

논문 2011-6-37

ATSC 지상파 방송의 단일주파수 망 구성을 위한 간섭제거 동일 채널 재생 중계기

Interference Cancellation On-Channel Regenerative Repeater for the Single Frequency Network of ATSC Terrestrial Broadcasting

김용석*, 기장근**, 이규대***

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

요 약 본 논문에서는 단일 주파수 망(Single Frequency Network:SFN)을 통해 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 지상파 디지털 TV 방송을 서비스하기 위한 필요한 기술적인 사항에 대해서 고찰하고, ETRI에서 제안한 등화형 동일 채널 중계기(Equalization Digital On Channel Repeater: EDOCR)가 가지는 단점을 극복한 간섭 제거 디지털 동일 재생중계기(Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater: IC-DOCR)을 제안한다. 제안한 IC-DOCR은 EDOCR의 장점인 전송로에 의해 야기된 잡음 및 다중경로 신호를 제거하므로 우수한 송신품질을 유지한다. 또한, EDOCR 단점인 낮은 송수신 안테나의 격리도(isolation)를 확보하기 위해서 수신 신호의 8-VSB 복조를 이용한 간섭제거 알고리즘을 사용하여 송신 출력의 제한을 극복할 수 있다. 전산 실험을 통해서 제안된 시스템의 성능을 분석하고 확인하였다.

Abstract In this paper we consider technological requirements to broadcast digital television signals using single frequency networks(SFN) in the Advanced Television Systems Committee(ATSC) transmission systems and propose Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater(IC-DOCR) that overcomes the limitation of EDOCR(Equalization Digital On Channel Repeater) proposed by ETRI. The proposed IC-DOCR maintains the benefits of EDOCR that have good output signal quality removing multi-path, additive white Gaussian noise(AWGN). In addition, since the Interference Cancellation algorithm using the 8-VSB symbol demodulation of received signal removes the Interference of feedback signal, IC-DOCR improve the weakness of EDOCR that have low isolation between receive and transmit antenna so that can overcome the limitation of output signal power. we did analysis and verification of the proposed system performance using computational simulation.

Key Words : ATSC, SFN, ICS, IC-DOCR, 간섭제거, 중계기

1. 서 론

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, 주

*정회원, 공주대학교 대학원 정보통신공학과

**중신회원, 공주대학교 전기전자제어공학부

***중신회원, 공주대학교 정보통신공학부(교신저자)

접수일자 2011.9.29, 수정일자 2011.11.20

게재확정일자 2011.12.16

파수 망에 대한 가용 주파수 대역의 포화로 인한 신규 주파수의 할당이 어려운 상황이다.^[1]

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.

최근 ATSC 지상파 디지털 TV 수신 기술의 발전으로 인해 전송 채널에서 발생하는 다중경로 신호의 제거 능력이 개선되었을 뿐만 아니라, 0 dB 고스트 신호까지 제거할 수 있는 수신기들이 개발되고 있다.^{[2]-[4]} 따라서 ATSC 지상파 디지털 TV 방송에서도 SFN을 통한 방송

이 기술적으로 용의해 졌으며, 이러한 SFN에 대한 연구는 국내는 물론 미국, 캐나다에서 진행 중에 있다.^{[4]-[10]}

SFN구성을 위한 기술은 최근 한국전자통신연구원에서 제안한 EDOCR(Equalization Digital On-Channel Repeater)을 이용하는 방법은 기존에 설치된 송신기와 함께 SFN 구성이 가능하므로 망 구성이 용의하고, 출력 신호의 품질이 우수하다는 장점이 있지만, 출력 전력이 낮아서 SFN 확장에 제한이 있다.

본 논문에서는 SFN을 통해 ATSC 지상파 디지털 TV 방송을 서비스하기 위해 필요한 기술적인 요구 사항에 대해서 고찰하고, 기존 EDOCR이 가지는 단점을 극복한 간섭 제거 디지털 동일 채널 재생중계기(Interference Cancellation Digital On Channel Regenerative Repeater)을 제안하고, 또한 제안된 방법으로 전산 실험을 통해서 IC-DOCR을 분석하고 검증하였다.

II. DOCR을 이용한 SFN 구현

1. SFN을 위한 DOCR의 요구 사항

DOCR은 그림 1처럼 주송신기의 DTV 방송 신호를 수신하여 주파수 변환 없이 재전송하는 중계기 시스템이며, 주 송신기의 신호가 지형, 지물 등에 막혀 수신되지 않은 영역에 전파가 도달되도록 설치하여 서비스 가능한

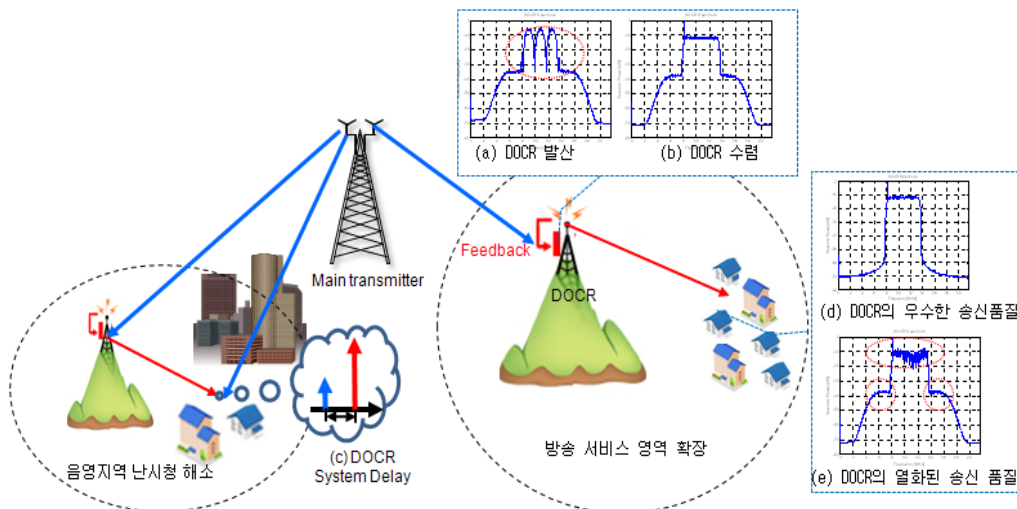


그림 1. DOCR 개념도 및 출력 특성

Fig. 1. Concept diagram and Output characteristic of the DOCR

주송신기의 방송 서비스 영역을 확장하고 음영지역의 난시청을 해소하는 역할을 한다. SFN에서 동작되는 DCOR 설계는 수신 성능 열화 요소를 고찰하여 설계되어야 하고, 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.^[15]

- ① DCOR 송/수 신호의 주파수는 동일해야 한다. 만약 주송신기 송출 신호와 DCOR 송출 신호의 주파수가 다르다면 도플러 쉬프트 성질을 가지는 고스트 신호성분을 야기시키고, 주송신기와 DCOR의 송신 주파수차이가 클수록 도플러 쉬프트의 속도가 증가되어 수신기 적응 등화기 성능 저하의 요인이 된다.
- ② DCOR 송/수신 안테나의 높은 분리도(isolation)를 확보하기 위해서 그림 1 (a)처럼 DCOR 송신 신호가 수신 안테나로 케환되는 신호를 제거해야 한다. 만약 수신안테나로 케환되는 신호를 제거하지 못하면 그림 1 (b)처럼 DCOR은 발전되어 DCOR 출력 전력에 제한이 된다.
- ③ DCOR은 짧은 시간 지연을 가져야 한다. 만약 DCOR의 시간 지연이 길다면, 그림 1 (c)처럼 기존 수신기에 시간지연이 긴 프리고스트(Pre-ghost)을 생성시켜 수신기 적응 등화기의 성능 요인이 된다.
- ④ DCOR은 좋은 입력 신호 선택성(selectivity)과 좋은 출력 신호 품질을 유지하여야 한다. 즉, DCOR 수신 신호가 그림 1 (e)처럼 원하는 채널이 AWGN 및 다중경로 인해 왜곡되더라도, DCOR 출력신호는 그림 1(d)처럼 좋은 품질을 가져야 한다. 그림 8 (e)처럼 잔존하는 다중경로는 및 AWGN 성분은 송신 품질을 열화시켜서 방송 영역을 감소시키고, 잔존하는 인접 채널 성분은 인접 채널 간섭을 야기한다.

2. 기존의 DCOR

방송 서비스의 난시청과 영역 확대에 능동적으로 대응하기 위한 방법이 동일 채널 중계기술(OCR: On Channel Repeater)이다. OCR 시스템은 단순 중계기(Repeater)로서 DTV 송신기의 커버리지를 보완해주는 중계시스템으로 흔히 갭필러(gap-filler)라고 불린다.^[6]

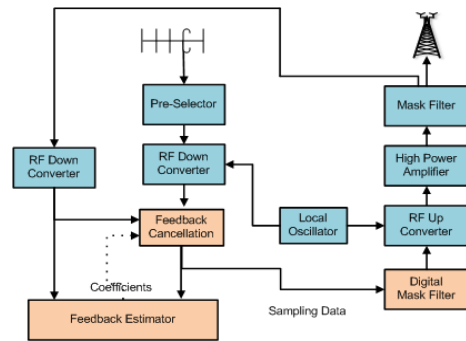


그림 2. DVB 및 DMB ICR 구조 블록도
Fig. 2. Structure of ICR for DVB and DMB

그림 2과 같이 DVB 및 DMB 방식의 ICR(Interference Cancellation Repeater) 구조는 Pre-selector, LNA, 주파수 하향 변환기, 케환 신호 제거 및 추정부, 케환 신호 추정부로 신호를 처리하여 원 신호를 수신하고, 이 신호를 다시 Digital Mask Filtering 부, 주파수 상향 변환기, HPA, 채널 필터로 송신하는 과정으로 구성된다.

디지털 통신방식의 특징은 채널내의 간섭신호에도 불구하고 자기신호를 복구해내는 기술이 용이해서 주파수의 재사용이 가능한 경우가 많으며, 국내 모바일 방송인 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)과 유럽 디지털 방송 TV 서비스인 DVB(Digital Video Broadcasting)에서 같은 채널 내에서 중복해서 송출하더라도 원하는 신호를 정확히 검출하는 것이 가능하다.

하지만 ATSC방식의 DTV는 DVB와 DMB 서비스 방식과 다르게 이동성을 고려하지 않는 방식, 즉 SFN을 고려하지 않는 방식의 서비스이다. 특히 ATSC 방식은 전송되는 symbol에는 시스템의 동기를 위한 Pilot 신호가 없고, 전송되는 신호의 평균보다 11dB 높은 DC만을 과일렛 신호로 전송하기 때문에 페이딩이 심한 환경에서는 주파수를 동기에 어려움이 있어서 수신에 저해 요인이 되고, 그림 2과 같은 ICR 구조에서 원 신호보다 큰 케환 신호가 수신이 된다면, 수신 신호에 시스템의 동기가 열화 되어 케환 신호를 제거하지 못하게 된다. 즉, ICR 시스템은 ATSC 방식의 서비스 환경에서는 적합하지 않다.

국내에서 개발된 EDOCR(Equalization Digital On Channel Repeater)는 수신한 신호를 재변조하여 전송함으로써 방송 서비스 품질은 우수하여 SFN의 문제를 해결하였으나, 송수신 안테나 사이의 분리도 확보가 낮아서 출력신호의 레벨을 제한해야하는 단점으로 필드적용에 어려움을 갖고 있다.

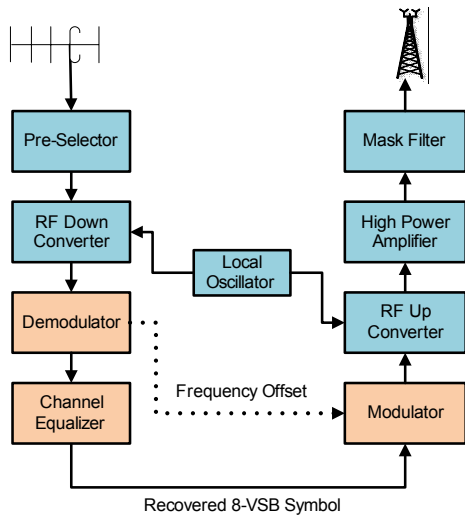


그림 3. EDCOR 구조 블록도
Fig. 3. Structure of EDCOR

그림 3과 같이 EDCOR은 Pre-selector, LNA, 주파수 하향 변환기, 복조기, 신호 처리부는 등화기로 수신하고, 이 신호를 다시 변조기, 주파수 상향 변환기, HPA, 채널 필터로 송신하는 과정으로 구성되고, EDCOR은 다음과 같은 특징을 갖는다.^[15]

- ① EDCOR은 FEC(Forward Error Control) 복호/부호화부를 사용하지 않는 것을 제외하면, 일반적인 재생 중계기의 구조와 동일하여 수신신호의 선택성(selectivity)이 우수하다
- ② FEC 부호화부를 사용하지 않기 때문에 낮은 시스템 지연(5 μ s 미만)을 가지며, 입출력 신호의 모호성 문제를 가지지 않는다.
- ③ 주파수 동기는 GPS(Global Positioning System)을 사용하지 않고, 수신시 파일럿에 오프셋 값을 추출하여, 이 주파수 offset값으로 출력 국부발진 주파수를 보상하여 입출력 주파수를 일치시킨다.
- ④ EDCOR은 원신호보다 큰 신호를 제거하지 못하는 단점이 있어서 송수신 안테나의 분리도 확보에 어려움이 있다. 이로 인해서 출력신호레벨의 제한, 설치 편의성(비용, 장소 등)이 제한된다.
- ⑤ EDCOR의 수신부는 FEC(Forward Error Control) 복호화기가 없기 때문에 FEC 복호화기를 사용한 일반 수신기보다는 TOV(Threshold Of Visibility)가 2dB정도 성능의 저하가 있다.

III. 제안된 IC-DCOR 시스템

1. IC-DCOR 구조 및 특징

본 절에서는 기존 EDCOR의 단점을 극복한 그림 4와 같은 구조를 가지는 IC-DCOR을 제안한다. IC-DCOR은 송신 안테나에서 커플링하여 결정된 레퍼런스 신호를 받는 부분과 이 신호를 이용하여 수신 안테나로부터 수신된 신호 중 간섭 잡음 신호를 제거하는 구조이고, 이것을 제외하면 기저대역에서 symbol을 복호화하고, 채널 등화기를 거쳐서 부호화하는 부분은 EDCOR과 동일하다.

IC-DCOR에서는 EDCOR의 송/수신 안테나의 낮은 격리도로 인해 야기된 퀘환 신호를 제거 할 수 있기 때문에 IC-DCOR의 충분히 송신 출력을 높일 수 있고, 동시에 EDCOR의 장점인 송신 품질을 확보할 수 있다.

따라서, 옥외 설치 시에 수신 안테나와 송신 안테나간의 이격도 설정과 같은 제한적인 조건을 해결하여 송/수신 안테나의 분리도가 확보되지 않아도 IC-DCOR에서 퀘환 신호를 제거하기 때문에 송/수신 안테나의 분리도를 충분히 확보할 수 있고, 등화 및 재 변조 과정을 통해 신호 품질의 향상시킨다.

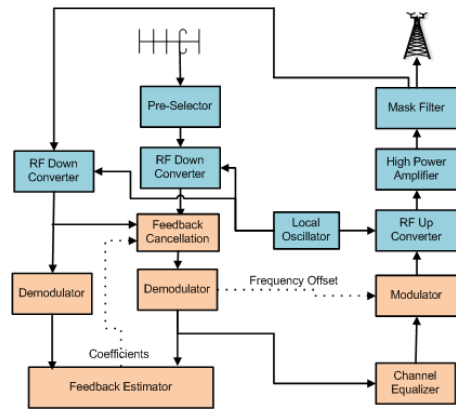


그림 4. IC-DCOR 구조 블록도
Fig. 4. Structure of IC-DCOR

IC-DCOR의 다양한 특징들을 기존 EDCOR방식과의 상대적인 비교지표를 통해 표 1에 나타내었다.

표 1. IC-DCOR과 EDCOR이 특징 비교
Table 1. CStructure of IC-DCOR

	Antenna Isolation	Quality of Transmitted Signal
EDCOR	Bad	Good
IC-DCOR	Good	Good

2. 간섭 신호 제거 알고리즘

IC-DOCR은 송신 안테나에서 케환되는 신호와 수신 신호가 결합되어 입력된다. 이 결합된 신호에서 수신 신호만을 필터링하여 케환 신호를 제거해야 한다. 이 케환 신호를 제거하기 위해서 송신 신호의 커플링한 신호를 레퍼런스로 하여 수신 신호와 케환신호의 자기 상관도 (Auto Correlation)를 이용하여 송신 안테나로부터 케환되는 신호를 제거한다. 그림 5와처럼 Adaptive FIR 필터 구조의 적응 필터 구조로 구현되어 있으며, 이 때 적응 알고리즘은 LMS (Least Mean Square)을 사용하여 구현하였다.

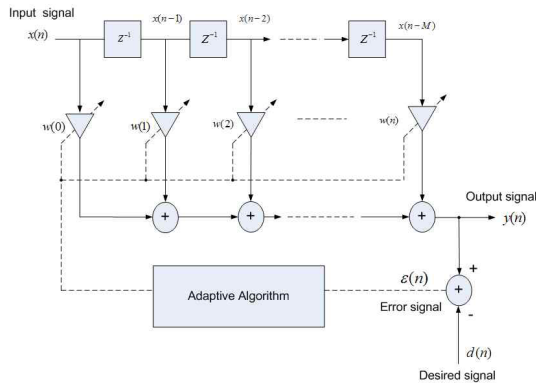


그림 5. 적응형 FIR 필터
Fig. 5. Adaptive FIR filter

적응형 필터의 기본구조는 디지털 필터의 출력과 원하는 신호와의 오차를 최소화하는 방향의 가중치를 구해 줌으로서 에러를 최소화시키는 것이다. LMS 알고리즘에서 사용되는 FIR 필터의 구조는 현재 출력 값을 이전의 출력 값과 필터계수에 대한 가중치의 합으로 식(1)과 같다.

$$y(n) = w_0(n)x(n) + w_1(n)x(n-1) + \dots + w_{M-1}(n)x(n-M+1) \quad (1)$$

$$= \sum_{k=0}^{M-1} w_k(n)x(n-k)$$

필터의 출력 $y(n)$ 과 원하는 신호 $d(n)$ 사의 에러를 출력 값을 이전의 출력 값과 필터계수에 대한 가중치의 합하여 식(2)와 같이 필터 계수를 업데이트 시킨다.

$$\epsilon(n) = d(n) - y(n) \quad (2)$$

$$W(n+1) = W(n) + \mu x(n)\epsilon(n)$$

케환 제거부는 업데이트된 필터 계수와 레퍼런스가 가중치 합이 되어 케환 신호와 원 신호가 혼합된 신호에서 케환 신호를 제거 시키고 원 신호만 추출하는 적응형 FIR 필터 구조이다. 케환 신호 제거는 일반적 적응형 FIR 필터로 가능하지만, 중계기 동기를 유지하면 적응 필터 계수를 추출하는 방법은 ATSC 방식의 단점을 보완하여 다음과 같이 구한다.

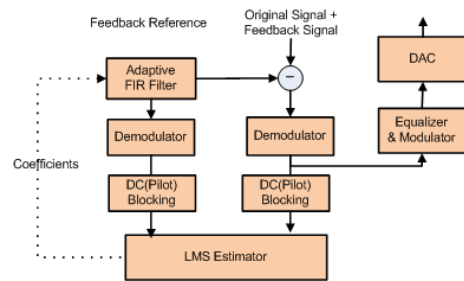


그림 6. 필터 계수 추정기
Fig. 6. Filter Coefficients Estimator

LMS 알고리즘은 두 신호간의 자기 상관도를 이용하여 계수 값을 추정한다. 하지만 앞에서 언급한 보와 같이 ATSC 방식에서는 주파수 동기를 위한 symbol은 없고, DC만을 첨가하여 전송하기 때문에 DC 파일럿이 존재하는 신호에서 케환 신호와 원 신호간의 상관도가 크기 때문에 원 신호의 파일럿 신호까지 추정하여 필터 계수를 추정하지 못한다. 그림 6은 IC-DOCR의 필터 계수 추정기 구조의 구조이고, 처리 과정은 다음과 같다.

- ① 원 수신 신호를 주파수를 하향 변환하고 기저대역으로 복조하고, 동시에 IC-DOCR에서 출력되는 신호 신호를 커플링하여 원 신호와 같은 주파수 하향 변환 과정을 거쳐서 기저대역으로 변환하여 케환 제거부에 전달을 한다.
- ② 케환 제거부에서는 송신호로부터 커플링하여 기저대역 레퍼런스 신호를 계수 추정기에서 추출된 계수와 가중치 합하여 원 신호와 케환 신호가 결합된 신호에서 케환 신호를 제거하여 원 신호를 추출한다.
- ③ 케환 추정부는 DC 성분이 케환 신호를 추정하는데 약 영향을 주기 때문에 DC 제거한 후에 케환

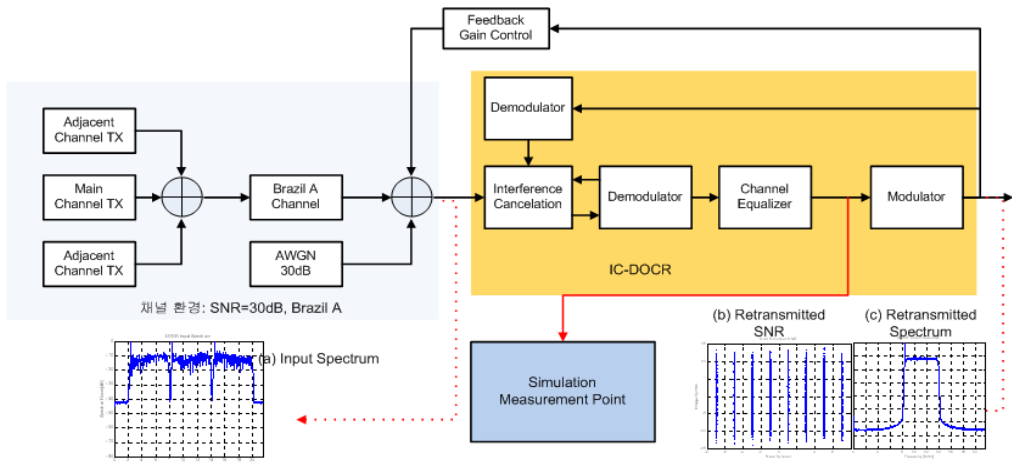


그림 7. 전산 실험 구성도
Fig. 7. computational Simulation architecture

신호를 추정한다. 두 개의 적응형 필터부는 각각 DC가 존재하는 기저대역 신호와 DC가 없는 기저대역 신호로 나누어 처리하게 된다.

- ④ 궤환 추정부는 DC가 없는 신호를 가지고 신호를 추정하여 적응 필터부에 추정된 계수를 전달하게 된다.
- ⑤ 원 신호와 궤환 신호가 결합된 기저대역 신호에서 궤환 신호를 제거하게 되면 원신호의 크기가 작게 되므로 크기 제어부가 원신호의 크기를 보정한다.

3. 전산 실험 및 고찰

그림 7처럼 전산 실험을 위해서 채널 모델로는 브라질 A 채널을 가정하였으며, 그 채널 프로파일은 표 2에 나타났다. 또한 IC-DOCR의 입력 SNR은 30dB이고, 인접 채널이 존재한다고 가정하였다. IC-DOCR는 채널 등화 후에 symbol 신호를 8레벨로 결정하고 Decision symbol 신호를 변조하여 출력하기 때문에 출력 신호의 송신 품질은 변조부의 필터 Tap수에 의해서 결정되지만, 그림 7 (a)처럼 전산 실험에서는 송신 SNR이 40dB이상으로 설정하였고, 조금 더 현실적인 전산 실험을 위해서 ADC를 14bit로 가정한 Fixed Point으로 전산실험을 진행하였다.

ATSC DTV 신호는 C/N을 기준으로 TOV가 15dB이상 일 때 만족을 하고, IC-DOCR은 FEC 복화기가 존재하지 않아서 TOV가 18dB이 정도이다. 따라서 등화기후에 SNR을 측정하여 IC-DOCR의 궤환 제거 능력을 전산 실험하였다.

표 2. 브라질 A 채널 프로파일

Table 2. 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

- ① 궤환신호가 입력신호 보다 0 dB일 때, 전산 실험 결과로는 출력 SNR이 30dB이고, C/N은 30dB이다.

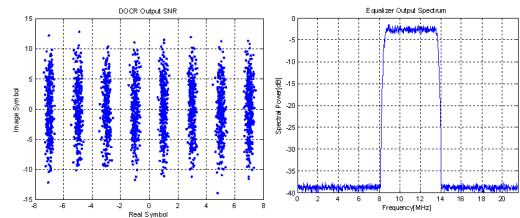


그림 8. SNR 성상도 및 C/N 스펙트럼
Fig. 8. SNR Constellation and C/N Spetctrum

- ② 궤환신호가 입력신호 보다 +15 dB일 때, 전산 실험 결과로는 출력 SNR이 25dB이고, C/N은 25dB 이고, 궤환 간섭을 제거하면서 원신호의 Pilot이 열화되어 전체적으로 성상도가 약간 기울어졌다.

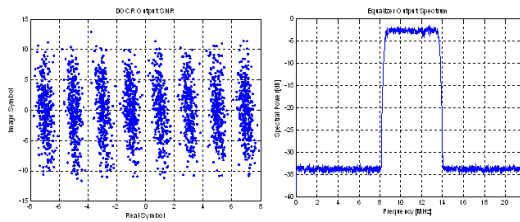


그림 9. SNR 성상도 및 C/N 스펙트럼
Fig. 9. SNR Constellation and C/N Spetcrum

③ 퀘환신호가 입력신호 보다 +30 dB일 때, 전산 실험 결과로는 출력 SNR이 18dB이고, C/N는 19dB 이고, 전체적으로 성상도가 +15dB일 때 보다 약간 더 기울어졌다 .

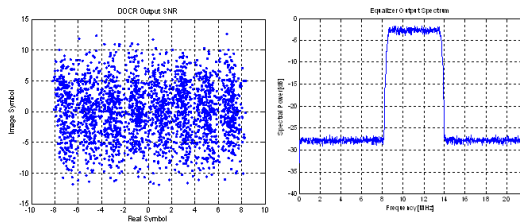


그림 10. SNR 성상도 및 C/N 스펙트럼
Fig. 10 SNR Constellation and C/N Spetcrum

IV. 결 론

지금까지 논한 바와 같이 SFN 구성은 방송 주파수의 이용 효율이 높다. IC-DOCR이 인접 채널 간섭 및 페이딩 인한 왜곡이 있는 환경에서 입력되는 원래 신호보다 +30dB가 큰 퀘환 신호가 입력되어도 방송 송신 품질을 유지 할 수 있다는 것을 전산 실험을 통해서 확인하였다. 이 전산 실험 결과는 SFN는 IC-DOCR이 DTV 방송 서비스 영역을 확장하면서 안정된 전파 세기 보장하는 것을 의미하고, 음영지역에서도 DTV 수신율이 향상되어 난시청지역 해소에 활용성이 있다.

이러한 장점을 가지는 IC-DOCR을 이용하여 SFN 구성을 하기 위해서는, 향후 다양한 시뮬레이션 및 필드 테스트 등과 같은 연구가 동반되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ATSC "ATSC Digital Television standard", ATSC Doc.A/53,1995
- [2] R. Citta, "A VSB Receiver Design for Indoor and Distributed Transmission Environments," IEEE 52 Annual Broadcast Symposiums, Oct. 2002.
- [3] Research Center, "Results of the Laboratory Evaluation of LINX ATSC Prototype Receiver with ATSC Modulation for Terrestrial Broadcasting," Ottawa, April 2002.
- [3] Y. Wu, X. Wang, R. Citta, B. Ledoux, S. Lafleche, and B .Caron, "An ATSC DTV receiver with improved robustness to multipath and distributed transmission environments," IEEE Trans.on Broadcasting, Vol. 50, pp. 32-41, March 2004.
- [4] J.G.Proakis, Digital Communications, Prentice Hall, 1988, 3rd ed.
- [5] S.Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, 1996, 3rd ed.
- [6] FLOYD M. GARDNER," Interpolation in Digital Modems-Part I: Fundamental", IEEE Trans. on Communication , VOL. 41, NO.3, March 1993.
- [7] FLOYD M. GARDNER," Interpolation in Digital Modems-Part II: Implementation and Performance", IEEE Trans. on Communication, VOL. 41, NO.6, June 1993.
- [8] Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization, TS 101 191 v1.1.1
- [9] William H. Press "Numerical Recipes in C", Cambridge university press, the art of scientific computing Second Edition
- [10] Y. T. Lee, S. I. Park, S. W. Kim, and J. S. Seo, "ATSC Terrestrial Digital Television Broadcasting using Single Frequency Networks," ETRI Journal, vol. 26, No. 2, pp. 92-100, April 2004.
- [11] Implementation and Test of an On-Channel Repeater, Walt Husak, C. Einolf, S. Salamon, ATTC, 1999

[12] Digital On Channel Repeaters for Digital Television, Walt Husak, ATTC
 [13] Design and Construction of a Commercial DTV On-Channel Repeater, W. Husak(ATTC), E. Helm(OPB), Apr 2000

[14] Performance Assessment of the ATSC Transmission System, Equipment and Future Directions(Draft 4.3), ATSC Task Force on RF System Performance, Nov 2000
 [15] 박성익 외, "ATSC 지상파디지털TV 방송의 단일 주파수망구성을위한동화형디지털동일채널중계기," 대한전자공학회는논문지, 제9권 TC편, 제4호, pp. 371-383 2004년

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 전기전자제어공학부 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>