

공동된 전장 상황 인식을 위한 협력 재전송 기법 연구

고병훈, 이두호, 김광순

연세대학교

{bhko, dh.rhee, ks.kim}@yonsei.ac.kr

A Study on the Cooperative Retransmission for the Common Situational Awareness on a Battlefield

Ko Byung Hoon Rhee Duho Kim Kwang Soon

Yonsei Univ.

요약

본 논문에서는 공동된 전장 상황 인식을 목표로 하는 전술 데이터 링크를 위한 협력 재전송 기법을 제안한다. 무선 채널 환경의 다이버시티 특성과 오버헤어링 특성을 이용하는 복합 재전송 기법과 협력 통신 기법을 결합한 협력 재전송 기법을 통하여 무선 자원을 효율적으로 사용하고 통신의 안정도를 증대시킨다. 마지막으로 실험을 통하여 제안하는 협력 재전송 기법을 이용하여 평균 지연 시간과 메시지 손실률에서 이득을 얻을 수 있음을 보인다.

I. 서론

미래의 전쟁은 전장에 대한 정보 우위를 기반으로 전쟁을 수행하는 네트워크 중심전으로 변화하고 있다. 전술 데이터 링크는 실시간 또는 근 실시간으로 전술 자료를 교환하여 전술 상황을 공유하기 위한 디지털 통신 체계로써 네트워크 중심전의 핵심이 되는 기술이다 [1]. 본 논문에서는 시분할 다중 접속 방식을 기반으로 하는 전술 데이터 링크를 위한 협력 재전송 기법을 제안한다. 기존 데이터 링크의 시분할 다중 접속 방식은 전용 접속 방식 사용과 노드 간 메시지 발생 빈도 차이에 따라 무선 자원이 비효율적으로 사용될 수 있는 단점을 가지고 있다. 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 무선 채널 환경의 다이버시티 특성과 오버헤어링 특성을 이용하는 복합 재전송 기법과 협력 통신 기법을 결합한 협력 재전송 기법을 제안하고자 한다.

[2]에서는 재전송 기법과 협력 통신을 결합하여 이용하는 것이 재전송 기법만을 이용하는 직접 전송 방식에 비하여 이득이 있다는 것을 보여준다. 또 한 [3]에서는 한 개의 소스 노드, 다수 개의 중계 노드, 그리고 한 개의 목적지 노드가 존재하는 상황에서 복합 재전송 기법과 협력 통신이 결합된 증분 중계 방식을 제안한다. 또 한 그것을 위한 부호화 방식과 중계 노드 선택 방식이 제안된다. [3]에서는 소스 노드의 정보를 복호한 중계 노드 중에서 목적지 노드와 거리가 가장 가까거나 채널 상태가 제일 좋은 중계 노드를 통한 협력 재전송 방법을 제안하였다. 하지만 여러 개의 소스 노드와 목적지 노드가 존재하는 전술 데이터 링크에서는 이러한 방법을 그대로 적용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 여러 개의 소스 노드, 목적지 노드가 존재하는 상황에서 복합 재전송 기법

과 협력 통신을 결합한 협력 재전송 방식을 제안하고 실험을 통하여 그 이득을 살펴본다.

II. 본론

1. 시스템 모형

본 논문에서는 무선 애드 혹 네트워크로 구성되는 하나의 클러스터를 고려한다. 클러스터 내의 모든 노드는 소스 노드, 중계 노드 그리고 목적지 노드로 동작하며 모든 노드의 정보를 공유하는 공통 상황 인식을 목표로 한다. 노드 사이의 채널은 레일리 블락 감쇄 채널로 가정하고 i 번째 노드에서 전송되는 블럭 $s_i[n]$ 이 j 번째 노드에서 수신되는 모형은 [3]에서와 같이 (1)과 같은 방식으로 표현한다.

$$y_{ji}[n] = h_{ji}[n] \left(\frac{d_{ji}[n]}{d_o} \right)^{-\mu} s_i[n] + z_j[n]. \quad (1)$$

(1)에서 $h_{ji}[n]$, $d_{ji}[n]$ 은 i 번째 노드와 j 번째 노드 사이의 감쇄 채널과 거리를 나타내고, $z_j[n]$ 은 열잡음, d_o 는 기준 거리, 그리고 μ 는 경로 계수이다.

각 노드에서 발생된 메시지는 M 개의 블럭으로 이루어진 하나의 부호어로 인코딩되고 매 슬롯 당 한 개의 블럭이 전송된다. 본 논문에서는 복잡도를 고려하여 M 개의 블럭이 동일한 형태인 반복 부호를 이용한다. 목적지 노드가 송신 노드의 블럭을 복호하지 못하는 경우 송신 노드는 제한된 지연 시간 내에서 같은 블럭을 재전송하고 목적지 노드

는 이전까지 수신된 모든 블록을 다이버시티 결합하여 복호한다. 본 논문에서는 [3]에서와 같이 블록 페이딩 환경에서의 성능 한계를 구하기 위하여 가우시안 부호어의 사용을 가정하고, 상호 정보량과 전송률에 의해서 복호화 여부를 결정한다.

2. 협력 재전송 기법

클러스터에 속한 K 개의 노드는 시분할 다중 접속 방식을 통하여 할당된 시간 슬롯 동안 제한된 지연 시간 이내에서 자신의 메시지를 재전송 한다. 만일 자신의 메시지가 제한된 지연 시간 이내에 다른 모든 노드에서 이미 복호된 경우에는 자신의 메시지를 재전송하거나 쉬는 대신, 복호에 성공한 다른 노드의 메시지를 중계함으로써 협력 통신을 통한 이득을 얻고 또한 전용 접속 방식으로 인한 무선 자원의 비효율적인 사용이 발생하지 않도록 한다. 단, 이 때 각 노드의 ACK/NACK 신호를 통하여 클러스터 내 노드들의 메시지 복호화 여부는 서로 모두 알 수 있다고 가정한다. 다른 노드의 메시지를 중계하게 되는 경우, 여러 개의 메시지 복호에 성공했다면 각 노드가 어떤 메시지를 중계할지 결정해야 한다. 본 논문에서는 위와 같은 경우 중계하고자 하는 노드와의 평균 채널 상태가 제일 좋은 노드가 아직 복호에 성공하지 못한 메시지를 중계하도록 한다. 이러한 까닭은 중계를 통한 메시지 수신의 성공률을 최대화하기 위함이다. 알고리즘의 성능 비교를 위하여 복호에 성공한 메시지 중 임의의 메시지를 선택하여 중계하는 랜덤 중계 방식을 또한 고려하였다.

3. 실험 결과

본 논문에서 수행한 실험 환경에는 반지름이 200m 인 원 모양의 클러스터 내에 모든 노드들이 균일하게 분포 되어 있다. 각 노드에서의 메시지 발생률은 포아송 분포를 따르고 전송률이 2.5, 제한된 지연 시간이 5 슬롯, 기준 거리는 100m, 그리고 경로 계수는 3 이다. 그림 1은 노드의 수가 10개 일 때 평균 지연 시간을 나타낸 것이다. 협력 통신을 하지 않은 직접 통신 보다 랜덤 중계 방식과 평균 채널 상태를 고려한 중계 방식을 사용할 때 평균 지연 시간이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 또한 랜덤 중계 방식 보다 채널 상태를 고려한 중계 방식을 사용할 때 평균 지연 시간이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 신호 대 잡음비가 높아질수록 성능의 차이가 줄어드는 까닭은 중계 노드의 도움 없이도 메시지 복호에 성공하는 경우가 늘어나기 때문이다.

그림 2는 노드의 수가 7과 10일 때 송신 전력에 따른 메시지 손실률을 나타내고 있다. 협력 통신을 하는 경우 그렇지 않은 경우 보다 메시지 손실률에서 이득이 생기는 것을 확인할 수 있다. 또한 랜덤 중계 방식 보다 채널 상태를 고려한 중계 방식을 사용할 때 메시지 손실률이 낮아지는 것을 알 수 있다. 직접 통신의 경우 노드 수에 상관없이 동일한 메시지 손실률이 나타나지만, 협력 통신의 경우에는 노드 수가 증가할수록 공간 다이버시티 이득을 더 크게 얻음으로써 메시지 손실률이 낮아지는 것을 알 수 있다.

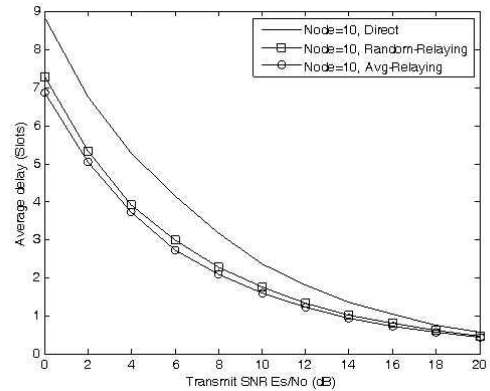


그림 1 송신 전력에 따른 평균 지연 시간

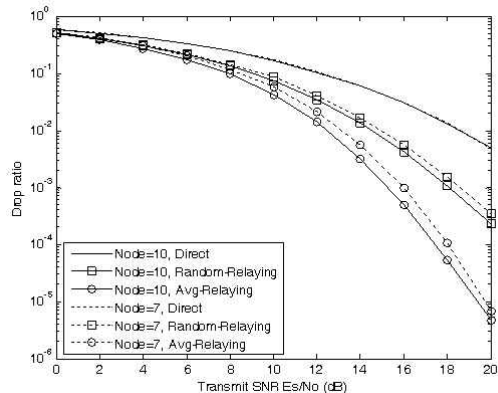


그림 2 송신 전력에 따른 메시지 손실률

III. 결론

본 논문에서는 여러 개의 소스 단말과 목적지 단말이 존재할 때 노드 간 평균 채널을 고려한 협력 재전송을 통하여 평균 지연 시간과 메시지 손실률에서 이득이 있음을 확인하였다. 향후 협력 재전송을 이용하였을 때와 직접 통신을 하였을 때의 총 에너지 소비량에 관한 결과 등 공정 비교에 관한 연구가 앞으로 더욱 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (IITA-2009-C1090-0902-0003)

참고 문헌

- [1] 김한동, 최태봉, "전송데이터링크 기술 표준화 동향," 정보와 통신, 10호, pp. 7-14, 2007년 10월.
- [2] X. Dianati et al., "A node-cooperative ARQ scheme for wireless and hoc networks," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 55, pp.1032-1044, May 2006.
- [3] B. Zhao, and M. C. Valenti, "Practical relay networks: A generalization of hybrid-ARQ," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 23, pp.7-18, Jan 2005..