

무선 센서 네트워크에서 신뢰성 향상을 위한 링크 품질 기반의 협업 MAC 프로토콜

정광현⁰, 정광수
 광운대학교 전자통신공학과
 ckhyun@cclab.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

Link Quality based Cooperative MAC Protocol for Improving Reliability in Wireless Sensor Networks

Kwanghyun Chung⁰, Kwangsue Chung
 School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

1. 서론

무선 통신 환경에서는 다중경로 전송에 의한 신호 감쇄, 채널 에러에 의한 패킷 손실 등이 자주 발생하여 신뢰성이 요구되는 응용의 경우 심각한 성능 저하를 가져오게 된다. 이를 해결하기 위해 애드 혹 및 센서 네트워크에서는 공간적 다이버시티를 제공하여 처리량을 향상시킨 협업 MAC 프로토콜들이 제안되었다 [1]. 하지만 기존 연구들은 주로 Multi-rate가 요구되는 네트워크 환경에서의 기법으로 무선 센서 네트워크에는 적합하지 않다. 또한 기존 연구의 릴레이 노드 선출 방법은 랜덤하게 이루어지기 때문에 불안정한 링크 품질을 가지는 무선 통신 환경에 적합하지 않다 [2].

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 신뢰성 향상을 위해 링크 품질 기반의 협업 MAC 프로토콜인 LQ-CoMAC (Link Quality based Cooperative MAC)을 제안하였다. LQ-CoMAC은 특정 임계값 이상의 링크 품질 값을 가지는 릴레이 노드를 선출하여 협업 통신을 함으로써 무선 센서 네트워크에서 높은 신뢰성을 보장하였다. 실험을 통해 LQ-CoMAC이 기존 협업 MAC 프로토콜보다 높은 신뢰성을 유지함을 보였다.

2. 본론

LQ-CoMAC (Link Quality based Cooperative MAC) 프로토콜에서는 효율적인 협업 통신을 위해 미리 정의된 임계값 이상의 링크 품질을 가지는 노드를 릴레이 노드로 선출한다. 각 노드의 링크 품질은 RTS (Request To Send)와 CTS (Clear To Send) 교환을 통해 측정된 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 값을 기반으로 한다. 일반적으로 RSSI 값이 특정 값을 넘어가게 되면 높은 PRR (Packet Reception Ratio)을 유지한다. 하지만 특정 값 이하로 떨어지게 되면 PRR이 불규칙하게 나타나게 되어 데이터 전송의 신뢰성을 보장할 수 없다 [3]. 소스 노드에서 전송할 데이터가 있을 경우 소스 노드와 목적지 노드는 RTS, CTS를 교환한다. 이 때 RTS와 CTS를 Overhearing한 이웃 노드들은 자신과 소스 노드, 자신과 목적지 노드 간 링크 품질, 즉 2개의 RSSI 값을 얻게 된다. 그 후 각 노드는 2개의 RSSI 값 중 작은 값을 자신의 최종 RSSI 값으로 선택한다. 여기서 큰 RSSI 값을 최종 RSSI 값으로 선택할 경우 만약 그 노드의 작은 RSSI 값이 $RSSI_T$ 값보다 작게 되면 높은 PRR을 보장할 수 없다. 여기서 $RSSI_T$ 는 RSSI 임계값을 나타낸다.

각 노드는 자신의 최종 RSSI 값이 정해지면 미리 정의된 $RSSI_T$ 와 비교하여 릴레이 노드 후보로서의 자격을 검증한다. 만약 $RSSI_T$ 보다 최종 RSSI 값이 작다면 링크 품질이 좋지 않다고 판단하여 릴레이 노드 후보로서의 자격이 없어지고, $RSSI_T$ 보다 최종 RSSI 값이 크거나 같으면 링크 품질이 좋다고 판단하여 릴레이 노드 후보로서의 자격이 주어진다.

LQ-CoMAC에서는 여러 개의 노드에 후보 자격이 주어질 수 있기 때문에 하나의 최종 릴레이 노드를 선출하는 방법이 필요하다. 이를 위해 식 (1)과 같이 링크 품질 값에 따라 백오프 시간을 달리함으로써 후보 노드 중 가장 좋은 링크 품질을 가진 노드가 가장 짧은 백오프 시간을 갖도록 하였다.

$$Backoff_X = \frac{\alpha}{(RSSI_T - RSSI_X)^2} \quad (1)$$

여기서 $Backoff_X$ 는 X 노드의 백오프 시간을 의미하고 $RSSI_X$ 는 X 노드의 최종 RSSI 값을 나타낸다. 또한, α 는 링크 품질값 $(RSSI_T - RSSI_X)^2$ 을 시간 단위로 변환시키기 위한 상수 값을 의미한다. 가장 좋은 링크 품질을 갖고 있는 노드는 가장 짧은 백오프 시간을 갖게 되어 릴레이 노드로 선택될 가능성이 높아진다.

백오프 시간이 설정된 릴레이 후보 노드들은 백오프 시간 동안 기다리고 만료되는 즉시 P (Possible-to-cooperative) 메시지를 전송한다. 릴레이 후보 노드들은 백오프 후, 채널이 사용 중이라고 판단되면 다른 릴레이 후보 노드가 자신보다 좋은 링크 품질을 가졌다고 판단하여 릴레이 노드로서의 역할을 하지 않게 된다. 그리고 P 메시지를 수신한 소스 노드는 데이터 패킷의 목적지 주소에 릴레이 노드의 주소도 함께 포함하여 해당 노드를 릴레이 노드로 선정한다. 그림 1은 릴레이 노드 선출 과정을 순서도로 나타낸 것이다. 각 이웃 노드들은 RTS와 CTS 메시지의 Overhearing을 통해 양방향의 RSSI 값을 측정했다고 가정하였다.

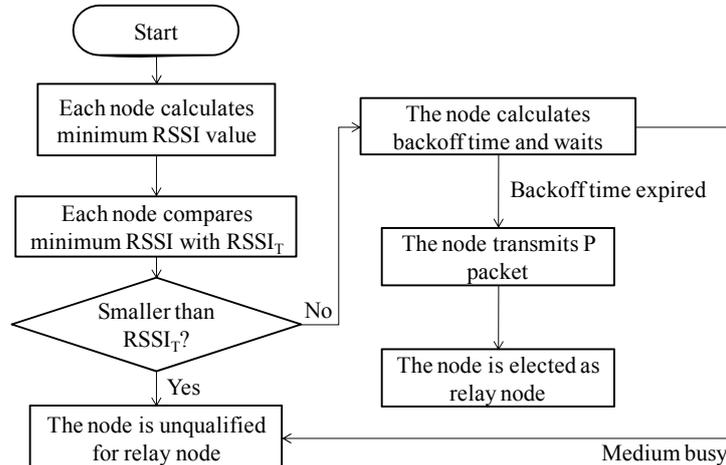


그림 1. 릴레이 노드 선출과정의 순서도

RTS와 CTS 교환 후, 릴레이 노드 선출 과정이 끝나게 되면 소스 노드는 목적지 노드로 데이터를 전송한다. 이 때 데이터의 목적지 주소에 릴레이 노드의 주소도 포함되어 해당 릴레이 노드는 이를 수신하여 캐싱한다. 소스 노드의 전송이 완료되면 릴레이 노드도 캐싱한 데이터를 목적지 노드로 전송하여 데이터 전송의 신뢰성을 향상시킨다. 그 후 목적지 노드는 ACK (Acknowledgement)를 전송함으로써 성공적인 데이터 수신을 알린다. 만약 릴레이 노드 선출과정에서 모든 이웃 노드의 링크 품질이 $RSSI_T$ 를 넘지 못해 어떠한 노드도 릴레이 노드로 선택되지 않았다면 데이터 전송 시 소스 노드가 릴레이 노드로서의 역할을 하여 데이터를 2회 전송한다. 이러한 데이터 전송 과정을 통해 LQ-CoMAC에서는 높은 신뢰성을 유지한다.

3. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 데이터 전송의 신뢰성을 향상시키기 LQ-CoMAC 프로토콜을 제안하였다. LQ-CoMAC은 링크 품질에 따라 릴레이 노드를 선출하여 협업 통신을 함으로써 공간적 다이버시티를 제공하였다. 실험을 통해 제안한 LQ-CoMAC 프로토콜이 기존 협업 MAC 프로토콜에 비해 높은 패킷 수신율을 유지하여 데이터 전송의 신뢰성을 보장하였다.

향후 릴레이 노드 선출로 인한 오버헤드를 완화시킬 수 있는 기법과 더 확장된 토폴로지에서 제안한 기법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 링크 품질에 따라 유동적으로 임계값을 조절할 수 있는 기법도 연구하고자 한다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다 [2008-S-041-01, u-City용 센서네트워크 PHY/MAC 개발]. 연구비 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] H. Zhu and G. Cao, "rDCF: A Relay-Enabled Medium Access Control Protocol for Wireless Ad Hoc Networks," *In Proceedings of the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, vol. 1, pp. 12-22, March 2005.
- [2] B. Mainaud, V. Gauthier, and H. Afifi, "Cooperative Communication for Wireless Sensors Networks: A MAC Protocol Solution," *In Proceedings of the 1st IFIP Wireless Days Conference*, pp. 1-5, November 2008.
- [3] K. Srinivasan and P. Levis, "RSSI is Under Appreciated," *In Proceedings of the 3rd Workshop on Embedded Networked Sensors*, pp. 1-5, May 2006.