

릴레이 네트워크에서의 협업전송 프로토콜

고상* · 박형근*

*한국기술교육대학교

Cooperative transmission protocol in the relay network

Gao Xiang* · Hyung-Kun Park*

*Korea University of Technology & Education

E-mail : hkpark@kut.ac.kr

요 약

협업통신은 다중경로페이딩의 문제를 해결하고 전송전력소모를 감소시키기 위한 효과적인 기술이다. 릴레이선택과 전력할당은 협업통신의 성능을 결정하는 중요한 요소이다. 본 논문에서는 센서네트워크에서 네트워크수명 극대화를 위해 새로운 형태의 다중 릴레이선택 방법과 전력할당 알고리즘을 제안한다. 제안하는 릴레이 선택 알고리즘은 채널상태 뿐만아니라 각 노드의 잔여전력을 함께 고려함으로써 전송전력을 극소화하고 네트워크의 수명을 증가시킨다. 시뮬레이션결과는 제안된 알고리즘이 기존의 방식에비해 더 긴 네트워크 수명을 갖을 수 있음을 보여준다.

ABSTRACT

Cooperative transmission is an effective technique to combat multi-path fading and reduce transmitted power. Relay selection and power allocation are important technical issues to determine the performance of cooperative transmission. In this paper, we proposed a new multi-relay selection and power allocation algorithm to increase network lifetime. The proposed relay selection scheme minimizes the transmitted power and increase the network lifetime by considering residual power as well as channel conditions. Simulation results show that proposed algorithm obtains much longer network lifetime than the conventional algorithm.

키워드

cooperative transmission, wireless sensor network, relay network, relay selection

1. 서 론

Cove와 Gamel 에 의해 처음으로 협업 통신에 대한 기본 적인 정보이론적 연구가 수행되었다 [1]. 이때 릴레이 네트워크에서 릴레이의 역할은 메인 채널을 보조하는 역할만을 의미하였고 단순한 AWGN 채널에서 용량을 주로 분석하였으나 최근에는 페이딩 채널에서의 다이버시티의 개념을 강조하게 되었고 각 사용자는 정보의 소스와 릴레이의 역할을 모두 수행하는 것으로 개념이 확대되었다. [2]에서는 spatial 다이버시티를 위한 협업 다이버시티의 개념이 소개되고 처음으로 기존의 CDMA시스템에 이를 적용하였다. 최근에는 협업 다이버시티의 구조는 멀티홉 다이버시티, 릴레이채널, 유저 cooperation 다이버시티, 가상

MIMO 등의 다양한 형태로 연구되고 있다. [3]에서는 릴레이노드의 통신방식을 amplify-and-forward (AF)와 decode-and-forward(DF)방식으로 분류하였다. AF 릴레이들은 수신된 신호를 증폭하여 재전송하는 역할을 하며 DF 릴레이 들은 수신신호를 디코딩한 후 다시 코딩과정을 거쳐 재전송하는 역할을 한다.

센서 네트워크에서는 센서노드들이 협력을 해서 데이터를 싱크 노드까지 전송하기 때문에 각 센서 노드의 수명이 센서 네트워크의 통신망 자체의 수명을 결정짓는 중요한 요소가 된다. 또한 센서네트워크에서 특정 노드들의 전력이 모두 소모되면 네트워크 전체가 더 이상의 기능을 상실하게 센서네트워크에 협업 다이버시티를 적용하기 위해서는 릴레이노드를 선택할 때 노드의 잔

여전력과 요구 송신전력을 고려하여 네트워크 수명을 극대화 할 수 있도록 릴레이노드를 선택하고 송신 전력을 할당할 수 있는 cooperation 프로토콜이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 센서네트워크에서 협업 다이버시티 방식의 연구를 통해 센서네트워크의 수명을 극대화할 수 있는 릴레이 선택 및 전력할당 알고리즘을 제안한다.

II. 협업전송 프로토콜

협업통신에서 릴레이선택을 위해서는 먼저 노드간의 채널정보를 바탕으로하여 협업통신에 참여할 릴레이노드 후보군을 선발한다. 1차적으로 압축된 후보군을 대상으로 하여 각 노드의 잔여전력을 파악하고 수신 SNR을 만족시키기 위한 송신전력을 계산하고 최종적인 릴레이노드를 선택하게 된다.

먼저 전송할 데이터를 갖고 있는 소스노드는 RTS 패킷을 전송하고 RTS 패킷을 수신 받은 목적 노드는 CTS 패킷을 전송함으로써 패킷전송을 시작한다. 소스 노드에서는 잔여전력 정보를 포함한 수정된 RTS 패킷을 송신한다. RTS패킷을 수신한 노드들은 소스노드의 잔여전력 뿐만 아니라 소스 노드와 릴레이 노드 i 사이의 채널상태 $h_{sr,i}$ 추정이 가능해지고, 목적노드에서는 소스 노드와 목적노드 사이의 무선채널 상태 h_{sd} 추정이 가능해진다. RTS 패킷을 수신한 목적노드는 CTS 패킷을 송신하는데 이를 통해 릴레이 노드들은 릴레이 노드 i 와 목적 노드간의 채널 상태 $h_{rd,i}$ 를 추정할 수 있게 된다. RTS와 CTS 패킷 전송 후에 각 릴레이 노드들은 채널상태정보만을 가지고 타이머 값을 설정한다.

처음에 타이머 값이 0에 도달한 순서대로 릴레이 노드들은 다른 릴레이 노드들에 플래그 패킷을 송신한다. 다른 릴레이 노드들은 소스 노드로부터 플래그 패킷을 수신할 때 즉, 소스 노드의 타이머 값이 0이 됐음을 알게 됐을 때 타이머를 리셋하고 플래그의 전송을 중지한다. 즉, 소스의 타이머값 TOS(Timer value Of Source) 보다 작은 타이머값을 갖는 노드들이 첫번째 릴레이 선택 과정에서 릴레이 후보군으로 선택될 수 있도록 하였다.

그 다음 단계에서는 노드들의 잔여전력을 고려하고 수신 SNR을 만족시키도록 후보 릴레이 노드들에게 송신전력을 할당하고 최종적으로 협업통신에 참여할 릴레이노드를 선택한다. 소스 노드로부터 데이터를 수신받은 릴레이노드 i 는 이를 다시 목적노드에 전송한다. 목적노드는 각 소스 노드 및 릴레이노드들이 송신한 신호를 수신하게 되는데, 이때 여러경로로 수신된 신호를 MRC방식으로 결합하여 수신한다[4]. 이와같이 수신된 수신신호의 SNR값을 구하면 다음과 같다.

$$SNR = \left(|h_{sd}|^2 + \sum_{i=1}^n \frac{|h_{sr,i} h_{rd,i}|^2 P_{r,i}}{|h_{rd,i}|^2 P_{r,i} + |h_{sr,i}|^2 P_s + \sigma_N^2} \right) \frac{P_s}{\sigma_N^2} \quad (1)$$

이때 P_s 는 소스노드의 송신 전력이고 i 번째 릴레이 노드의 송신전력은 $P_{r,i}$ 이다.

위의 SNR값은 수신성능을 위한 최소 요구 SNR을 충족할 뿐 아니라, 전송 시 소스 노드 및 릴레이 노드들의 전체 송신 전력을 최소화하여야 한다. 총 송신전력을 최소화하기 위한 소스와 릴레이노드의 송신전력을 구하기위해 라그랑지 승수법을 사용한다.

이 과정을 통하여 잠재적 릴레이 노드 i 는 각 소스 노드 및 릴레이 i 자신에게 필요한 송신 전력 값 P_s 및 $P_{r,i}$ 를 얻게 된다. 두 번째 릴레이 선택 과정에서는 소스 노드 및 릴레이 노드들의 잔여전력을 고려한다. 이 과정에서도 소스 노드는 자신의 필요 송신 전력 값 및 현재 잔여 전력 값을 이용하여 타이머를 설정한다. 라그랑지승수법을 통해 전력 할당 정보를 얻은 후, 1차적으로 선택되었던 모든 릴레이 노드들은 아래 식(2)에 따라 잔여전력 값을 고려하여 타이머 값을 설정한다. 설정된 타이머 값을 이용하여 최종적인 릴레이노드를 선택하는데 그 방식은 1차 릴레이노드 선택방식에서의 타이머 이용한 노드 선택방식과 동일하다.

$$\begin{cases} T_i = \frac{\lambda}{\min\{P_{rs} - P_s, P_{rr,i} - P_{r,i}\}} & T_s = \frac{\lambda}{(P_{rs} - P_s)} \\ T_i = \lambda \cdot \max\left\{\frac{P_s}{P_{rs}}, \frac{P_{r,i}}{P_{rr,i}}\right\} & T_s = \lambda \cdot \frac{P_{sd}}{P_{rs}} \end{cases} \quad (2)$$

이때, $P_{rs,i}$ 는 소스노드의 잔여전력을 나타내며 $P_{rr,i}$ 는 릴레이노드 i 의 잔여전력을 나타낸다.

III. 성능분석 및 결과

시뮬레이션을 통해 제안된 전력할당 및 릴레이 노드 선택 알고리즘에 대한 성능을 분석하고 기존의 방식과 비교하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 노드수가 증가하게 되면 각 노드가 데이터 송신에 참여하게 될 확률이 줄어들기 때문에 전체적인 네트워크 수명은 늘어나게 된다. 특히 직접 통신 방식과 비교하여 보았을 때, 협력통신 방식을 사용했을 경우 노드수가 증가함에 따라 네트워크 수명이 크게 증가함을 알 수 있다. 한편 본 논문에서 제안한 알고리즘의 경우 기존의 방식과 달리 채널 상태뿐 아니라 잔여전력이 함께 고려되었는데, 이는 송신 전력이 효율적으로 할당되게 함으로써 평균 네트워크 수명에 있어서 직접 통신 방식에 비해 3배, 채널 상태만 고려한 방

식에 비해 1.5배에 가까운 향상을 보였다.

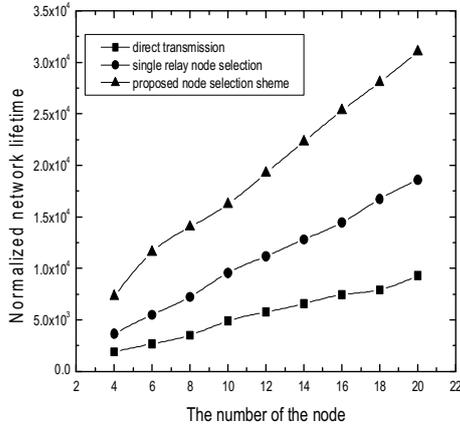


그림 1. 릴레이 선택알고리즘의 노드 개수 및 임계값 변동에 따른 네트워크 수명

성능분석 결과에서 보듯이 제안된 알고리즘은 센서네트워크에 적용할 수 있는 분산방식으로 설계되었고 릴레이노드를 선택할 때 채널상태와 잔여전력 및 송신전력할당을 모두 고려함으로써 동안 개별적으로 다루어졌던 릴레이노드 선택과 전력할당의 문제를 동시에 처리하여 네트워크의 수명을 크게 증가시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] A. Sendonaris, E. Erkip, and B. Aazhang, "User cooperation diversity part I and II," IEEE trans. Commun., vol. 51, no.11 Nov. 2003, pp.1927-1948
- [2] A. Bletas, A. Khisti, D. P. Reed, A. Lippman, "A simple cooperative diversity method based on network path selection," IEEE JSAC, vol.24, pp.659-672, Mar. 2006.
- [3] Yonghui Li, Branka Vucetic, and Mischa Dohler, "distributed adaptive power allocation for wireless relay networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 6, no. 3, pp. 948-958, Mar 2007.
- [4] J. N. Laneman and G. W. Wornell, "Energy-efficient antenna sharing and relaying for wireless networks," in Proc. IEEE WCNC, 2000, pp.7-12