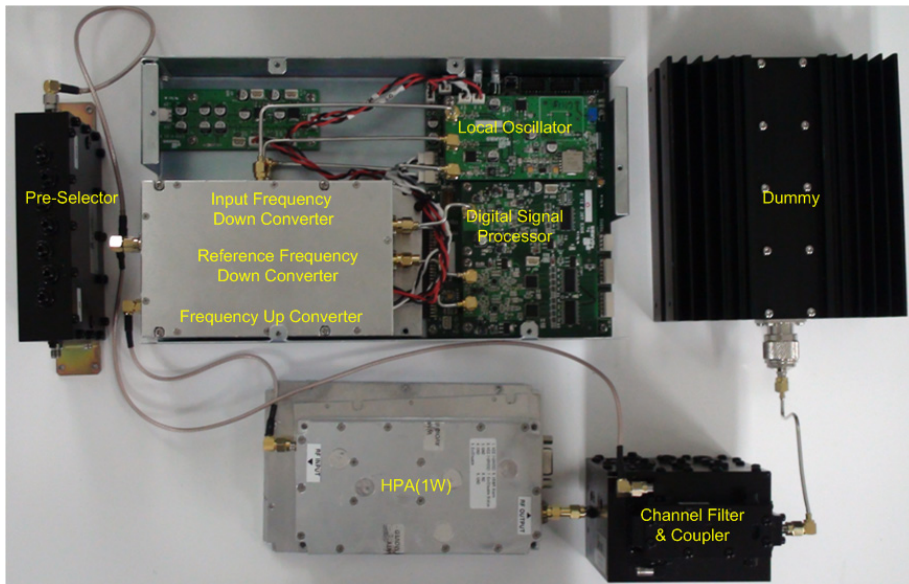


그림 2. 구현된 IC-DOCR 시스템
Fig. 2. The implemented IC-DOCR system

■ 디지털 신호 처리부

- ADC(Analog to Digital Converter): 44MHz 기저 대역의 수신 신호 및 레퍼런스 신호를 디지털로 변환하는 장치이며, ADC 성능은 50MHz로 샘플링하고 16bit 분해 능력을 갖는다.
- DAC(Digital to Analog Converter): I/Q 디지털 신호를 44MHz 기저 대역으로 변환하는 장치이며, 16bit 2채널 데이터를 200MHz으로 변환한다.
- FPGA(Field Programmable Gate Array): 실시간 처리를 위해서 복조부, 채널 등화부, 변조부, 그리고 궤환 신호 제거부 등은 FPGA로 구현되었고, 디바이스는 Altera사의 EP3C120F를 사용하였다.

- MPEG Signal generator: MPEG(Motion Picture Experts Group)-2의 스트림을 생성하는 장비
- R&S(Rohde & Schwarz)사의 SFQ: ATSC A/64 규격의 8-VSB 신호 발생기이며, 잡음 레벨 및 다중 경로 양상을 신호를 생성시키는 장비.
- R&S사의 SFL: ATSC A/64 규격의 8VSB 신호 발생기이며, 인접채널 테스트하기 위한 장비.
- Step Attenuator: 궤환 신호의 크기를 조절하기 위한 감쇄기
- Combiner: 송신부 신호, 인접 채널 신호, 그리고 궤환 신호를 결합하기 위한 결합기

III. IC-DOCR 실험실 테스트를 위한구성

IC-DOCR의 실험실 테스트는 테스트 송신 신호를 발생하기 위한 채널 송신부와 출력 신호를 품질을 측정하기 위한 수신부로 구성되어 있으면 그림 3와 같다.

1. 실험실 테스트를 위한 채널 송신부 구성

채널 송신부는 IC-DOCR 입력 신호로 사용되는 디지털 8-VSB 생성부와 동일 및 인접 채널 간섭신호 생성부로 구성되고, 장비 구성은 다음과 같다.

2. 실험실 테스트를 위한 수신부 구성

수신부는 IC-DOCR 출력 신호의 RF 품질을 측정하기 위한 장비와 수신 신호의 TOV(Threshold of Visibility) 레벨과 채널 프로파일을 측정하기 위한 장비로 구성되고, 장비 구성은 다음과 같다.

- Tektronix사의 RFA-300A: IC-DOCR 출력 신호의 RF 품질 및 대역의 방사를 측정하기 위한 장비
- R&S사의 ETL: IC-DOCR 입력 신호의 채널 프로파일을 측정하기 위한 장비
- ATSC Receiver: IC-DOCR 출력 신호의 TOV레벨을 관찰하기 위한 모니터링 장비

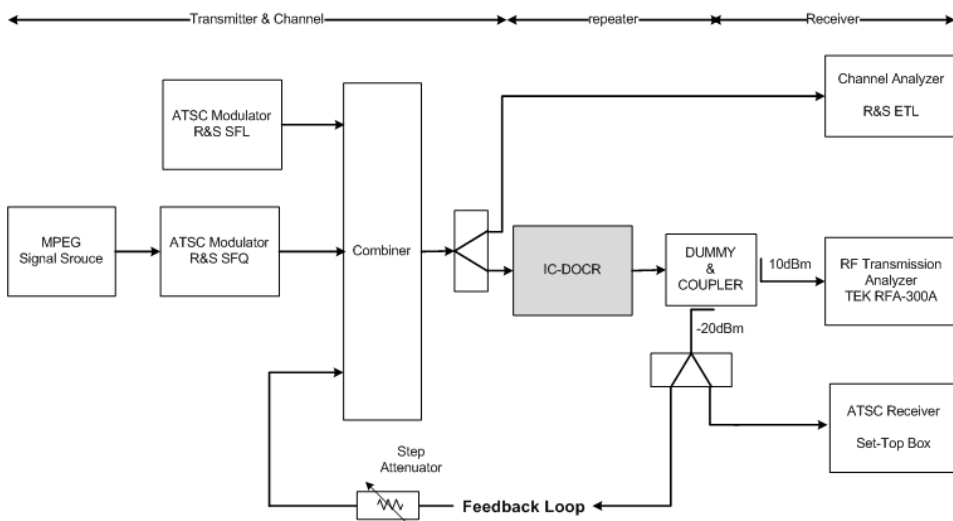


그림 3. 실험실 테스트를 위한 장비 구성
Fig. 3. Equipments set-up for laboratory test

3. 실험실 테스트를 위한 조건

IC-DOCR 실험실 테스트를 위해 15번 채널(476~482MHz)로 설정하고, 송신 신호의 레벨은 -70dBm으로 설정한다. 참고로 -70dBm의 수신 레벨은 LNA의 증폭 및 주파수 하위 변환 과정을 거치면 기저대역에서는 파워가 0dBm이 되고, C/N은 -30dB정도가 된다.

랜덤 잡음, 다중 경로 양상블, 그리고 케환 신호 등의 성능은 TOV 레벨로 결정한다. TOV 레벨 결정은 5세대 Set-Top box을 이용하여 화면 및 오디오의 품질을 관찰한다.

IV. 테스트 환경 및 결과

IC-DOCR 성능 평가를 위한 실험실 테스트는 수신부 테스트, 케환 제거 테스트, 그리고 송신부 테스트로 나누어 수행한다.

1. IC-DOCR 수신부 테스트

IC-DOCR의 수신부 테스트는 입력신호 레벨을 -70dBm으로 설정하고, 채널은 15번(479MHz) 채널로 설정하여 케환신호가 없는 상태에서 테스트를 하였다.

■ 랜덤 잡음 테스트

본 테스트는 다중경로 양상블이 있을 인가한 상태와 인가하지 않는 상태에서의 랜덤 잡음에 대한 IC-DOCR 수신부의 성능을 평가하는데 목적이 있다 이때 다중경로 양상블은 표 1과 같이 브라질 A채널을 사용하였다.

표 1. 브라질 A 채널 프로파일
Table 1. Brazil A channel profile

	Time Delay[us]	Attenuation[dB]
Main Signal	0	0
Multipath #1	0.15	-13.8
Multipath #2	2.22	-16.2
Multipath #3	3.05	-14.9
Multipath #4	3.85	-13.6
Multipath #5	5.93	-16.4

랜덤 잡음 테스트는 TOV에 도달할 때까지 잡음 레벨을 증가시켜서 TOV에 만족하는 C/N(Carrier to Noise) 값을 기록한다. 테스트 결과인 표 2와 같이, IC-DOCR 수

신부의 평균 C/N 값은 17.8dB이고, 일반적인 수신기는 15dB이다. 일반 수신기보다 2.8dB 정도의 TOV성능이 열화된 이유는 일반 수신기에 존재하는 FEC(Forward Error Correction)복화기가 IC-DOCR에서는 입출력의 모호성을 없애기 위해서 존재하지 않기 때문이다

표 2. 랜덤 잡음 테스트 결과

Table 2. Random noise test results

신호 레벨	다중 경로 양상블	C/N(dB)
-70dBm	없음	17.6
-70dBm	브리질 A	17.8

■ 단일 에코 테스트

본 테스트는 수신되는 에코 지연시간에 따른 단일 정적 에코에 대해서 IC-DOCR의 채널 등화기의 성능을 평가하는데 목적이 있다. 또한 단일 에코로 입력되는 신호의 모든 위상에 대해서 테스트하기 위해서 0.2Hz의 느린 도플러가 생성하여 TOV에서의 에코 지연 시간 및 파워 레벨을 기록하였다. 이때 입력되는 신호의 레벨은 -70dBm이고, C/N은 최대 30dB이다.

테스트 결과 표3과 같이, IC-DOCR 등화기의 성능은 17초 정도까지의 지연을 갖고, 위상과 상관없이 평균 -3.2dB의 단일 에코를 제거한다. 이때 pre-ghost는 시스템 지연시간의 증가를 야기하므로 post-ghost만 제거하도록 구현하였다.

표 3. 단일 에코 테스트 결과

Table 3. Single echo test results

지연 시간[us]	도플러 비율[Hz]	에코전력[dBc]
1	0.2	-2.8
2	0.2	-3.2
3	0.2	-2.9
5	0.2	-3.3
9	0.2	-3.4
11	0.2	-3.4
13	0.2	-3.1
15	0.2	-3.4
17	0.2	-3.1

■ 인접 채널 간섭 테스트

본 테스트는 DTV 인접 채널 간섭에 대한 IC-DOCR 수신부의 성능을 평가하는데 목적이 있다. IC-DCCR의 RF 입력에는 그림 4와 같이 특성을 가지는 BPF(Band

Pass Filter)가 장착되어 있다. 이 BPF는 중심주파수(479MHz)로부터 ±9MHz가 이격된 곳에서는 30dBc이상의 인접채널 신호를 감쇄시키다. 따라서 바로 인접한 상하 채널(±6MHz)이 가장 열악하므로 인접 채널 테스트는 수신 채널에 인접한 하위(lower)와 상위(upper)채널에 대해서 테스트를 하였다.

인접채널 테스트는 TOV에 도달할 때까지 인접채널의 파워를 증가시켜서 TOV에 만족하는 DTV 간섭 레벨(D/U)을 기록하였다. 그 결과는 표4와 같고, 그림 5는 인접 채널과 결합된 신호를 스펙트럼으로 측정한 결과이다.

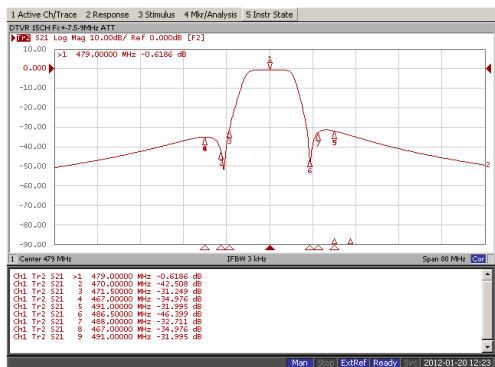


그림 4. 입력 밴드패스 필터의 특성
Fig. 4 the input band-pass filter characteristic

표 4. 인접 DTV 신호의 간섭 테스트 결과
Table 4. Adjacent DTV interference test results

신호레벨	DTV 간섭 신호	D/U[dB]
-70dBm	N-1	-26
-70dBm	N+1	-28

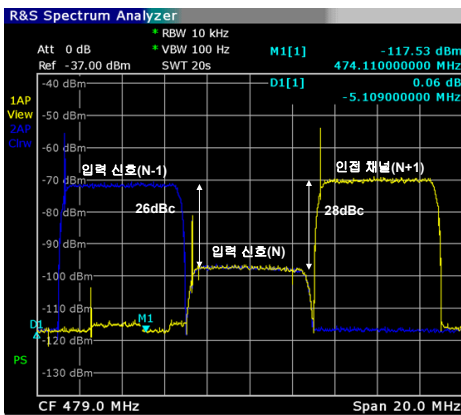


그림 5. 인접 채널 간섭 스펙트럼
Fig. 5. Spectrum of Adjacent DTV interference

2. IC-DOCR 궤환 제거 테스트

궤환 제거 테스트는 주파수 일치, 시간 지연 테스트, 그리고 궤환신호의 레벨(D/U: Desired to Undesired) 테스트로 나누어 진행된다. 본 테스트의 성능 평가는 R&S(Rohde & Schwarz)사의 ETL 분석기를 사용하여 동일 채널 프로파일을 측정하였다.

■ 주파수 일치 및 시간지연 테스트

본 테스트는 수신 신호와 궤환 신호간의 파워차이에 따른 지연 시간 측정과 주파수 일치를 측정하는데 목적이 있다. 채널 측정된 그림 6의 결과를 보면, 수신 신호가 궤환 신호보다 2.8dB가 큰 상태에서 시스템 지연시간은 6us이고, 주파수 편차는 0Hz로 측정되었다. 주파수 일치 여부는 스펙트럼으로 확인 할 수가 있는데, 두 신호의 주파수가 일치되면 그림 7와 같이 고정된 널(null)모양의 형상으로 계측된다. 따라서 IC-DOCR 시스템 지연시간은 6us이고 주파수가 일치함을 확인하였다.

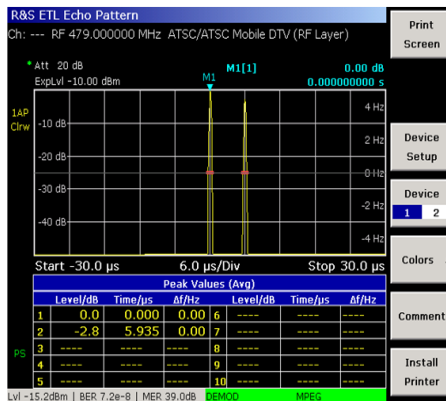


그림 6. D/U가 +2.8dB 일 때, 채널 프로파일
Fig. 6. when D/U is 3dB, Channel Profile

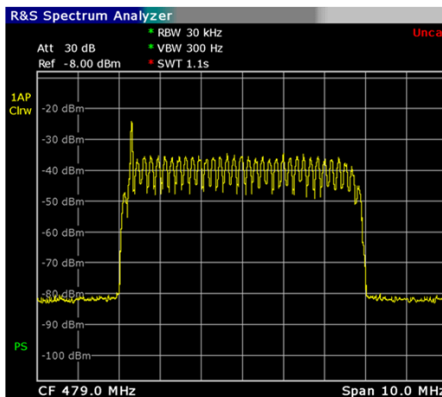


그림 7. 주파수 일치 스펙트럼
Fig. 7. Spectrum of frequency synchronization

■ **궤환 제거 테스트**

본 테스트는 송수신 안테나의 낮은 격리도로 인해 야기된 궤환 신호의 제거 성능을 평가하는데 목적이 있다. IC-DOCR에 입력되는 파워 레벨이 -70dBm으로 설정하고, TOV에 도달할 때까지 궤환 신호의 파워를 증가시켜서 TOV에 만족하는 궤환신호의 레벨(D/U)을 기록한다. 본 테스트 결과인 그림 8과 같이, IC-DOCR의 궤환신호 제거의 레벨(D/U)은 -28dBc이다. 또한 그림 9은 IC-DOCR의 입력 단에서 수신 신호와 궤환 신호간의 파워를 각각 스펙트럼으로 측정된 결과이다.

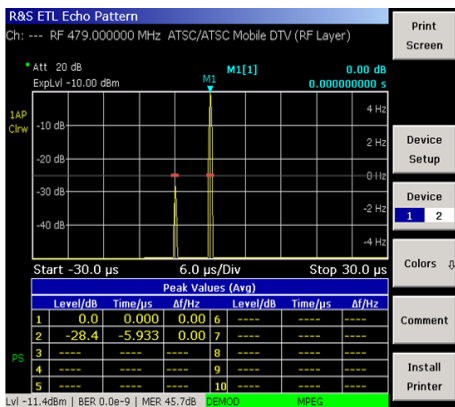


그림 8. D/U가 -28dB 일 때, 채널 프로파일
Fig. 8. when D/U is -28dB, Channel Profile

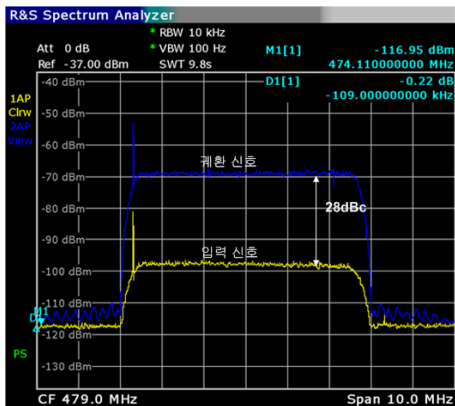


그림 9. 동일 채널 간섭 스펙트럼
Fig. 9. Spectrum of co-channel interference

3. IC-DOCR 송신부 테스트

일반적으로 DTV 송신기 및 중계기 출력 신호의 특성은 Tektronix사의 RFA-300A를 사용하여 측정한다. RFA-300A 장비는 방송통신위원회 체신청 무선국 검사

를 위한 공식 장비이다. IC-DOCR의 최종 송신 출력은 1W(30dBm)이고, 송신부 테스트는 대역외 방사 측정, 송신 신호품질, 그리고 위상 잡음 측정으로 나누어 측정한다.

■ **대역외 방사 측정**

대역 외 방사제한은 인접채널에 할당된 디지털과 아날로그 방송 채널간의 간섭영향을 통제하기 위한 것으로 송신대역 바깥으로의 전력방사를 엄격히 제한하고 있다. 인접 NTSC와 DTV채널에 간섭을 주는 요인은 상호변조에 의한 측파대확산이 그 원인인데, 상호 변조 성분은 수신기에서는 잡음으로 나타나서 이미 존재하는 다른 잡음에 더해지므로 송신기 측에서는 대역 외로의 전파방사를 억제하고 있다. 대역외 방사강도 마스크 규격은 10W 출력을 기준으로 해서 두 가지 FCC 방사 마스크 규격이 있다. IC-DOCR의 출력 전력은 1W이므로, 그림 10과 같이 10W미만의 FCC 방사 마스크 규격이 적용되고, 그림 11과 같이 10W미만의 방사 규격을 만족한다^[7].

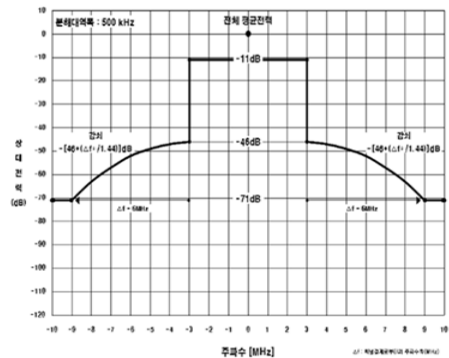


그림 10. 대역외 방사(10W미만)
Fig. 10. Out of channel emission mask(Less than 10W)

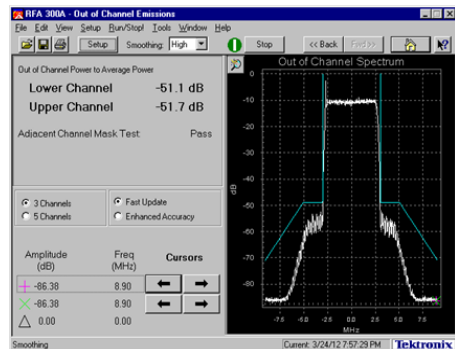


그림 11. 대역외 방사 테스트 결과
Fig. 11. Out of channel emission test result

■ 송신신호 품질 측정

8VSB신호의 송신 신호 품질은 SNR(Signal to Noise), EVM(Error Vector Magnitude), MER(Modulation Error Ratio)로 나타낼 수 있는데, 8VSB에서는 성능을 저하시키는 요소인 혼변조왜곡, 위상 잡음, 진폭응답 오류 및 군지연의 합을 지속적으로 감시해야하는 중요한 측정매개 변수이다 수식으로 표현하면 SNR, EVM, MER은 다음과 같다.

$$SNR = 20 \log \left[\frac{\sum_{j=1}^N I_j (\text{이상적인 } I \text{ 채널 심볼})^2}{\sum_{j=1}^N \delta I_j (\text{I 채널 에러})^2} \right] \quad (1)$$

$$EVM = \sqrt{\frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta I_j (I \text{ 에러})_j}{S(\text{최외각의 이상적인 심볼})_{\max}^2}} \times 100\% \quad (2)$$

$$MER = 20 \log \left[\frac{\sum_{j=1}^N (I_j (I \text{ 에러})^2 + (Q_j (Q \text{ 에러})^2)}{\sum_{j=1}^N \delta I_j (I \text{ 에러})^2 + \delta Q_j (Q \text{ 에러})^2} \right] \quad (3)$$

국내 무선국 규격 및 FCC에서는 8VSB 송신 시스템 출력 SNR을 27dB이상으로 규정한다^[7]. 본 테스트의 결과는 SNR이 35정도로 측정되었고, 규격을 만족한다. 그림 12는 IC-DOCR 출력신호의 정상(constellation) 모양에 따른 SNR, EVM, Complex MER을 측정한 결과이다.

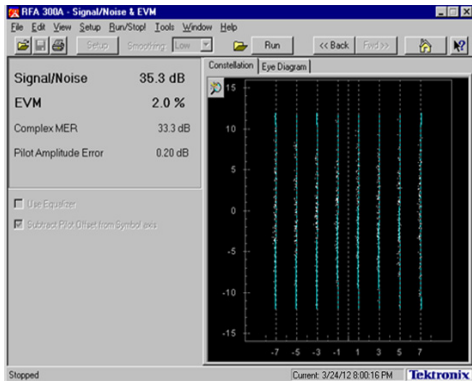


그림 12. 정상 모양 테스트 결과
Fig. 12. constellation diagram test result

ATSC A/64에서는 주파수 응답과 및 그룹 지연에 관한 표 5와 같이 규격을 정의한다. 그림 13는 이상적인

8VSB 신호와 입력된 신호 간의 주파수 응답 에러 및 그룹 지연 에러를 나타내고, IC-DOCR 출력 신호는 ATSC A/64에서 제안하는 표5와 같은 규격을 만족한다^[7].

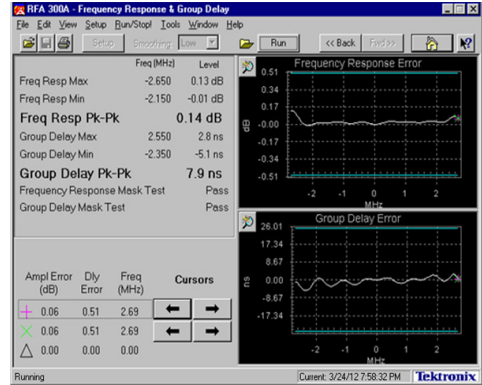


그림 13. 주파수 응답 및 그룹 지연 테스트 결과
Fig. 13. Frequency response and group delay test result

표 5. 주파수 응답 및 그룹 지연 마스크
Table 5. frequency response & group delay Mask

	주파수 범위	오차 범위
주파수 응답 마스크	±2.69 MHz	±0.5dB
그룹 지연 마스크	±2.69 MHz	±25ns

■ 위상 잡음 측정

위상 잡음은 RF 주파수 합성기 및 디지털 변조 과정에서 발생하는 위상 변화이고, 시간 영역에서는 지터(jitter)로 나타낸다.

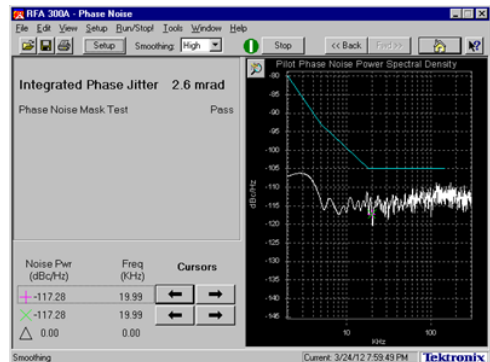


그림 14. 위상 잡음 테스트 결과
Fig. 14. Phase noise test result

위상 잡음에 가장 중요한 영향을 주는 것은 레퍼런스 클록이고, 이 신호를 기반으로 해서 고주파수 신호를 생성하는 VCO(voltage Control Oscillator)는 위상 잡음의 성능을 결정한다. 또한 IC-DOCR같은 동일채널 중계기에서는 주파수 일치하기 위한 과정 인해서 수신되는 신호의 위상 잡음이 출력 신호의 위상 잡음을 결정한다. 따라서 IC-DOCR에 장착된 주파수 합성기 성능과 송신기로부터 수신되는 신호의 위상 성능이 IC-DOCR의 위상 잡음을 결정한다. ATSC A/64 문서에서는 위상 잡음이 20KHz에서 -104dBc/Hz 보다 낮을 것을 정의한다^[7]. 본 테스트의 결과는 그림 14에 의하면 위상잡음이 20KHz에서 -117dBc/Hz 로 측정되었다

V. 결론

본 논문에서 ATSC 지상파 디지털 TV 방식으로 SFN을 구성하기 위한 IC-DOCR에 대한 구현된 구조와 실험실 테스트 결과를 기술하고, 그 결과를 분석하였다.

IC-DOCR 실험실 테스트는 수신부 테스트, 케환 제거 테스트, 송신부 테스트로 나누어 실험을 진행하였다. 수신부 테스트는 다중경로 양상블(multi-path ensembles), 랜덤 잡음(random noise), 단일 에코(single echo), DTW 인접 채널 간섭 테스트를 진행하였고, 케환 제거 테스트는 주파수 일치 여부 테스트와 케환 제거 성능 테스트를 진행하였다. 또한 송신부 테스트는 대역외 방사(out of channel emission), 송신 품질 테스트, 위상 잡음(phase noise) 테스트를 진행하였다. 실험실 테스트 결과에 의하면 IC-DOCR은 수신신호 보다 28dB가 높은 케환 신호를 제거할 수 있으며, 랜덤 잡음에 대한 TOV(Threshold Of Visibility)는 17.6dB이다. 또한 송신부 출력 신호는 미국의 FCC(Federal Communications Commission)규격을 만족하고, SNR 30dB 이상의 송신신호 품질을 유지한다. IC-DOCR의 실험실 평가는 전반적으로 목표로 했던 만족할 결과를 얻었다. 하지만 IC-DOCR은 시스템 지연 시간을 최소화하기 위한 처리과정으로 인해서 수신 성능은 선행고스트(pre-ghost)에 대해서는 취약하다.

따라서 IC-DOCR을 이용하여 효율적으로 SFN망을 구성하기 위해서는 향후 필드 테스트의 결과를 분석하여 시스템 지연 시간과 선행 고스트 제거 범위를 절충하는 시스템 사항의 고찰이 요구되고, 또한 지연 시간을 최소

화 하면서 선행 고스트 제거 능력도 향상할 수 있는 연구가 동반되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] ATSC "ATSC Digital Television standard", ATSC Doc. A/53, Sep. 1995
- [2] ATSC Task Force on RF system Performance, "Performance Assessment of the ATSC Transmission System, Equipment and Future Directions (Draft 4.3)," ATSC, Nov, 2000.
- [3] Tim Laud "Performance of 5th Generation 8-VSB Receivers", Broadcast Technology Symposium, 2004.
- [4] 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 Broadcasting Engineering Conference Processdings, pp. 128-133. 2004.
- [5] ATSC Recommended Practice: Design of Synchronized Multiple Transmitter Networks, Doc. A/111, Sept. 2004.
- [6] Yong-Seok Kim, Jang-Geun Ki, and Kyu-Tae Lee, "Interference Cancellation On-Channel Regenerative Repeater for the Single Frequency Network of ATSC Terrestrial Broadcasting" IWIT, pp 295-302, Dec. 2011.
- [7] Transmission Measurement and Compliance for Digital Television, Doc. A/64 Rev. A, May, 2000.

저자 소개

김 용 석(정회원)



- 1997년 서울산업대학교 전자공학과 졸업
- 1999년 한양대학교 전자공학과 석사
- 1999년~2000년 한국과학기술연구원 연구원
- 2000년~2001년 한국전자통신연구원 연구원

- 2002년~2006년 라임텍(주) 연구 소장
 - 2007년~현재: (주) 답스 대표 이사
 - 2008년~현재 : 공주대학교 정보통신공학부 박사과정
- <주관심분야: 디지털 신호처리, RF 신호처리, 전송시스템 >

기 장 근(중신회원)



- 1986년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업
- 1988년 2월 고려대학교 전자공학과 석사
- 1992년 2월 고려대학교 전자공학과 박사
- 2002년 6월 ~ 2003년 6월 Univ. of

- Arizona 방문교수
 - 2010년 8월 ~ 2011년 8월 Univ. of Arizona 방문교수
 - 1992년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 전기전자제어공학부 교수
- <주관심분야: 통신프로토콜, 이동통신시스템>

이 규 대(중신회원)



- 1984년 고려대 전자공학과 졸업
- 1986년 고려대 전자공학과 석사
- 1991년 고려대 전자공학과 박사
- 2001년 미 조지아텍 교환 교수
- 2007년~2009년: 한국전자통신연구원 초빙연구원
- 2006년 미 시카고주립대 교환 교수

- 1992년3월 ~ 현재 : 공주대 정보통신공학부 교수
- <주관심분야: 회로 및 시스템, 신호처리, SDR, VLC>