

일반논문-04-09-4-08

# ATSC 지상파 디지털 TV 방송의 단일 주파수 망 구성을 위한 등화형 디지털 동일 채널 중계기

박 성 익<sup>a)\*</sup>, 음 호 민<sup>a)</sup>, 이 용 태<sup>a)</sup>, 김 흥 목<sup>a)</sup>, 서 재 현<sup>a)</sup>, 김 형 남<sup>b)</sup>, 김 승 원<sup>a)</sup>

## Equalization Digital On-Channel Repeater for Single Frequency Network Composition of ATSC Terrestrial Digital TV Broadcasting

Sung Ik Park<sup>a)\*</sup>, Homin Eum<sup>a)</sup>, Yong-Tae Lee<sup>a)</sup>, Heung Mook Kim<sup>a)</sup>, Jae Hyun Seo<sup>a)</sup>  
Hyoung-Nam Kim<sup>b)</sup> and Seung Won Kim<sup>a)</sup>

### 요 약

본 논문에서는 단일 주파수 망(Single Frequency Network: SFN)을 통해 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 지상파 디지털 TV 방송을 서비스하기 위해 필요한 기술적인 요구 사항에 대하여 고찰하고, 기존 디지털 동일 채널 중계기(Digital On-Channel Repeater: DOCR)가 가지는 단점을 극복한 등화형 동일 채널 중계기(Equalization Digital On-Channel Repeater: EDOCR)를 제안한다. EDOCR은 오류정정(Forward Error Correction: FEC) 복호 및 부호화부를 사용하지 않기 때문에 모호성(ambiguity) 문제가 발생하지 않아서 EDOCR의 입력 신호와 출력 신호가 동일하며, 고성능 등화기를 사용하여 주송신기와 EDOCR 사이의 전송로에 의해 야기된 잡음 및 다중경로 신호를 제거하므로 EDOCR 출력 신호의 품질이 입력 신호 보다 우수하다. 또한 낮은 안테나 격리도(isolation)로 인해 야기된 궤환(feedback) 신호를 EDOCR 등화기에서 제거할 수 있기 때문에 송신 출력을 높일 수 있다.

### 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 equalization digital on-channel repeater (EDOCR) that overcomes the limitations of conventional digital on-channel repeaters (DOCRs). Since there are no forward error correction (FEC) decoder and encoder, the EDOCR does not have an ambiguity problem. In addition, since an adaptive equalizer in the EDOCR removes multi-path signals, additive white Gaussian noise (AWGN), and feedback signal due to low antenna isolation, the EDOCR may have good output signal quality with high power.

Keywords : ATSC, SFN, EDOCR, 중계기, 궤환신호

## I. 서 론

일반적으로 방송 서비스를 위해서는 주변 지형지물에 따라 그리고 방송사의 방송 구역에 따라 송신기 및 중계기를 배치한다. 현재 ATSC(Advanced Television Systems

a) 한국전자통신연구원 디지털방송연구단  
Digital Broadcasting Research Division, ETRI

b) 부산대학교 전자공학과  
Department of Electronics Engineering, Pusan National University

Committee) 지상파 디지털 TV 방송은 각각의 송신기 혹은 중계기마다 다른 주파수를 부여하여 방송망을 구성하는 복수 주파수 망(Multiple Frequency Network: MFN)을 통해 서비스되고 있다. 그러나 MFN을 통해 방송 신호를 전송하면 동일 주파수 간섭이 없는 원거리 지역을 제외하고는 같은 주파수를 재사용할 수 없기 때문에 주파수 이용 관점에서 비효율적이다.

만약 복수 개의 송신기 및 중계기가 단일 주파수 망(Single Frequency Network: SFN) 구성을 통해 방송 신호를 전송하면 방송 주파수의 이용 효율을 높이고, 방송 구역 내에서 안정적인 전파 세기를 보장할 수 있다. 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<sup>[1]-[3]</sup>. 따라서 ATSC 지상파 디지털 TV 방송에서도 SFN을 통한 방송이 기술적으로 용이해졌으며, 이러한 SFN에 대한 연구는 국내는 물론 미국, 캐나다에서 진행 중에 있다<sup>[4]-[10]</sup>.

SFN 구성을 위한 기술은 분산 송신기(Distributed Transmitters: DTX)를 이용하는 방법과 디지털 동일 채널 중계기(Digital On-Channel Repeater: DOCR)를 이용하는 방법으로 나뉘어진다<sup>[11]</sup>. ATSC 방식에서는 두 가지 방법 모두 SFN 구성이 가능하나, DTX를 이용하는 방법은 ATSC 표준을 변경해야 한다는 것과 송신기들 사이의 거리가 제약된다는 단점이 있다. 반면 DOCR를 이용하는 방법은 기존에 설치된 송신기와 함께 SFN 구성이 가능하므로 망 구성이 용이하다는 장점이 있지만, 출력 전력이 낮고 출력 신호의 품질이 떨어진다는 단점이 있다.

본 논문에서는 SFN을 통해 ATSC 지상파 디지털 TV 방송을 서비스하기 위해 필요한 기술적인 요구 사항에 대하여 고찰하고, 기존 DOCR이 가지는 단점을 극복한 등화형 동일 채널 중계기(Equalization Digital On-Channel Repeater: EDOCR)를 제안한다. 또한, EDOCR을 이용한 SFN 구성 방법을 제시한다.

## II. ATSC 지상파 디지털 TV 방송

### 1. ATSC 방송 시스템

우리 나라의 지상파 디지털 TV 방송 방식의 전송 표준은

ATSC 지상파 디지털 TV 방송 표준인 ATSC A/53 규격을 채택했다<sup>[12]</sup>. 방송 시스템은 그림 1과 같은 구성을 갖는다.

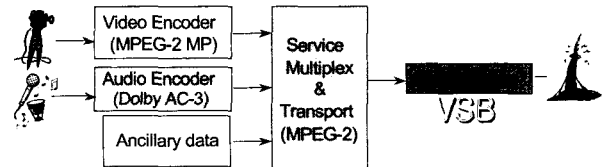


그림 1. ATSC 방송 시스템  
Fig. 1. ATSC Broadcasting System

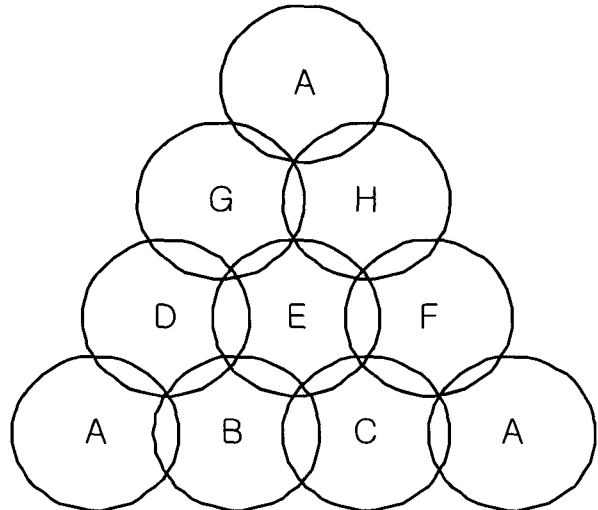


그림 2. 8개의 주파수를 사용한 MFN의 주파수 배치도  
Fig. 2. Frequency Arrangement of MFN using 8 Frequencies

이러한 ATSC 송신 시스템은 영상 신호, 음성 신호 및 제어 신호 등을 생성하여 다중화하는 방송국; 방송 신호를 송신기로 전송하는 트랜스포트; 트랜스포트를 통해 전송된 방송 신호를 채널 부호화하고 변조하여 송신하는 송신기로 구성된다. 트랜스포트를 통해 송신기에 입력되는 디지털 데이터는 19.39 Mbps의 전송율을 가지며, 188 바이트의 패킷으로 구성되고, 이를 MPEG-2 TS (Transport Stream)라 부른다. 이런 MPEG-2 TS는 ATSC 송신기에서 채널 부호화 및 ATSC 변조를 거쳐 원하는 주파수 대역으로 천이되고 고전력 증폭기와 송신 안테나를 통해 전송된다. ATSC 수신기는 튜너를 통해 여러 방송국에서 전송된 신호를 선별하고, 송신 과정의 역과정을 거쳐 신호를 복원한다. 자세한

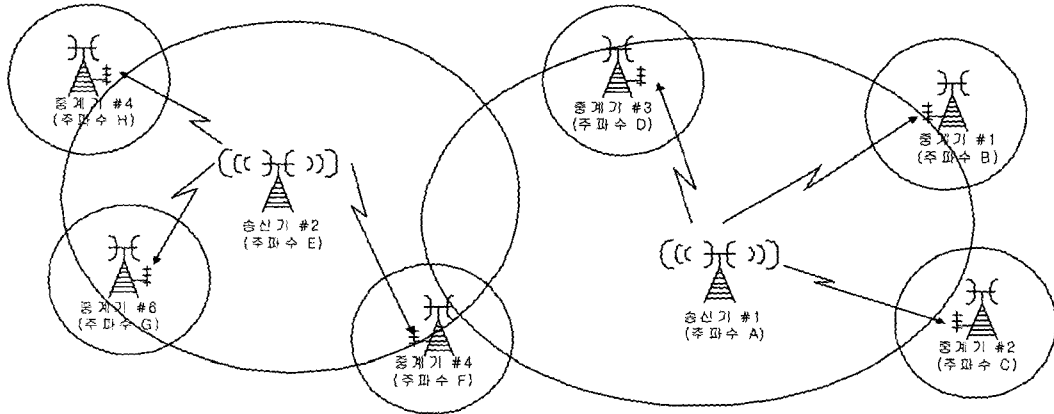


그림 3. 기존 송신기 및 중계기를 이용한 MFN 방송 서비스의 개념도  
 Fig. 3. Concept Diagram of MFN Broadcasting Service using the Conventional Transmitters and Repeaters

채널 부호화/복호화 및 VSB 변복조 과정은 참고 문헌 [12], [13]에 나타나 있다.

2. MFN과 SFN

ATSC 지상파 디지털 TV 송신기 및 중계기는 근거리 지역에서 같은 주파수를 사용하지 않는 MFN을 통해 신호를 전송하므로 주파수 자원 활용 측면에서 SFN 보다 비효율적이라고 할 수 있다. 그림 2는 8개의 주파수를 사용했을 때의 MFN 주파수 배치의 예를 나타내며, 그림 3은 기존 송신기 및 중계기를 이용한 MFN 방송 서비스의 개념도를 나타낸다. 그림 3에서 송신기 1과 2는 송신 주파수 A와 E를 통해 방송 신호를 송출하고, 각각의 중계기들은 송신 주

파수 A와 E를 제외할 뿐 아니라 중계기 간에도 다른 주파수를 사용하여 신호를 중계한다.

현재 ATSC 지상파 디지털 TV 방송 서비스는 그림 3과 같이 각각의 송신기 및 중계기마다 다른 주파수를 부여하여 송신기 신호의 난시청 지역을 해소하거나 방송 구역을 확장시키고 있다. 그러나 각각의 송신기 및 중계기가 서로 다른 주파수 대역을 사용하게 되므로 많은 주파수 자원이 필요하게 된다.

그림 4는 주파수 비효율성을 해결하기 위해, 다수의 송신기 및 중계기가 같은 주파수를 사용하는 방송망, 즉 SFN으로 구성된 방송망을 보여주고 있다<sup>[7][14]</sup>. 그림 4에서 송신기 1과 2는 송신 주파수 A를 통해 방송 신호를 송출하고, 각각의 중계기는 송신기 주파수 A와 같은 주파수로 신호를

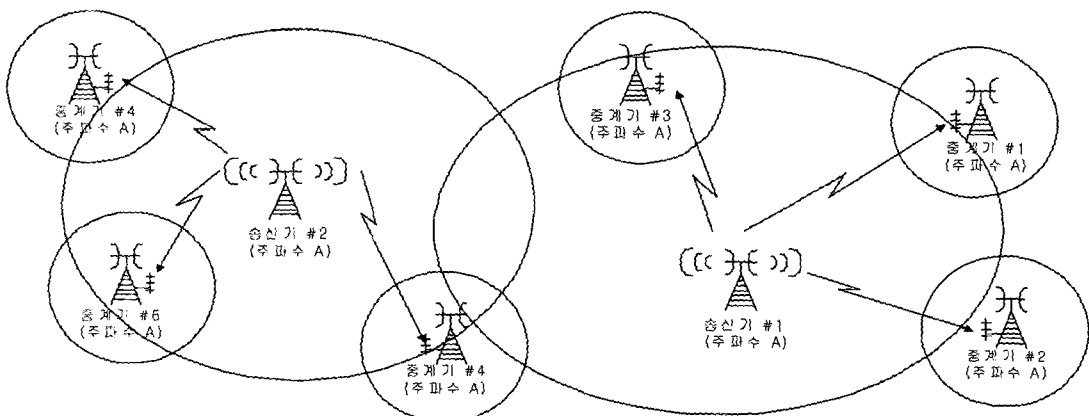


그림 4. 동일 주파수를 사용하는 송신기 및 중계기를 이용한 SFN 방송 서비스의 개념도  
 Fig. 4. Concept Diagram of SFN Broadcasting Service using the Transmitters and Repeaters with Same Frequency

중계한다. 이러한 SFN을 사용하면 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 방송 신호의 평균적인 전계 강도도 높일 수 있다.

### III. DTX를 이용한 SFN 구현

#### 1. DTX를 이용한 SFN 구성 시 요구 사항

DTX로 구성된 SFN을 통해 지상파 디지털 TV 방송 신호를 전송하기 위해서는 다음과 같은 세 가지의 조건을 만족하여야 한다<sup>[7]</sup>.

첫째, DTX는 동일한 주파수를 통해 신호를 전송해야 한다. 만약 DTX의 송신 주파수가 다르다면 도플러 천이된 고스트 신호를 야기시키고, 이것은 수신기 적응 등화기의 성능 저하 요인으로 작용한다.

둘째, DTX는 동일한 입력 신호에 대해 동일한 출력 신호를 가져야 한다. ATSC 변조 방식을 사용하는 송신기들

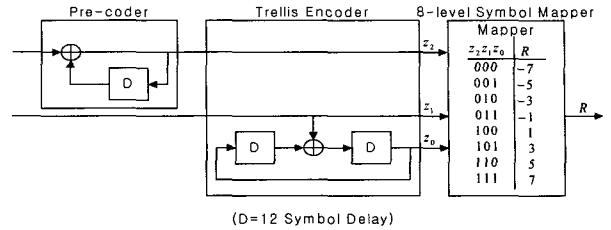


그림 5. ATSC 표준 TCM 부호기 및 프리코드  
Fig. 5. ATSC Standard TCM Encoder and Pre-coder

은 그림 5와 같은 TCM(Trellis Coded Modulation) 부호기와 프리코드(pre-coder)로 구성된 트렐리스 부호부를 포함하며, 송신기들의 출력 신호는 트렐리스 부호부를 구성하는 메모리의 상태와 송신기 입력 신호에 따라 달라진다. 즉, 송신기 입력 신호와 출력 신호 사이의 모호성이 존재한다. 이러한 모호성으로 인해, 동일 주파수 대역 내에서 송신기 출력 신호들은 송신기 입력 신호와 상호 연관성이 없는 잡음 신호가 되고, 이러한 잡음 신호는 수신기에서 등화기 혹은 다른 장치로도 제거되지 않기 때문에 수신기 성능 저하

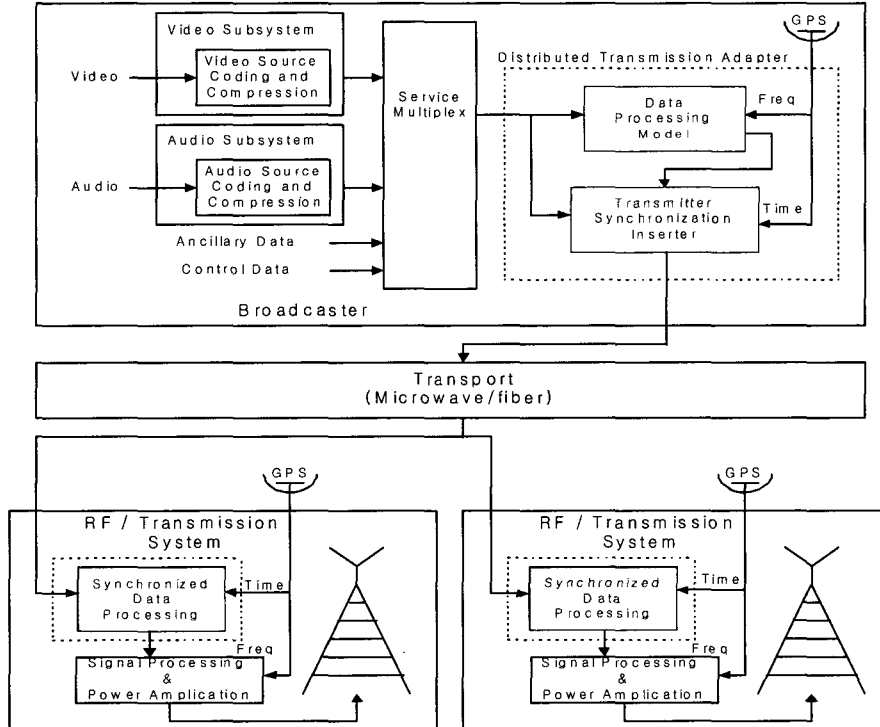


그림 6. Merrill Weiss Group이 제안하는 송신 시스템  
Fig. 6. Transmitting System proposed by Merrill Weiss Group

의 요인이 된다. 따라서, 기존의 ATSC 송신기들로 SFN을 구성하기 위해서는 트렐리스 부호부의 메모리 상태에 관계없이 송신기 입력 신호와 동일한 출력 신호를 가져야 한다.

셋째, DTX는 특정한 시간 관계를 가지며 신호를 송신할 수 있어야 한다. DTX로부터 전송된 방송 신호는 수신기와 송신기들간의 거리 차로 인해 시간 지연이 긴 고스트를 야기할 수 있다.

## 2. Merrill Weiss Group의 제안

DTX로 구성된 SFN을 통해 ATSC 방송 신호를 전송하기 위한 방법은 Merrill Weiss Group에 의해 "Transmitter Synchronization For Terrestrial Broadcasting" 명칭으로 ATSC 표준의 개정안으로 제안되었으며<sup>[7]</sup>, 그 구조는 그림 6과 같다.

Merrill Weiss Group의 제안에서는 GPS(Global Positioning System)를 사용해 주파수 동기 및 송신기 출력 시간 동기를 맞추며, 방송국에서 CS(Cadence Signal) 및 TCSP(Trellis Code State Packet) 신호를 전송하여 트렐리스 부호부의 메모리 상태에 따른 출력 신호의 모호성을 제거한다. 자세한 동작 과정은 참고 문헌 [7]에 나타난다.

상기 방법에서는 트렐리스 부호부의 메모리 상태에 관한 정보인 TCSP 신호를 전송하기 위해 방송국에서

MPEG-2 TS 신호를 데이터 난수화기(randomizer), RS 부호기, 데이터 인터리버, 트릴레스 부호기 등으로 구성된 별도의 데이터 처리 장치를 통과시켜 TCSP 정보를 추출해야 하며, 송신기에서는 STL(Studio to Transmitter Links)을 통해 수신된 TCSP 신호로부터 트렐리스 부호부의 메모리 값을 추출하여 트렐리스 부호부로 삽입하는 장치 등이 필요하다. 이와 같이 SFN을 구성하기 위해 기존의 ATSC 송신 시스템에 추가된 부분은 그림 6에서 점선으로 표시되어 있다.

## IV. DOCR을 이용한 SFN 구현

### 1. DOCR을 이용한 SFN 구성 시 요구 사항

DOCR은 그림 7처럼 주송신기의 방송 신호가 약하게 수신되는 지역에 설치하여 난시청 지역을 해소하고 주송신기 신호의 전송 영역을 넓히는 역할을 한다. 일반적으로 DOCR은 수신 안테나, 수신부, 신호 처리부, 송신부, 그리고 송신 안테나로 구성되며, 잘 디자인된 DOCR은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

첫째, DOCR 송/수 신호의 주파수는 동일해야 한다. 만약 주송신기 송신 신호와 DOCR 송신 신호의 주파수가 다르다면 도플러 쉬프트 성질을 가지는 고스트 신호 성분을

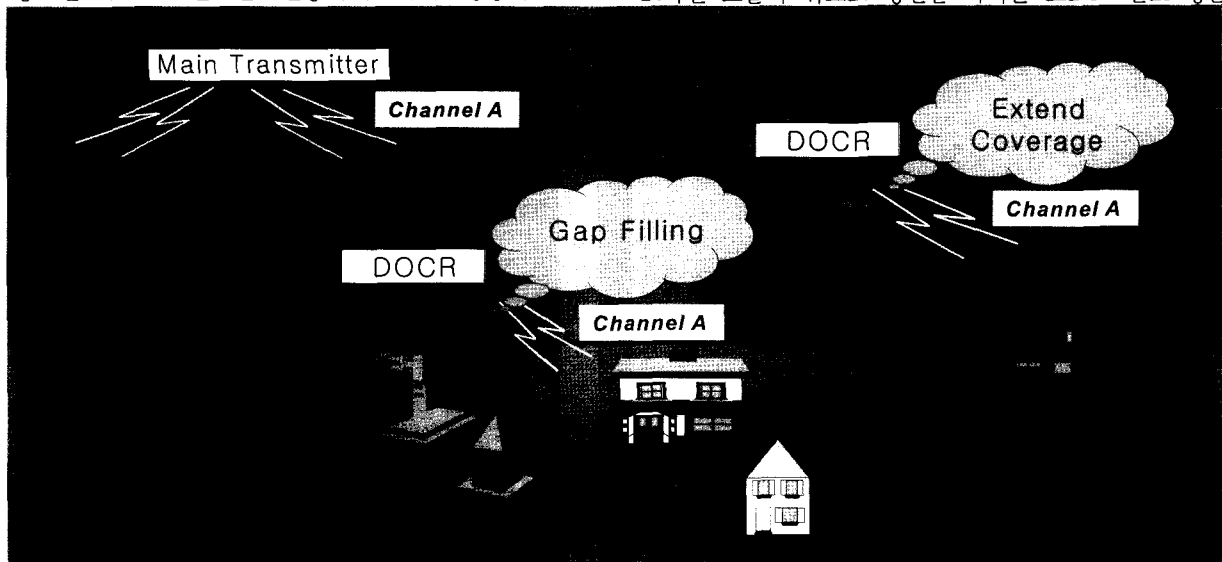


그림 7. DOCR 개념도  
Fig. 7. Concept diagram of the DOCR

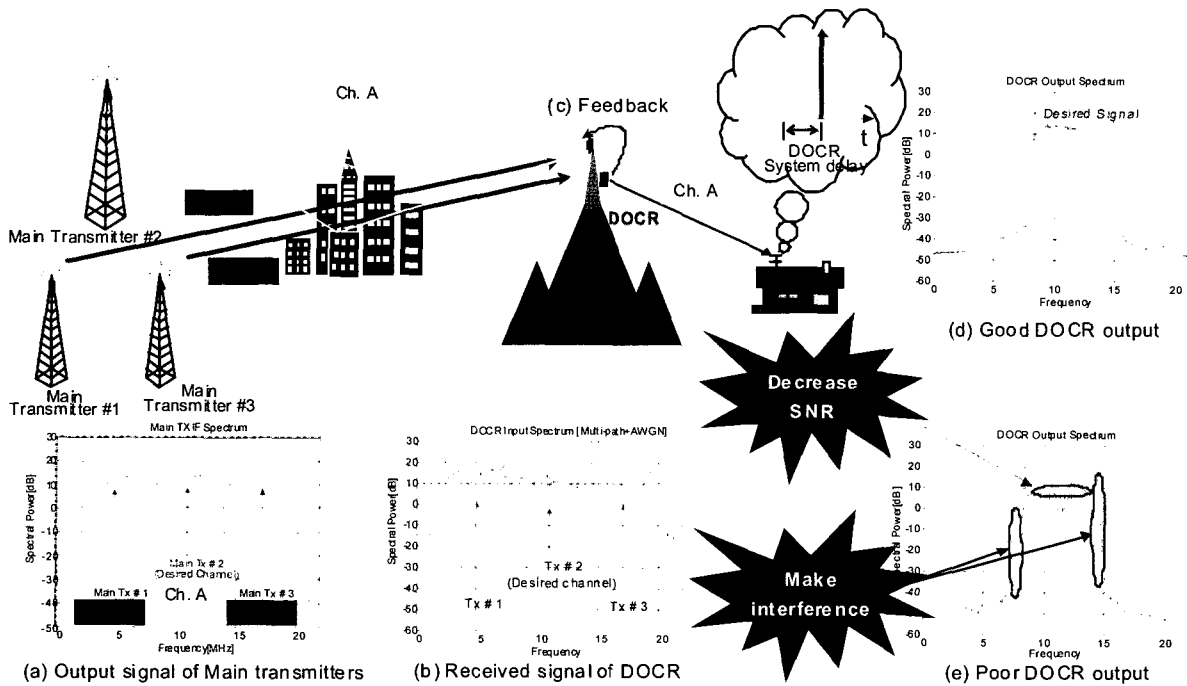


그림 8. DOCR 출력 신호의 특성  
 Fig. 8. Characteristic of DOCR Output Signal

야기시키고, 이것은 수신기 적응 등화기 성능 저하의 요인으로 작용하게 된다.

둘째, DOCR 송/수신 안테나의 높은 분리도(isolation)를 확보해야 한다. 만약 DOCR 송수신 안테나의 분리도가 충분히 확보되지 못하면, 그림 8 (c)처럼 DOCR 송신 신호가 수신 안테나로 케환된다. 이러한 케환 신호는 DOCR 수신 신호의 품질을 열화시키고 DOCR 출력 전력에 많은 제한을 주게 된다.

셋째, DOCR은 좋은 입력 신호 선택성(selectivity)과 좋은 출력 신호 품질을 가져야 한다. 즉, DOCR 수신 신호가 그림 8 (b)처럼 인접 채널이 존재하고 원하는 채널이 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 및 다중경로로 인해 왜곡되더라도, DOCR 출력 신호는 그림 8 (d)처럼 좋은 품질과 선택성을 가져야 한다. 이러한 요구 사항을 만족하기 위해 DOCR은 다중경로/AWGN 및 인접 채널을 제거하는 능력을 가져야 한다. 만약 이러한 제거 능력이 없다면, DOCR 출력 신호는 그림 8 (e)처럼 보이게 된다. 그림 8 (e)의 잔존하는 다중경로 및 AWGN 성분들은 송신 SNR(Signal to Noise Ratio)을 열화시켜 DOCR 방송 영역을 감소시키고, 잔존하는 인접 채널 성분은 인접 채널 간섭을 야기한다.

넷째, DOCR은 짧은 시간 지연을 가져야 한다. 만약 DOCR의 시간 지연이 길다면, 기존 수신기에 시간 지연이 긴 프리고스트(pre-ghost)를 생성시켜 수신기 적응 등화기의 성능 저하 요인으로 작용하게 된다.

## 2. 기존의 DOCR

### 2.1 기존 DOCR의 구조

그림 9는 기존 DOCR들의 구조를 나타낸다. 그림 9 (a)는 RF(Radio Frequency) 프로세싱(processing) DOCR을 나타낸다. RF 프로세싱 DOCR의 수신부는 프리실렉터(pre-selector)와 LNA(Low-Noise Amplifier)로, 신호 처리부는 RF BPF(Band Pass Filter)로, 송신부는 HPA(High Power Amplifier)와 채널 필터로 각각 구성된다. 이러한 RF 프로세싱 DOCR은 주파수 상/하향 변환이 없을 뿐만 아니라 간단한 구조와 낮은 시스템 지연(약 0.5~1μs)을 가진다.

그림 9 (b)는 IF(Intermediate Frequency) 프로세싱 DOCR을 나타낸다. IF 프로세싱 DOCR의 수신부는 프리실렉터, LNA, 그리고 주파수 하향 변환기로, 신호 처리부는 IF

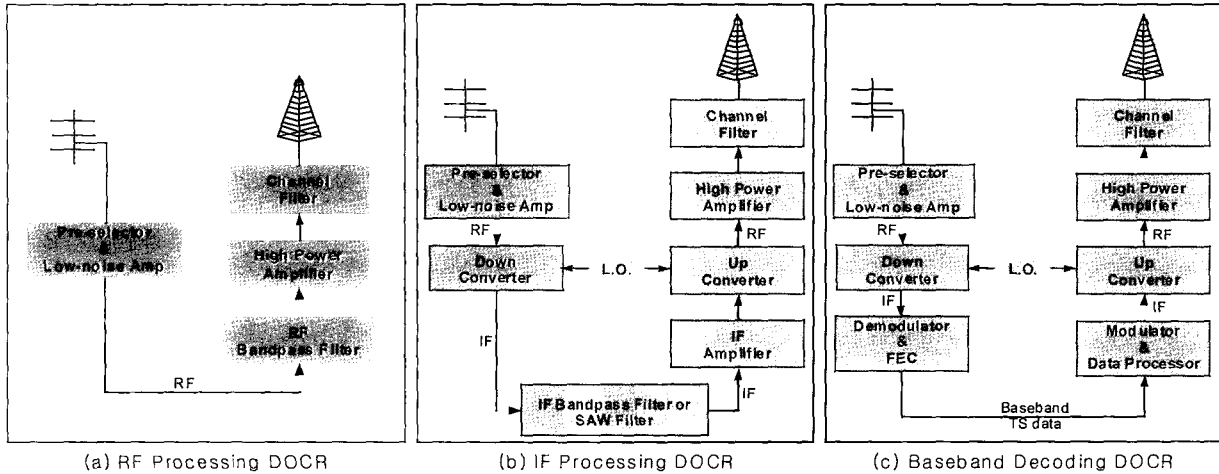


그림 9. 기존 DOCR의 구조  
Fig. 9. Structure of the conventional DOCR

BPF 또는 SAW(Surface Acoustic Wave) 필터로, 송신부는 주파수 상향 변환기, HPA, 그리고 채널 필터로 구성된다. 이러한 IF 프로세싱 DOCR 역시 간단한 구조와 낮은 시스템 지연(약 1~2 $\mu$ s)을 가질 뿐만 아니라 RF 프로세싱 DOCR보다 BPF의 선택(selective) 특성이 더 우수하다. 하지만, DOCR 송/수신 신호의 동기화를 위해 주파수 상/하향 변환기는 동일한 LO(Local Oscillator)를 사용해야 하고, 이러한 LO로 인한 위상(phase) 잡음이 DOCR 송신 신호에 더해진다.

그림 9 (c)는 기저대역 복호 DOCR을 나타낸다. 기저대역 복호 DOCR의 수신부는 프리실렉터, LNA, 주파수 하향 변환기, 그리고 복조기로, 신호 처리부는 등화기, FEC(Forward Error Correction) 복호기, 그리고 데이터 처리기로, 송신부는 변조기, 주파수 상향 변환기, HPA, 그리고 채널 필터로 구성된다. 이러한 기저대역 복호 DOCR은 주송신기와 DOCR간의 전송로에 의해 야기된 잡음 및 다중경로 신호를 제거할 수 있기 때문에 DOCR 출력 신호의 특성이 입력 신호보다 우수하다. 하지만, 데이터 처리기에 사용되는 그림 5와 같은 TCM 부호기 및 프리코드 메모리의 모호성으로 인해 DOCR

출력 신호가 DOCR 입력 신호 즉, 송신기 출력 신호와 다르게 된다. DTV 수신기는 동일 주파수 대역 내에서 모호성으로 인해 야기된 신호를 잡음으로 인식하고, 이러한 잡음 신호는 수신기에서 등화기 혹은 다른 장치로도 제거되지 않는다. 또한 기저대역 복호 DOCR은 매우 큰 시스템 지연(7~8ms)을 가지기 때문에 일반 수신기의 등화기로는 지연된 신호를 제거하지 못한다. 이러한 이유로 기저대역 복호 DOCR은 실제 중계 시 주송신기와 동일 채널이 아닌 다른 채널로 방송 신호를 중계하는 방법이 일반적으로 사용된다.

2.2 기존 DOCR의 특징

표 1은 기존 DOCR의 특징을 상대적인 비교를 통하여 나타낸 것이다<sup>[11]</sup>. RF 프로세싱 DOCR은 송/수신 신호의 주파수가 항상 일치하고, 간단한 구조로 인해 가장 짧은 시간 지연을 가진다. 하지만, 안테나 분리도, 송신 신호의 품질, 그리고 수신 신호의 선택성이 좋지 않다. IF 프로세싱 DOCR은 RF 프로세싱 DOCR보다 수신 신호의 선택성은 우수하지만, 그 외 다른 특성들은 좋지 않다. 마지막으로,

표 1. 기존 DOCR의 특징  
Table 1. Characteristic of the Conventional DOCR

features-DOCR	Antenna Isolation	Time Delay	Quality of Transmitted Sign	Selectivity of Received Signal	Maintaining Synchronization
RF Processing DOCR	Bad	Short	Bad	Bad	Yes
IF Processing DOCR	Bad	Middle	Bad	Middle	Yes
Baseband Decoding DOCR	Bad	Long	Good	Good	No

기저대역 복호 DOCR은 송신 신호의 품질과 수신 신호의 선택성은 우수하지만, TCM 부호화기의 모호성으로 인해 송/수신 동기를 유지하기가 어렵고 긴 시간 지연을 가진다.

### V. 제안된 Equalization DOCR (EDOCR)

#### 1. EDOCR 구조 및 특징

본 절에서는 기존 DOCR의 단점들을 극복한 그림 10과 같은 구조를 가지는 EDOCR을 제안한다. EDOCR의 수신부는 프리 선택터, LNA, 주파수 하향 변환기, 그리고 복조기로, 신호 처리부는 등화기로, 송신부는 변조기, 주파수 상향 변환기, HPA, 그리고 채널 필터로 구성된다. EDOCR의 구조는 FEC 복호/부호화부를 사용하지 않는 것을 제외하면, 기저대역 복호 (baseband decoding) DOCR의 구조와 동일하다. 또한, EDOCR은 FEC 부호화부를 사용하지 않기 때문에 DOCR 입력 신호와 출력 신호가 다른, 즉 모호성 문제를 가지지 않는다.

EDOCR에서는 TBD(Trellis Back Depth)가 1인 트렐리

스 복호기를 판정 장치(decision device)로 가지는 블라인드 (blind) DFE(Decision Feedback Equalizer)를 사용한다 [15]. 이러한 블라인드 DFE는 주송신기와 DOCR 사이의 전송로에 의해 야기된 잡음 및 다중경로 신호를 제거할 수 있기 때문에, DOCR 출력 신호 품질을 입력 신호 보다 우수하게 만든다.

또한, DOCR 송/수신 안테나의 낮은 격리도로 인해 야기된 피드백 신호를 제거할 수 있기 때문에, DOCR 송신 출력을 높일 수 있다.

제안된 EDOCR은 기저대역 복호 DOCR보다 상대적으로 간단한 구조로 인해 낮은 시스템 지연(5 $\mu$ s 미만)을 가지며, 복조부의 사용으로 인해 수신 신호의 선택성이 우수하다. EDOCR의 다양한 특징들은 표 1에 있는 기존 DOCR 방식과의 상대적인 비교지표를 통해 표 2에 나타내었다.

#### 2. EDOCR 전산 실험 결과

##### 2.1 EDOCR의 입력 신호 선택성과 출력 신호의 품질

본 절에서는 EDOCR이 좋은 입력 신호 선택성과 좋은

표 2. EDOCR의 특징

Table 2. Characteristic of the EDOCR

Features DOC	Antenna Isolation	Time Delay	Quality of Transmitted Sign	Selectivity of Received Signal	Maintaining Synchronization
Equalization DOCR	Good	Middle	Good	Good	Yes

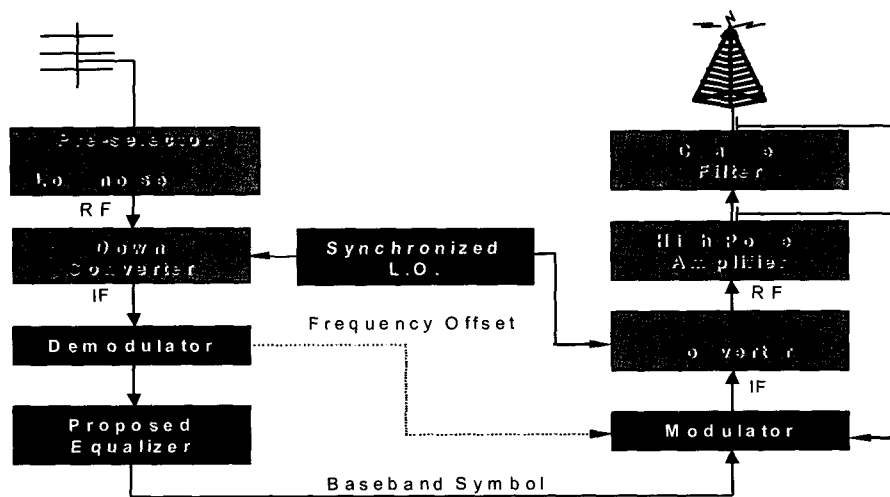


그림 10. EDOCR의 구조  
Fig. 10. Structure of the EDOCR



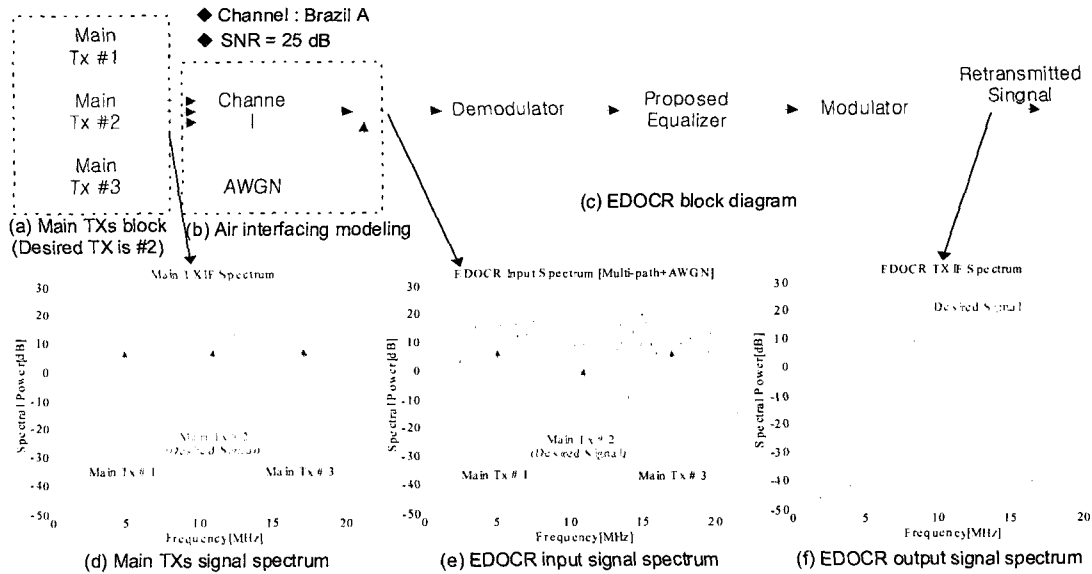


그림 11. EDOCR 전산 실험 모델 및 출력 신호의 스펙트럼  
 Fig. 11. EDOCR Computer Simulation Model and Spectrum of the Output Signal

출력 신호 품질을 가진다는 것을 전산 실험을 통해 검증한다. 전산 실험을 위해 채널 모델로는 브라질 A 채널을 가정하였으며, 그 채널 프로파일은 그림 13 (a)에 나타나 있다. 또한, EDOCR의 입력 SNR은 25 dB이고 인접 채널이 존재한다고 가정하였다. EDOCR 입력 신호가 그림 11 (d) 처럼 인접 채널을 가지고, 그림 11 (e)처럼 다중경로 신호와 잡음으로 인해 왜곡되더라도 EDOCR 출력 신호는 그림

11 (f)처럼 좋은 품질을 가진다. 즉, EDOCR의 출력 신호는 주송신 출력 신호의 복사본(replica)이 된다.

2. EDOCR을 위해 제안된 블라인드 DFE의 성능

그림 12와 13은 EDOCR을 위해 제안된 블라인드 DFE의 신호 성상 및 SER(Symbol Error Rate) 성능을 보여주고

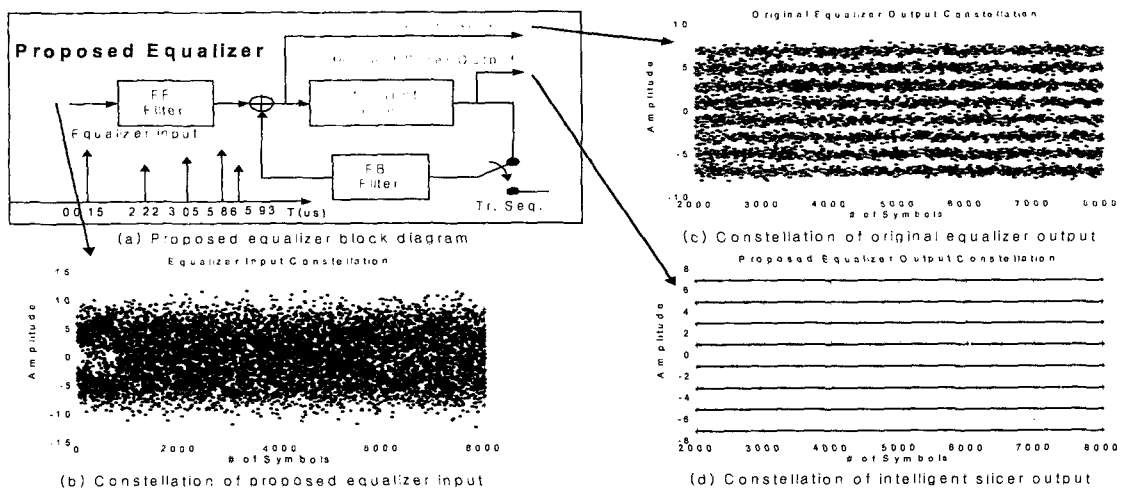


그림 12. 제안된 블라인드 DFE의 성능  
 Fig. 12. Performance of the proposed Blind DFE

있다. 그림 12 (a)는 제안된 블라인드 DFE의 블록을, 그림 12 (b)는 DFE 입력 신호의 성상을 각각 나타낸다. 다중경로 신호 및 잡음으로 인해 등화기 입력 신호의 눈(eye)은 닫혀 있지만, 등화 후 등화기 출력 신호(original output)는 그림 12 (c)처럼 눈이 열리게 된다. 그림 12 (c)에 의하면, 다중경로 신호는 등화기에 의해 제거되지만 잡음 성분은 여전히 남아 있다. EDOCR을 위해 제안된 DFE에서는 판정 장치로 기존 양자화기 대신 TBD가 1인 트렐리스 복호기(intelligent slicer)를 사용한다 [15]. TBD가 1인 트렐리스 복호기는 오류 정정 능력을 가지고 있기 때문에, 등화 후 잔존하는 잡음 성분을 제거할 수 있고, 그 출력 신호는 그

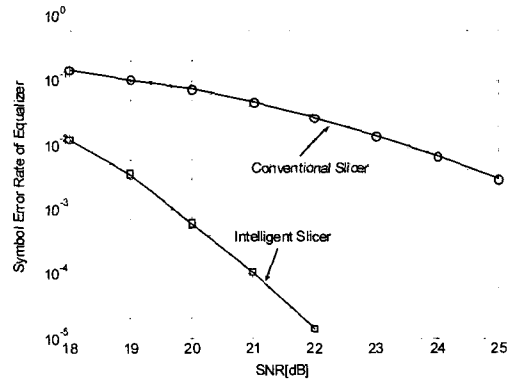
림 12 (d)와 같다. 그림 13 (b)는 그림 13 (a)와 같은 브라질 A 채널에서의 TBD가 1인 트렐리스 복호기와 기존 양자화기의 SER 성능을 비교한 것이다. 일반적으로 DOCR이 설치되는 곳에서는 충분히 높은 SNR이 확보되기 때문에, 주송신기와 DOCR 사이의 전송로에 의해 야기된 잡음 및 다중경로 신호는 쉽게 제거할 수 있다.

### 3. EDOCR의 안테나 격리도 특성

본 절에서는 EDOCR이 높은 안테나 격리도를 가진다는 것을 전산 실험을 통해 검증한다. 전산 실험을 위해 송/수

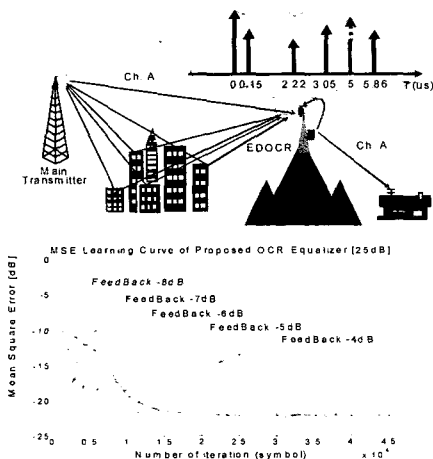
	Time Delay [us]	Attenuation [dB]	Phase
Main Signal	0	0	0
Multi-path #1	0.15	-13.8	0
Multi-path #2	2.22	-16.2	0
Multi-path #3	3.05	-14.9	0
Multi-path #4	5.86	-13.6	0
Multi-path #5	5.93	-16.4	0

(a) Brazil A channel profile



(b) SER performance of proposed equalizer

그림 13. 브라질 A 채널 프로파일 및 제안된 블라인드 DFE의 SER 성능  
Fig. 13. Brazil A Channel Profile and SER Performance of the proposed Blind DFE



(b) MSE convergence of the proposed equalizer

	Time Delay [us]	Attenuation [dB]	Phase
Main Signal	0	0	0
Multi-path	0.15	-13.8	0
Multi-path	2.22	-16.2	0
Multi-path	3.05	-14.9	0
EDOCR feedback	5	-4~-8	0
Multi-path	5.86	-13.6	0

(a) Received signal profile with feedback coupling

	Original Output SER	Proposed Output SER
Feedback [-8dB]	3.24e-003	0
Feedback [-7dB]	3.57e-003	0
Feedback [-6dB]	4.13e-003	0
Feedback [-5dB]	4.98e-003	0
Feedback [-4dB]	5.78e-003	0

(c) SER performance of equalizer output with feedback coupling

그림 14. EDOCR의 안테나 격리도 특성  
Fig. 14. Characteristic of EDOCR Antenna Isolation

신 안테나 사이의 궤환 신호와 다중경로 채널을 가지는 변형된 브라질 A 채널을 가정하였으며, 그 채널 프로파일은 그림 14 (a)에 나타내었다. EDOCR의 입력 SNR은 25 dB 이고 인접 채널이 존재한다고 가정하였다. 궤환 신호의 크기는 -4 dB부터 -8 dB까지 변화하고, 지연의 길이는 EDOCR 시스템 지연에 대응되는 5  $\mu$ s를 가진다. 그림 14 (b)는 EDOCR을 위해 제안된 블라인드 DFE의 궤환 신호의 크기에 따른 MSE(Mean Square Error) 수렴 성능을 나타낸 것이고, 그림 14 (c)는 수렴 후 SER 성능을 나타낸 것이다. 전산 실험에 의하면 궤환 신호의 크기가 -4 dB보다 작다면, 제안된 DFE에서 궤환 신호를 제거할 수 있다. 따라서, EDOCR을 사용하면 높은 안테나 격리도를 확보할 수 있다.

### VI. EDOCR을 이용한 SFN 구현

본 절에서는 EDOCR을 이용한 다양한 SFN 구현 방법을 제시한다. 그림 15 (a)는 기존 송신기들과 EDOCR을 이용한 지역적인 SFN(Regional SFN: RSFN) 개념도를 나타낸 것이다. 이러한 RSFN 구현을 위해서는 MFN에서의 중계기들이 EDOCR로 바뀌어야 하고, 이는 SFN 구현을 위한

첫 번째 단계이다. 완전한 SFN 구현을 위한 다음 단계는 그림 15 (b)처럼 고출력의 주송신기 하나와 다수의 EDOCR을 이용하여 SFN을 구성하는 것이다. 또한, EDOCR은 Merrill Weiss Group에 의해 제안된 DTX와 혼합되어 사용될 수도 있는데, 그림 15 (c)는 DTX와 EDOCR을 이용한 SFN 구현 방안을 제시하고 있다.

### Ⅶ. 결론

지금까지 논한 바와 같이 SFN 구성은 방송 주파수의 이용 효율을 높이고, 방송 구역 내에서 안정적인 전파 세기를 보장한다. 이러한 SFN 구성을 위한 기술은 DTX를 이용하는 방법과 DOCR을 이용하는 방법으로 나뉘어진다. ATSC 방식에서는 두 가지 방법 모두 SFN 구성이 가능하나, DTX를 이용하는 방법은 현재의 기술 기준을 변경해야 한다는 것과 송신기들 사이의 거리가 제약된다는 단점이 있다. 반면 DOCR를 이용하는 방법은 기존에 설치된 송신기와 함께 SFN 구성이 가능하므로 망 구성이 용이하나, 출력 전력이 낮고 출력 신호의 품질이 떨어진다는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존 DOCR이 가지는 단점을 극복한 EDOCR을 제안하였다. EDOCR은 FEC 복호 및 부호화부

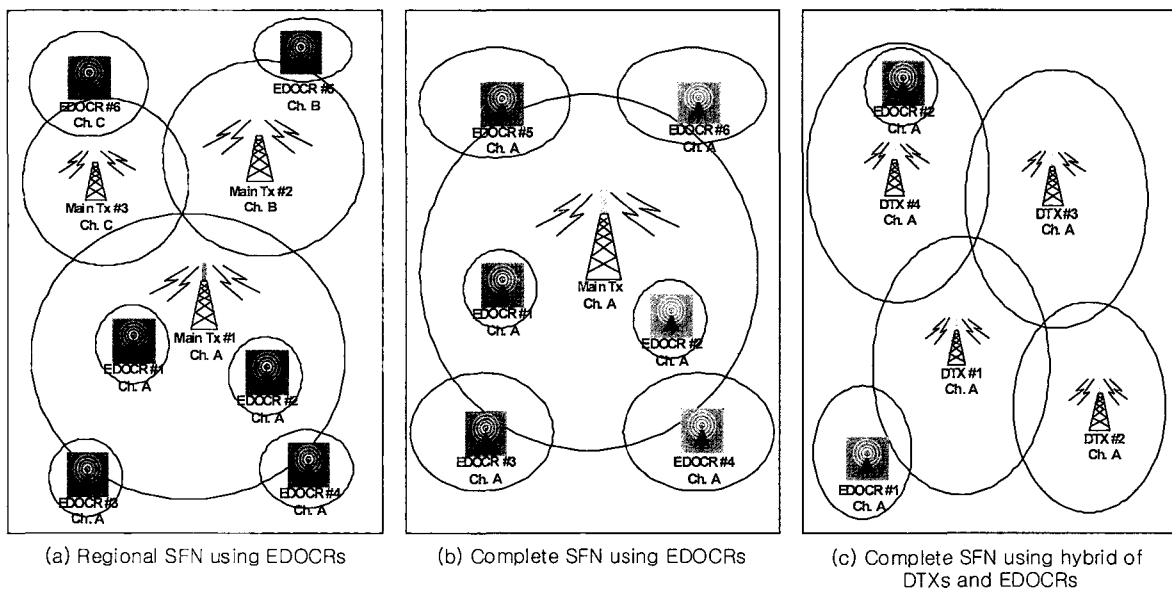


그림 15. EDOCR을 이용한 SFN 구현  
 Fig. 15. Implementation of SFN using the EDOCR

를 사용하지 않기 때문에 모호성 문제를 가지지 않으며, 블라인드 DFE를 사용하여 주송신기와 EDOCR 사이의 전송로에 의해 야기된 잡음 및 다중경로 신호를 제거하므로 EDOCR 출력 신호의 품질이 입력 신호보다 우수하다. 또한, 낮은 안테나 격리도로 인해 야기된 왜곡 신호를 제거할 수 있기 때문에 송신 출력을 높일 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점을 가지는 EDOCR을 이용하여 SFN 구성을 하기 위해서는, 향후 다양한 시뮬레이션 및 필드 테스트 등과 같은 연구가 동반되어야 할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] R. Citta, "A VSB Receiver Design for Indoor and Distributed Transmission Environments," IEEE 52 Annual Broadcast Symposiums, Oct. 2002.
- [2] 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] Salehian, M. Guillet, B. Carson, and A. Kennedy, "On-Channel Repeater for Digital Television Broadcasting Service," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 48, pp. 97-102, June 2002.
- [5] Salehian, B. Carson, and M. Guillet, "Using on-channel repeater to improve reception in DTV broadcasting service area," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 49, pp. 309-313, Sept. 2003.
- [6] W. "Sam" Zborowski, "Single Frequency Network Technique For Use With On-Channel Boosters For DTV Broadcast," NAB Broadcast Engineering Conference Proceedings, 2001.
- [7] Merrill Weiss Group, "Transmitter Synchronization For Terrestrial Broadcasting," ATSC Document, T3/S9, Sept. 2002.
- [8] 박성익, 이용태, 김승원, 이수인, "단일 주파수 망을 이용한 ATSC 지상파 디지털 TV 방송서비스를 위한 방법 연구," 방송공학회논문지, 제8권, 제2호, pp. 109~115, 2003년.
- [9] 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.
- [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] ATSC Recommended Practice: Design Of Synchronized Multiple Transmitter Networks, Doc. A/111, Sept. 2004.
- [12] ATSC Digital Television Standard, Doc. A/53, Sep. 1995.
- [13] E. Bretl, ATSC/VSB Tutorial Receiver, Zenith Electronics Corp.
- [14] Digital Video Broadcasting (DVB): DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization, TS 101 191 v1.1.1
- [15] 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, pp. 249~257, Sept. 2003.

### 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



음 호 민

- 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

— 저 자 소 개 —



**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



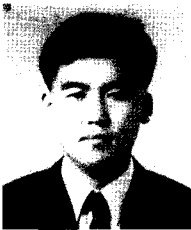
**김 흥 목**

- 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



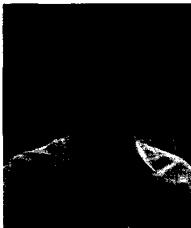
**서 재 현**

- 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



**김 형 남**

- 1989년 3월~1993년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)
- 1993년 3월~1995년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 1995년 3월~2000년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학박사)
- 2000년 3월~2000년 4월 : 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부 박사후 연구원
- 2000년 5월~2003년 2월 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 선임연구원
- 2003년 3월~현재 : 부산대학교 전자공학과 조교수
- 주관심분야 : 적응 신호처리, 채널등화, DTV 전송시스템



**김 승 원**

- 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