

이종 네트워크 환경에서 신뢰성 향상을 위한 인접 셀 간 협력 전송 기법

강성진*

Inter-Cell Cooperative Transmission Scheme for Improving Reliability at the Heterogeneous Network

Sung-jin Kang*

요약

본 논문은 이종 네트워크 환경에서 무선 통신 시스템의 신뢰성 향상을 위한 인접 셀 간 협력 전송 기법을 제안한다. 이종 네트워크는 현존하는 기술을 사용하여 데이터 전송 속도를 높일 수 있다는 장점이 있다. 하지만 셀 가장자리에서의 통신 성능 저하 현상이 심각한 문제로 대두되고 있다. 따라서 본 논문은 문제 해결을 위해 상황에 따라 적응적으로 전송하는 인접 셀 간 협력 전송 기법을 제시한다.

Key Words : Communication Scheme, Heterogeneous Network, Wireless Communication, Inter Cell Interference, Coordinated Multi-Point Transmission

ABSTRACT

This paper proposes inter-cell cooperative transmission scheme in order to improve the reliability of the wireless communication system at the heterogeneous network environments. The heterogeneous network can increase data rate by using existing network technologies. However, degradation of communication performance in the cell edge has been a serious problem. Therefore, this letter proposes an adaptive transmission scheme

according to the diverse situations in order to solve this problem.

I. 서론

최근 다양한 네트워크 기술이 발전함에 따라 기존의 네트워크 기술들을 이용한 이종 네트워크에 관한 연구가 진행되고 있다^[1]. 이종 네트워크는 기존 매크로 셀 내에 소형 셀들이 존재하는 네트워크 형태를 의미하기 때문에 기존의 네트워크 시스템을 사용하는 경우와 다른 형태의 간섭 시나리오를 고려해야 한다^[2]. 따라서 이종 네트워크를 위한 향상된 간섭 관리 기법이 활발히 연구되고 있다. 본 논문은 이종 네트워크 환경에서 신뢰성 향상을 위하여 인접 셀 간 간섭 제어 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 인접한 기지국에서 전송하고자 하는 데이터와 사용자 사이의 채널 상태를 공유함으로써 보다 효율적인 방식으로 데이터를 전송한다.

II. 시스템 모델

시스템은 둘 이상의 전송 기지국과 하나의 목적지 단말로 이루어진다. 본 절에서는 앞서 설명한 시스템에 하나의 전송 기지국에서 하나의 단말로 데이터를 전송하는 과정을 수식과 함께 설명한다. 단말기에서 다운 링크로 수신한 심볼은 다음과 같다.

$$Y_s = H_s^{main TP} W_s^{main TP} X_s^{main TP} + \sum_{\substack{M \in C_i \\ j=2}} H_s^{TP_j} W_i^{TP_j} X_i^{TP_j} + N^2 \quad (1)$$

($i \neq s, TP_j \neq main TP$)

Y_i 는 하나의 셀 내에 있는 i 번째 사용자 단말기가 수신한 심볼을 의미한다. 심볼 $X^{main TP}$ 는 메인 기지국에서 단말로 전송하고자 하는 데이터를 의미하며 단위 전송 전력을 갖는다. $H_i^{main TP}$ 는 메인 기지국과 i 번째 사용자 단말기 사이의 채널을 의미하며, 평균이 m 이고 분산이 σ^2 인 가우시안 확률 변수이다. 또한 $W^{main TP}$ 는 보다 신뢰성 있는 전송을 위한 프리코딩 벡터를 의미한다. 이 때 프리코딩 벡터는 기존의 하나의 전송 기지국에서 하나의 목적지 단말로 신호를

* First Author : Korea University of Technology and Education School of Electrical, Electronics and Communication Engineering, sjkang@koreatech.ac.kr, 중신회원
 논문번호 : KICS2015-08-270, Received August 27, 2015; Revised September 14, 2015; Accepted September 14, 2015

전송하는 경우 인접 기지국에서의 간섭 성분이 존재하며 그 부분은 수식에서 시그마 부분으로 표현되었다. C_k 는 클러스터 내의 기지국 개수를 뜻한다. N^2 은 부가성 백색 잡음(additive white Gaussian noise:AWGN)이며, 평균이 0이고 분산이 1인 복소 가우시안 확률 변수이다.

III. 인접 셀 간 협력 전송 기법

인접 셀 간 협력 기법은 둘 이상의 소형 셀이 이상적인 백홀 망으로 연결되어 있음을 가정한다. 가정을 통해 각 기지국들은 데이터와 채널 상태를 공유할 수 있다. 이 때 데이터는 각 기지국에서 단말기로 전송하고자 하는 데이터를 의미하며, 채널 상태는 각 기지국과 단말기 사이의 채널의 상태를 의미한다. 각 기지국들은 채널 상태를 통하여 사용자 단말기의 위치를 예측할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 채널 상태 판단을 위하여 수신 레퍼런스 신호의 신호 대 간섭 및 잡음 비율(signal to interference plus noise ratio:SINR)을 구한다. 이에 관한 수식은 아래와 같이 표현된다.

$$SINR = \frac{P_{ref.signal}}{P_n + P_i} \quad (2)$$

$P_{ref.signal}$ 은 레퍼런스 신호의 전력을 의미하고, P_n 과 P_i 는 각각 잡음의 전력과 간섭 신호의 전력을 나타낸다.

본 논문에서는 두 개의 인접한 소형 기지국과 하나의 수신 단말기가 통신하는 시스템을 가정한다. 각 기지국과 수신 사용자 단말기는 신호 대 간섭 및 잡음 비율을 통하여 가장 효율적인 전송 방식을 선택한다. 전송 방식 선택 과정을 설명하기 위하여 단말기가 하나의 스몰 셀에서 또 다른 하나의 스몰 셀로 이동하는 과정을 가정하여 아래와 같이 표현하였다.

그림을 통해 사용자 단말기가 첫 번째 전송 점(transmission point: TP)으로부터 두 번째 전송 점으로 이동하고 있는 모습을 확인할 수 있다. 이동하는 과정은 다섯 가지 단계로 나누어져있다. 셀 간 협력 전송 기법을 통하여 각 단계에서 각각 상황에 가장 효율적인 전송 기법을 사용함으로써 전송 효율을 높이면서 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

각 단계를 정의하기 위해 각 전송 점들과 단말기 사이의 채널 상태를 이용하며, 본 논문에서는 신호 대 간섭 및 잡음 비율을 통해 판단하였다. $SINR_1$ 과

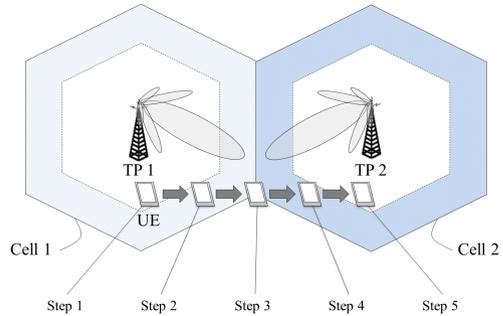


그림 1. 사용자 단말기가 이동하는 과정
Fig. 1. Moving process of mobile user terminal

$SINR_2$ 는 각각 첫 번째 전송 점과 두 번째 전송 점에 서 사용자 단말기로 레퍼런스 신호를 전송하였을 때의 신호 대 간섭 및 잡음 비율을 의미한다. 알고리즘은 $SINR_1$ 과 $SINR_2$ 를 비교하기 위한 수식 두 가지를 포함한다.

첫 번째 수식은 단말기가 하나의 셀 내에 완벽하게 소속되어있는지 아닌지를 판단하기 위한 수식이며, 부등식을 만족하는 경우 step 1 혹은 step 5로 판단한다. 이 부등식은 아래와 같이 표현된다.

$$\left| \log_{10} \left(\frac{SINR_1}{SINR_2} \right) \right| > 1? \quad (3)$$

두 번째 수식은 단말기가 셀 경계에 있는지 아닌지를 판단하기 위한 수식이며, 부등식을 만족하는 경우 step 2 혹은 step 4에 있다고 판단하고 그렇지 않은 경우는 최악의 상황인 step 3라고 판단한다.

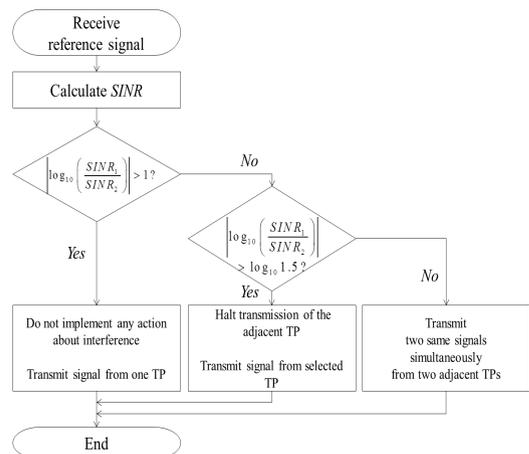


그림 2. 인접 셀 간 협력 기법의 알고리즘
Fig. 2. Algorithm of inter cell cooperative scheme

$$\left| \log_{10} \left(\frac{SINR_1}{SINR_2} \right) \right| > \log_{10} 1.5? \quad (4)$$

3.1 step 1과 step 5에서의 전송 기법

하나의 셀 내에 위치한다. 따라서 인접 셀로부터의 간섭 영향이 적기 때문에 추가적으로 신뢰성 향상을 위한 기법 없이 전송한다.

3.2 step 2와 step 4에서의 전송 기법

인접 셀로부터의 간섭 영향이 존재하게 된다. 따라서 인접 셀에게 사용자 단말기 방향으로의 전송을 막는 DCS 알고리즘을 적용한다^[3].

3.3 step 3에서의 전송 기법

step 3의 경우는 가장 심각한 간섭 영향을 받는다. 이러한 경우 인접 셀로부터의 간섭이 수신 신호 신뢰성이 크게 영향을 줄 수 있기 때문에, 전송 점 1과 전송 점 2의 협력 전송이 필요하다. step 3에서, 두 전송 점은 사용자 단말기 방향으로 동일한 신호를 전송하는 JT 알고리즘을 적용한다^[3].

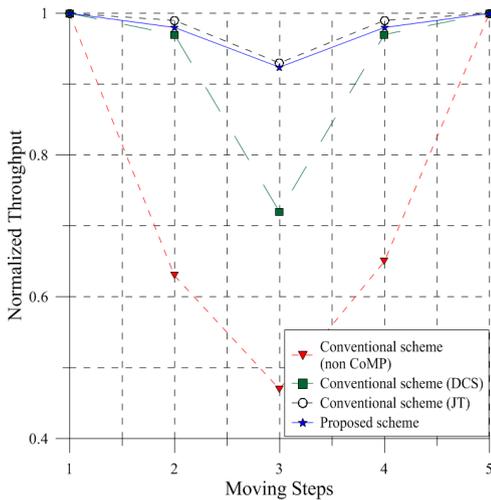


그림 3. 제안된 기법과 기존의 기법의 throughput 그래프
Fig. 3. Throughput of proposed scheme and conventional schemes

표 1. 기존의 기법과 제안된 기법의 자원 사용 비율
Table 1. Ratio of resource utilization for conventional schemes and proposed scheme

| | DCS | JT | Proposed scheme |
|----------------------------|-----|-----|-----------------|
| resource utilization ratio | 1 | 1.6 | 1.2 |

IV. 성능 평가 및 결론

본 절에서는 신뢰성 향상 정도를 확인하기 위해 기존의 방식^[3]과 제안하는 기법의 처리량을 통하여 비교한다. 아래의 모의실험 결과를 통하여 기존의 기법에 비하여 제안하는 기법이 훨씬 효율적으로 신호를 전송할 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 또한 두 개의 전송점이 인접한 경우 경계 부분에서의 신뢰성 향상을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 매크로 셀과 스몰 셀이 혼재되어있는 이기종 네트워크 시스템에서 적용 가능한 효율적이고 높은 신뢰성의 통신을 제공하기 위하여 인접 셀 간 협력 전송 기법을 제안하였다. 제안된 기법을 통해 셀 경계점 지역에서의 성능 향상을 확인할 수 있었으며, 상황에 맞게 전송 기법을 적용함으로써 보다 효율적인 통신이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

References

[1] I. S. Bae, J. Y. Lee, S. J. Jang, and J. M. Kim, "Power control scheme based on non-cooperative game in a heterogeneous network," *J. KICS*, vol. 39B, no. 11, pp. 771-778, Nov. 2014.

[2] N. M. Kim, W. J. Kim, and S. H. Back, "Multicast scheduling scheme in dense WLAN systems," *J. KICS*, vol. 40, no. 3, pp. 441-450, Mar. 2015.

[3] D. S. Kim, J. H. Kim, and J. W. Jang, "Performance evaluation of LTE-Advanced CoMP JT and DCS techniques," in *Proc. KICS Winter Conf. 2013*, vol. 56, pp. 519-520, Korea, Jan. 2013.