

단일주파수방송망 구축을 위한 클라우드 전송 시스템에서의 다중 안테나 수신 성능 분석

곽 세 석*, 김 재 길*, 안 재 민^o

Performance Analysis of Multiple-Antenna Receiver in Cloud Transmission System for Building Single Frequency Networks

Gye Seok Gwak*, Jaekil Kim*, Jae Min Ahn^o

요 약

본 논문은 클라우드 전송 시스템의 수신 성능을 향상시키기 위해 다중 수신 안테나를 적용하는 단일주파수방송망 기반의 차세대 지상파 방송 기술에 대하여 연구하였다. 다중 수신 안테나를 채용함으로써 단일주파수방송망 경계지역에서의 방송 신호 수신에 분산 MIMO(Multi Input Multi Output) 시스템으로 모델링을 하였고, MIMO 수신기의 간섭 제거 효과로 단일 안테나 수신기를 적용하는 것보다 인접 방송 권역 간섭을 감소시킬 수 있다. 모의 실험을 통해 클라우드 전송 시스템에 다중 안테나 수신기를 적용하면 단일주파수방송망 경계지역에서의 수신 성능 개선이 이루어짐을 확인하였다.

Key Words : Cloud Transmission System, Single Frequency Networks, Multiple receiving antenna, Multi-Level Modulation, Interference Cancellation

ABSTRACT

In this paper, we propose a study for the next generation terrestrial broadcasting technology based on SFN(Single Frequency Networks), which applies multiple receiving antenna to improve receiving performance of cloud transmission system. By applying multiple receiving antenna, the received broadcast signals at the boundary of different SFN broadcasting area could be modelled by distributed MIMO system. Due to the interference cancellation effect of the MIMO detector, the proposed scheme could suppress the adjacent area interference more efficiently compared to the single receiving antenna case. Simulation results show that receiving performance can be improved dramatically in overlapping area of SFN by applying multiple antenna receivers in cloud transmission system.

※ 이 논문은 2013년도 미래창조과학부의 재원으로 한 ICT R&D 사업과 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 한국연구재단에서 부여한 과제번호 : 2013R1A1A2009908)의 연구 결과임

• First Author : Chugnam National University Department of Electrical and Computer Engineering, gwakgs@cnu.ac.kr, 학생회원
^o Corresponding Author : Chugnam National University Department of Electrical and Computer Engineering, jmahn@cnu.ac.kr, 종신회원

* Chugnam National University Department of Electrical and Computer Engineering, stone0517@cnu.ac.kr, 학생회원
 논문번호 : KICS2014-02-054, Received February 11, 2014; Revised June 13, 2014; Accepted August 8, 2014

I. 서 론

최근 고품질 방송의 지상파 방송 전송을 위해 고용량의 데이터 전송 속도 증가에 대한 요구가 커지고 있는 추세이다. 이는 지상파 방송 서비스를 위해 주파수 이용효율의 증대뿐만 아니라 전송 대역폭의 증가도 같이 요구하고 있다. 그러나 지상파 방송용으로 사용되던 698~806MHz 대역에서 108MHz의 주파수 대역폭에 대한 회수가 이루어졌기 때문에 주파수 대역폭에 제한이 있다^[1,2]. 이에 제한된 지상파 방송용 주파수의 이용효율을 높이기 위해 단일주파수방송망에 대한 연구가 진행되었으나^[3], 방송 권역 간 경계지역에서의 동일 주파수 간섭 문제가 발생한다.

동일 주파수 간섭 문제의 해결 방안으로 차세대 방송 분야에 적용할 수 있는 클라우드 전송 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다^[4,5]. 클라우드 전송 시스템은 동일 주파수를 사용하면서 동일 채널 간섭에 의해 수신 신호 대 잡음비가 안 좋은 환경에서 낮은 변조 신호의 구성을 적용하여 낮은 신호 대 잡음비에서도 강인하도록 하면서 LDPC(Low Density Parity Check) 부호와 같은 고 성능의 부호를 바탕으로 데이터를 추정하는 기술이다^[6]. 낮은 변조 방식을 적용하기 때문에 스펙트럼 효율이 낮아지게 되므로 간섭 제거 기법과 연동하여 다단계 변조 방식을 수행하여 스펙트럼 효율의 증대를 이루고자 하는 기술이다. 그러나 이 기술은 인접 방송 권역으로부터 수신되는 신호들 간의 간섭으로 인해 수신 성능의 열화가 심하게 일어나는 문제점이 있다.

이에 본 논문은 단일주파수방송망 기반 차세대 지상파 TV 서비스를 위한 클라우드 전송 시스템의 단점을 보완하기 위해 실제 방송 시스템에서는 사용하지 않는 MIMO 기법을 적용하여 차세대 방송 분야의 가능성을 제시하였다. 인접 방송 권역으로부터 송신되는 신호들이 다중 안테나 수신기로 수신 할 경우 분산 MIMO의 형태와 동일한 송수신 시스템 모델링이 가능하다는 점을 이용하여 단일주파수방송망 기반의 클라우드 전송 시스템에 다중 안테나 수신기를 적용함으로써 방송권역 간 중첩지역에서의 신호 간 간섭을 최소화하고 모의실험을 통해 수신 성능 개선을 확인하였다^[7-10]. 모의실험을 통해 확인된 수신 성능은 단일 안테나 수신기에 비해 수신 성능 개선을 보이고 있다.

서론에 이어 2장에서는 클라우드 전송 시스템을 설명한다. 3장에서는 클라우드 전송 시스템에 다중 안테나 수신기를 적용하는 시스템을 제안하고, 제안된 시스템에서의 채널 추정 방법을 제안한다. 4장에서는 제

안된 시스템에 지상파 방송용 채널환경을 적용시켜 모의실험에 대한 성능을 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 클라우드 전송 시스템

클라우드 전송 시스템이란 동일 주파수를 사용하는 대신에 스펙트럼 효율이 낮은 변조방식을 사용하여 LDPC 부호를 바탕으로 데이터를 추정하는 기법이다. 그림 1은 단일 송신기에서 송신되는 세 개의 스트림의 클라우드 전송 시스템의 송신 영역을 나타낸다. 이때, 그림 1과 같이 스펙트럼 효율을 높이기 위해 데이터를 증가시켜 여러 데이터를 합하여 송신함으로써 주파수 이용효율을 증대시킨다.

그림 2와 같이 여러 개의 세기가 다른 스트림을 합하여 송신하는 다단계 변조를 한다. 그 후 채널을 통과하고 잡음이 더해진 형태로 수신된다. 수신기에서의 복조과정은 간섭 제거 방식을 통해 신호의 세기가 가장 큰 순서대로 LDPC 부호를 통해 분리한다. 세기가 가장 큰 순서대로 분리하는 이유는 신뢰도 측면에서 어려움을 낮추기 위함이다.

송신신호를 주파수 도메인에서 표현하면 다음과 같

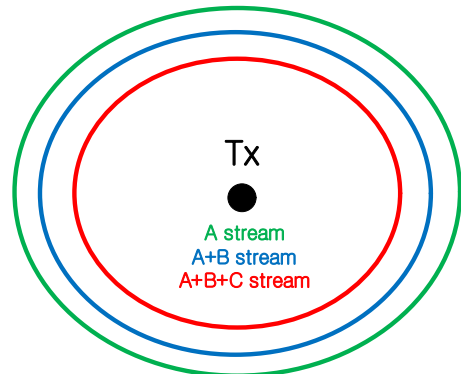


그림 1. 세 개의 A,B,C 스트림의 클라우드 전송 영역(단일 송신기)^[4]
Fig. 1. Cloud Txn coverage with three stream A, B, and C(single transmitter)^[4]

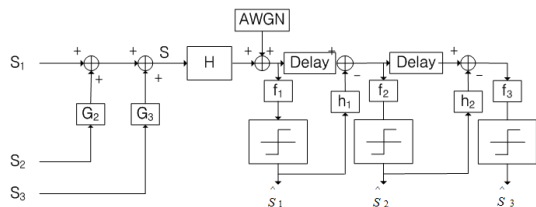


그림 2. 다단계 변/복조^[4]
Fig. 2. Multi-level modulation/demodulation^[4]

이 정의 할 수 있다.

$$X(k) = G_1 S_1(k) + G_2 S_2(k) + \dots + G_m S_m(k), \quad (1)$$

$$(G_1 \gg G_2 \gg \dots \gg G_m)$$

식 (1)에서 m 은 방송 스트림의 수, S 는 방송 스트림, k 는 부반송파 번호이다. G_m 는 간섭 제거 방식을 하기 위해 방송 스트림에 곱해주는 특정 상수 값이다.

송신신호와 마찬가지로 주파수 도메인에서의 수신 신호는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$Y(k) = X(k)H(k) + W(k) \quad (2)$$

H 는 송신신호가 겪는 채널, W 는 백색잡음이다. 식(3), (4)와 같이 수신기에서는 방송 스트림의 복조를 위해 간섭 제거 방식을 적용함으로써 신뢰도 측면에서 가장 큰 세기의 방송 스트림부터 검출한다. 이 경우, S_1 스트림이 가장 크기 때문에 먼저 간섭 제거 방식을 한다. 상대적으로 G_1 값이 나머지 G 값에 비해 크기 때문에 S_1 을 검출하는데 있어 큰 영향을 주지 않는다.

$$\hat{S}_1(k) = \frac{Y(k)}{G_1 H(k)}$$

$$= S_1(k) + \frac{\sum_{i=2}^M G_i S_i(k)}{G_1} + \frac{W(k)}{G_1 H(k)} \quad (3)$$

$$\hat{S}_{i+1}(k) = \frac{Y(k) - \sum_{j=1}^i G_j \hat{S}_j(k)}{G_{i+1} H(k)} + \frac{W(k)}{G_{i+1} H(k)} \quad (4)$$

똑같은 방송 스트림이 다른 두 개의 안테나로 송신되었을 때, 클라우드 전송 시스템의 영역은 그림 3과 같다. 이 때, 수신기에서의 복조과정은 식 (3), (4)와 동일한 방법으로 스트림들을 분리할 수 있다.

다른 방송 스트림이 다른 두 개의 안테나로 송신되었을 때, 클라우드 전송 시스템의 영역은 그림 4와 같다.

각 송신기에서 송신된 신호는 다음과 같이 다시 정의 할 수 있다. j 는 송신기의 번호이다. 즉, j 번째 송신기의 방송 권역을 나타내고, X_j 는 j 번째 송신기에서 송신되는 신호를 말한다.

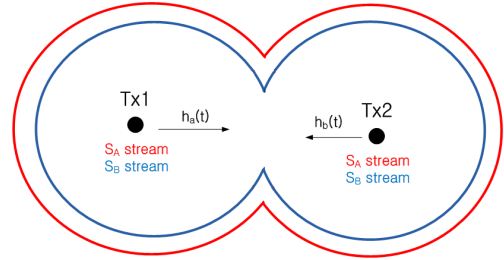


그림 3. 클라우드 전송 단일주파수방송망 영역(2개의 송신기, 각 송신기에서의 송신된 같은 2개 스트림)^[4]
Fig. 3. Cloud Txn SFN coverage (two transmitters, each one transmitting same two streams)^[4]

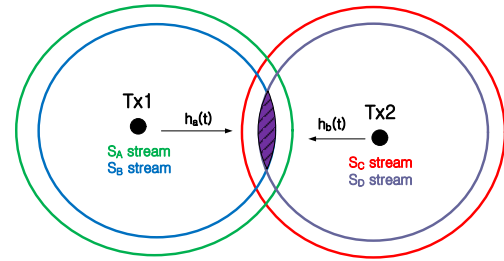


그림 4. 클라우드 전송 단일주파수방송망 영역(2개의 송신기, 각 송신기에서의 송신된 다른 2개 스트림)^[4]
Fig. 4. Cloud Txn SFN coverage (two transmitters, each one transmitting different two streams)^[4]

$$X_j(k) = \sum_{i=1}^M G_{i,j} S_{i,j}(k), \quad (5)$$

$$(G_{1,j} \gg G_{2,j} \gg \dots \gg G_{M,j})$$

방송 스트림은 겹치지 않은 지역에 대해 식(3), (4)와 같이 분리할 수 있다. 그러나, 겹치는 지역에서는 식(3), (4)와 같이 분리 할 수 없다. 겹치는 지역에서의 수신된 신호 모델링은 다음과 같다.

$$Y(k) = \sum_{j=1}^J X_j(k)H_j(k) + W(k) \quad (6)$$

수신기는 복조과정을 위해 간섭 제거 기법을 사용한다. 각각의 방송 권역 채널 환경이 다르기 때문에, 수신기는 모든 방송 권역에 대해 G 값과 H 인 채널의 크기를 비교하여 세기가 가장 큰 신호에 대해 우선순위를 정해야만 한다. 만약 각 송신기의 $G_{m,j}$ 의 값이 같고, 송신신호가 겪는 채널의 크기가 $H_1 > H_2 > \dots > H_j$ 라고 가정하면 첫 번째로 검출되는 신호는 첫 번째 송신기의 첫 번째 스트림이다. 검출된 식은 다음과 같다.

$$\hat{S}_{1,1}(k) = \frac{Y(k)}{G_{1,1}H_1(k)} = S_{1,1}(k) + \sum_{i=1}^M \sum_{j=2}^J \frac{G_{i,j+1}H_{j-1}(k)}{G_{1,1}H_1(k)} S_{i,j-1}(k) + \frac{W(k)}{G_{1,1}H_1(k)} \quad (7)$$

방송권역이 겹치지 않는 지역에서는 동일 채널의 간섭이 매우 적기 때문에 성능열화가 심하게 나지 않는다. 하지만, 그림 4와 같이 겹치는 지역에서는 다른 송신기에서 송신된 신호들이 매우 큰 간섭으로 작용하여 성능 열화가 발생하게 된다. 또한, 특정 상수 G 값과 채널 값을 비교해야하기 때문에 복잡도 역시 증가하게 된다.

III. 다중 안테나 수신기를 이용한 클라우드 전송 시스템

3.1 단일주파수방송망 중첩지역에서의 다중 안테나 수신기를 이용한 클라우드 전송 시스템

2장에서 단일주파수방송망 중첩지역에서 서로 다른 방송 스트림을 송신할 경우 기존의 단일 안테나 수신기를 사용하면 인접 방송 권역으로부터 수신되는 방송 스트림 때문에 성능 열화가 발생하는 것을 확인하였다. 수신 성능을 높이기 위한 방법으로 송신신호가 분산 MIMO 환경의 송신신호와 유사하다는 것을 이용하여 방송 권역 간 중첩지역에서의 인접 권역들의 수신신호를 분리하고자 그림 5와 같이 다중 안테나 수신기를 이용하였다.

방송 권역별 송신신호 모델링은 2장의 식 (5)와 같고, 수신신호 모델링은 다음과 같이 정의할 수 있다. j 는 방송 권역, 즉 송신 안테나의 수, r 은 수신 안테나 번호, 즉 수신 안테나의 수이다.

$$Y_r(k) = \sum_{j=1}^J X_j(k)H_{r,j}(k) + W_r(k) \quad (8)$$

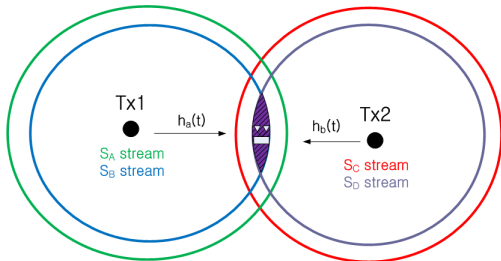


그림 5. 중첩지역에서의 다중 안테나 수신기
Fig. 5. Multiple antenna receiver in overlapping area

각 수신 안테나의 수신된 신호들을 매트릭스로 표현하면 다음과 같이 표현할 수 있다. 이 때, 표현된 매트릭스는 분산 MIMO에서의 송수신 신호 모델링과 동일하다는 것을 알 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Y_1(k) \\ \vdots \\ Y_r(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11}(k) & \dots & H_{1J}(k) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{R1}(k) & \dots & H_{RJ}(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(k) \\ \vdots \\ X_J(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} W_1(k) \\ \vdots \\ W_r(k) \end{bmatrix} \quad (9)$$

다중 안테나 수신기를 적용함으로써 각 방송 권역 간 모든 송신기가 지역적으로 위치되어 있기 때문에 식 (9)에서 채널 매트릭스의 역행렬이 존재하여 쉽게 채널 수신 신호를 분리할 수 있다. 수신 신호를 분리함으로써 인접 권역의 수신 신호에 의한 성능 열화가 생기지 않아 수신 성능을 증대시킬 수 있다. 이후, 각각의 방송 스트림은 2장에서 식 (3), (4)와 동일하게 검출할 수 있다. j 는 송신 안테나의 수이고, r 은 수신 안테나의 수이다.

3.2 채널 추정 방식

인접한 방송 권역에 대해 각 송신기에서 실제 데이터를 전송하기 전에 훈련 신호를 먼저 송신한다. 이 때, 훈련 신호를 STBC(Space Time Block Coding) 구조를 적용하여 채널을 추정한다^[11]. 제안된 시스템은 두 개의 방송 권역이 겹치는 지역에 대해서만 두 개의 수신 안테나를 적용하여 채널 추정을 진행한다. 그림 6은 시간에 따른 신호의 구조를 나타내고 있다. 아래 식과 같이 채널 매트릭스는 식 (10), (11)의 제안된 구조를 통해 추정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Y_{11}(k) & Y_{21}(k) \\ Y_{12}(k) & Y_{22}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11}(k) & H_{12}(k) \\ H_{21}(k) & H_{22}(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1(k) - P_2^*(k) \\ P_2(k) & P_1^*(k) \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} \hat{H}_{11}(k) & \hat{H}_{12}(k) \\ \hat{H}_{21}(k) & \hat{H}_{22}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11}(k) & Y_{21}(k) \\ Y_{12}(k) & Y_{22}(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1(k) - P_2^*(k) \\ P_2(k) & P_1^*(k) \end{bmatrix}^{-1} \quad (11)$$

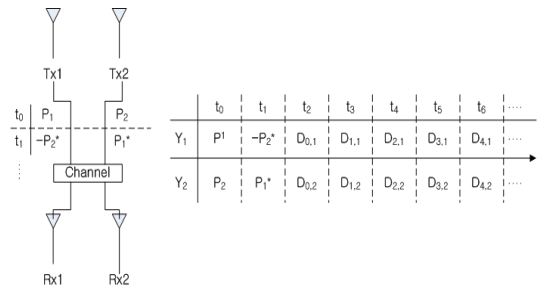


그림 6. 신호 구조^[11]
Fig. 6. Signal Structure^[11]

채널을 추정 한 후, 식(12), (13)과 같이 ZF(Zero Forcing) 기법이나 MMSE(Minimum Mean Square Error) 기법을 이용하여 추정한 채널로 보상함으로써 방송 권역 간 신호를 분리할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \hat{D}_1(k) \\ \hat{D}_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{H}_{11}(k) & \hat{H}_{12}(k) \\ \hat{H}_{21}(k) & \hat{H}_{22}(k) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Y_1(k) \\ Y_2(k) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} \hat{D}_1(k) \\ \hat{D}_2(k) \end{bmatrix} = H^H(HH^H + JN_0I)^{-1} \begin{bmatrix} Y_1(k) \\ Y_2(k) \end{bmatrix}, \quad (13)$$

$$H = \begin{bmatrix} \hat{H}_{11}(k) & \hat{H}_{12}(k) \\ \hat{H}_{21}(k) & \hat{H}_{22}(k) \end{bmatrix}$$

$D_{m,j}(k)$ 는 j 번째 방송 권역에서의 m 번째 방송 스트림이다. $Y_{m,r}(k)$ 는 r 번째 수신기에서의 m 번째 수신된 신호이다. k 는 부반송파 번호다. ZF 기법이나 MMSE 기법을 사용하는 이유는 클라우드 전송 시스템에서의 송신 신호가 세기가 다른 여러 방송 스트림들의 합으로 되어 있기 때문에 방송 권역이 늘어나거나 하나 권역에서 송신할 방송 스트림의 수가 늘어날 수록 최적 검출기인 ML(Maximum Likelihood) 기법이나 다른 여러 가지의 준 최적 검출기를 사용하게 될 경우 계산량이 급격히 늘어나게 되어 방송 스트림을 검출하는데 어려움이 발생한다.

IV. 모의실험

제안된 시스템의 성능을 확인하기 위해 표 1의 방송용 채널환경인 브라질 A 채널 모델 환경에서 실험을 하였다^[12]. 모의실험 파라미터는 표 2와 같이 설정하여 성능을 분석하였다.

그림 7은 중첩지역과 중첩되지 않은 지역에서의 클라우드 전송 시스템의 수신 성능 분석이다. 모의실험을 통해 단일주파수방송망의 중첩지역에서 서로 다른 송신 신호를 수신하였을 경우 단일 안테나 수신기를 사용하면 신호에 대한 검출이 전혀 되지 않는 것을 확인할 수 있다. 이에 제안된 시스템은 다중 안테나 수

표 1. 브라질 A 채널 모델^[12]
Table 1. Brazil A Channel Model^[12]

Brazil channel		path1	path2	path3	path4	path5
A	Delay(μsec)	0	0.15	2.22	3.05	5.85
	Amplitude(dB)	0	-13.8	-16.2	-14.9	-13.6

표 2. 모의실험 파라미터
Table 2. Simulation Parameters

Parameter	Assumption
Sampling Frequency	10MHz
Channel coding	LDPC(1/4)
Modulation	OFDM
1-level modulation	QPSK
2-level modulation	64QAM
Difference gain of modulation level	5dB
FFT size	1024samples
CP length	256samples
Number of transmitters	2
Number of receivers	2
Channel model	Brazil A

신기를 이용함으로써 단일 안테나 수신기에 비해 안테나 이득 이상의 수신 성능 개선을 보이고 있다.

그림 8은 다중 안테나 수신기를 이용한 클라우드 전송 시스템에서 단일주파수방송망 중첩지역에서의 각 방송 권역 별 송신신호 분리 방법으로 사용된 ZF 기법과 MMSE 기법의 성능을 비교한 실험이다. 신호의 세기가 큰 첫 번째 스트림의 경우 방송 권역 별로 여러 개의 방송스트림이 세기 차이를 이용하여 송신하는 클라우드 전송 시스템으로 인해 MMSE성능이 ZF성능에 비해 기존의 차이보다 좀 더 우수한 것으로 판단된다. 각 송신 안테나에서 신호 세기가 작은 두 번째 방송 스트림 검출 부분에서의 성능은 높은 신호 대 잡음비로 갈수록 ZF과 MMSE의 성능이 거의 비슷해지는 것을 볼 수 있다. 이는 잡음 부분이 거의 0이 되어 ZF검출과 동일해지기 때문이다. 이 모의 실험을 토대로 ZF 기법보다는 MMSE 기법을 이용하는

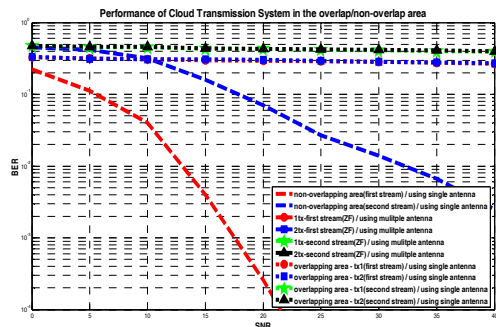


그림 7. 중첩/중첩되지 않은 지역에서의 클라우드 전송 시스템의 수신 성능 분석
Fig. 7. Performance of Cloud Transmission System in the overlap/non-overlap area

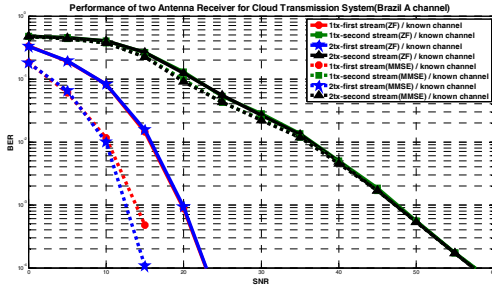


그림 8. 클라우드 전송 시스템에서의 2-안테나 수신기에 대한 ZF와 MMSE 성능
 Fig. 8. Performance of ZF and MMSE about two antenna receiver in Cloud Transmission System

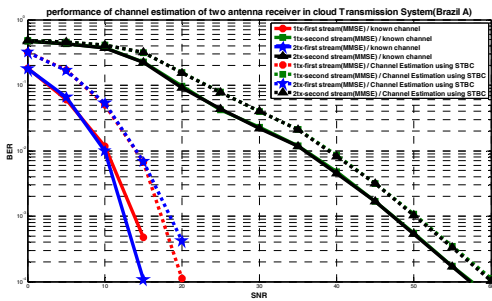


그림 9. 클라우드 전송 시스템에서의 2-안테나 수신기 추정 비트 오류율 성능
 Fig. 9. Performance of channel estimation of two antenna receiver in Cloud Transmission System

것이 신호 검출 확률이 높다는 것을 알 수 있다. 모의 실험 파라미터는 표 2와 동일하다.

그림 9는 다중 안테나 수신기를 이용한 클라우드 전송 시스템에서의 채널 추정 및 보상을 통한 비트 오류율 성능이다. 훈련신호를 통해 STBC 구조를 이용하여 채널을 추정하고 MMSE 기법을 이용하여 인접 방송 권역 간 신호들을 분리하였다. 신호가 큰 첫 번째 스트림에 대해서는 알고 있는 채널을 보상할 때보다 추정한 채널을 보상할 때의 성능이 약 5dB의 성능 저하를 보인다. 두 번째 스트림에 대해서는 3dB의 성능 저하를 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 단일주파수방송망 구축을 위한 기술로써 클라우드 전송 시스템에 수신 성능 개선을 위한 다중 안테나 수신기를 적용하는 연구를 수행하였다. 클라우드 전송 시스템은 동일 채널 간 간섭을 완화하면서 같은 주파수를 사용하여 주파수 이용효율을 높이는 기술이다. 그러나, 이 기술은 방송 권역 간 겹치는

지역에서 인접 간 신호들이 서로 간에 간섭이 생겨 수신 성능 열화가 발생하는 문제점이 있다.

따라서, 제한된 시스템은 방송 권역 겹치는 지역에 대해 동일 채널의 서로 다른 신호들을 다중 안테나 수신기를 이용하여 실제 적용되는 방송 채널에서의 신호 수신 성능을 모의실험을 통해 확인하였다. 모의 실험을 통하여 확인된 수신 성능 결과는 다중 안테나 수신기를 사용하여 인접 방송 권역으로부터 수신되는 신호들을 분리하여 간섭을 제거함으로써 단일 안테나 수신기에 비해 다중 안테나 이득 이상의 수신 성능 개선이 이루어 질 수 있음을 보이고 있었다. 이를 바탕으로 제한된 지상파 방송용 주파수의 이용 효율을 높임으로써 초고화질 해상도의 다양한 콘텐츠를 제공하는 단일주파수방송망 기반의 차세대 지상파 전송 시스템 구축의 주요 기술로 사용될 것으로 기대된다.

References

- [1] ATSC Digital Television Standard, Doc, A/53, Part 16, Jan. 2007.
- [2] K. S. Oh, S. H. Kim, D. J. Kim, and B. M. Chin, "Trend and ongoing activities on UHD-TV standardization," in *Proc. KICS*, pp. 821-822, Jeju Island, Jun. 2011.
- [3] C. Zhang, T. J. Owens, and Y. H. Song, "On the performance of densified DVB-H single frequency networks," *Int. J. Mobile Network Design and Innovation*, vol. 1, no. 3, pp. 224-233, Apr. 2006.
- [4] G. S. Gwak, J. K. Kim, P. Yuan, and J. M. Ahn, "Performance analysis of multiple antenna receiver for cloud transmission in the next generation terrestrial UHD-TV broadcasting," in *Proc. KICS*, pp. 243-244, Nov. 2013.
- [5] Y. Wu, B. Rong, K. Salehian, and G. Gagnon, "Cloud transmission : A new spectrum-reuse friendly digital terrestrial broadcasting transmission system," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 59, no. 3, pp. 329-337, Sept. 2012.
- [6] S. I. Park, H. M. Kim, Y. Wu, and J. C. Kim, "A newly designed quarter-rate QC-LDPC code for the cloud transmission system," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 59, no. 1, pp. 155-159, Mar. 2013.

[7] G. T. Gil, S. C. Lee, and K. M. Hyun, "SER/BER analysis for 2-by-N MIMO-STBC systems in rayleigh fading channels," *J. KICS*, vol. 35, no. 6, pp. 547-553, Jun. 2010.

[8] Y. S. Cho, J. W. Kim, W. Y. Yang, and C. G. Kang, *MIMO-OFDM wireless communications with MATLAB*, NY: John Wiley & Sons, pp. 61-62, 2010.

[9] R. Xu and F. C. M. Lau, "Performance analysis for MIMO systems using zero forcing detector over fading channels," *IEE Proc. Comm.*, vol. 153, no. 1, pp. 74-80, Feb. 2006.

[10] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A. Calderbank, "Space-time block coding for wireless communications: Performance results," *IEEE J. Selected Areas in Commun.*, vol. 17, no. 3, pp. 451-460, 1999.

[11] N. Cornillet, M. Crussiere, and J. Helard, "Performance of the DVB-T2 System in a single frequency network: Analysis of the distributed alamouti scheme," *IEEE Int. Symp. Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, pp. 1-4, Erlangen, Germany, Jun. 2011.

[12] J. K. Lee and G. J. Kim, "Multi-level correlation LMS algorithm for digital on-channel repeater system in digital TV broadcasting system environment," *J. Broadcast Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 63-75, 2010.

김 재 길 (Jaekil Kim)



2009년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학부 졸업
 2011년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사
 2011년 3월~현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 박사과정

<관심분야> 차세대 이동통신, 지상파 DTV, 위성항법시스템

안 재 민 (Jae Min Ahn)



1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과(학사)
 1989년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1994년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
 1994년~1999년 : 삼성전자 선임연구원

2007~2008년 : 정보통신연구진흥원 차세대이동통신사업단장, 정보통신부 차세대 이동통신 PM
 1999년~현재 : 충남대학교 전기정보통신공학부 교수
 <관심분야> 차세대 이동통신 물리계층 및 Radio Resource management

곽 계 석 (Gye Seok Gwak)



2013년 2월 : 충남대학교 정보통신공학과 졸업
 2013년 3월~현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정
 <관심분야> 차세대 이동통신, 지상파 DTV