국경감시망에서의 협력적 데이터 포워딩 방법

오세민*, 김동완*, 안순신*, Noureddine Boudriga**
*고려대학교 전기전자전파공학과
**카르타고 대학교 통신공학과
e-mail : smoh@dsys.korea.ac.kr

Cooperative Data Forwarding in Border Surveillance Networks

Se-Min Oh*, Dong-Wan Kim*, Sun-Shin An*, Noureddine Boudriga**
*Dept. of Electronics and Engineering, Korea University
**Communication Networks and Security research Lab, University of Carthage, Tunisia

요 약

Wireless Sensor Networks(WSN)기반의 Border Surveillance Networks(BSN)는 다양한 제한조건을 동반하며 침입 혹은 환경 등을 감시함을 목적으로 하고 있기 때문에 이벤트 발생시 신뢰적인 데이터 전송은 매우 중요한 부분을 차지하게 된다. 본 논문에서 적용한 대표적인 요구기반 라우팅 방법인 Ad hoc On-demand Distance Vector Routing(AODV)는 BSN 에 적용하였을 경우 홉 수(Hop Count)를 메트릭으로 최적의 경로를 계산하고 선택하여 Uni-Path 로 데이터를 전송하게 된다. 이때 AODV 는 Uni-path 로 데이터 전송을 진행하게 되며 링크의 단절이 빈번히 발생하는 BSN 의 환경적 요인으로 데이터 전송의 신뢰성이 감소하게 될 것이며 이는 비효과적인 데이터 전송을 야기하게 된다. 따라서 본 논문에서는 Multi-path 개념을 도입하여 데이터 전송 시 링크단절에 의해 발생하는 시간의 지연을 줄이고 더욱 신뢰성 있게 데이터를 전송할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 송,수신하는 두 노드의 전송범위에 공통으로 속한 노드들이 전송되는 데이터를 중복 전송하게 된다. 그리하여 링크의 단절이 일어날 경우 발생하는 경로 재 탐색 및 경로복구의 발생 빈도를 줄이고 동시에 데이터 전송률을 증가시켜 신뢰적인 데이터 전송을 하게 된다.

1. 서론

BSN 은 단순한 의사소통의 수단으로서의 기존 네트워크들과는 다르게 환경이나 사물에 대한 정보 수집 및 추적을 목적으로 한다. 이러한 목적을 가지고 많은 수의 저렴한 센서노드들은 특정 시나리오를 통해 해당지역에 임의적으로 뿌려지게 되며 이렇게 뿌려진 센서노드들은 주변을 센싱하고 센싱한 데이터를 모아서 Network Command Center(NCC)로 전송하게 되는 구조를 갖는다. 또한 WSN 기반의 네트워크는 각 노드들이 네트워크를 설립, 유지, 보수하기 위하여 서로의 1-홉지역의 정보를 교환하고 이를 이용하여 이용자에게 신뢰성 있는 서비스를 제공하게 되며 자주 급변화 하는 환경, 제한된 자원, 어플리케이션의 요구사항등과 같은 다양한 제약조건을 동반하게 된다.

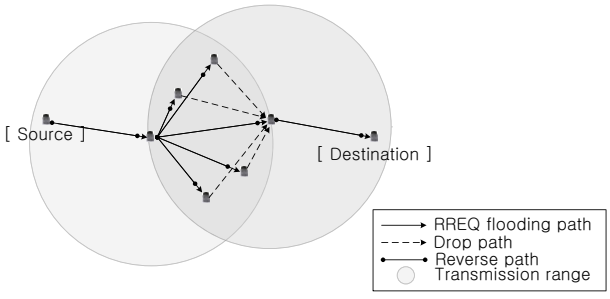
이처럼 다양한 제약조건 중 사람의 직접접근이 용이하지 못하는 지리적 특성, 자주 급변화하는 환경적 요소, 센서노드의 한정된 배터리, 데이터 전송의 높은 실패율과 적은 대역폭을 갖는 무선 인터페이스의 성질로 인하여 환경이나 사물에 대한 정보 수집 및 추적을 목적으로 하는 BSN 에서는 효과적이며 신뢰성 높은 데이터 전송방법을 필요로 한다.

본 논문에서는 요구기반방식의 라우팅 프로토콜 중 가장 대표적으로 알려져 있으며 본 논문과 연관성 있는 AODV 에 대하여 간단히 살펴보고 AODV 를 확장한 새로운 방식의 Cooperative Data Forwarding 방법을 제안한다.

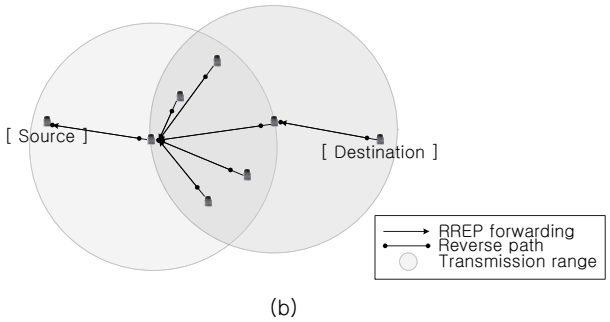
2. 관련연구

2.1 AODV

AODV 는 이미 잘 알려진 요구기반방식의 라우팅 방법으로써 소스노드는 데이터의 전송이 필요한 경우 목적지노드까지의 경로를 찾고 홉 수를 기반으로 최소 홉 수를 갖는 경로를 선택하여 Uni-path 로 보내게 되는 라우팅 방법이다. 이 과정에서 소스노드가 목적지노드까지의 경로를 찾는 과정을 경로탐색이라 한다.



(a)



(b)

[그림1] AODV Route Discovery

[그림 1]은 경로탐색의 전체과정이다. (a)는 RREQ 플러딩 과정, (b)는 RREP 포워딩 과정을 나타낸다. AODV 는 RREQ 플러딩 과정에서 다양한 메커니즘을 사용하며 이를 위하여 Originating Sequence Number, Destination Sequence Number 라는 두 종류의 Sequence 를 사용한다. Originate Sequence Number 는 RREQ 를 수신한 노드가 역 경로를 등록하는데 사용하게 되며 Destination Sequence Number 는 RREP 를 생성하기 위하여 사용된다. 이렇게 RREQ 에 사용되는 Sequence Number 는 경로의 loop 발생을 미연에 방지함과 동시에 Sequence Number 가 높을수록 최신의 네트워크 정보임을 의미한다. 또한 AODV 에서는 RREQ 플러딩을 진행할 때 홉 수를 증가시키게 되며 홉 수는 경로탐색과정이 끝난 후 최적의 경로를 찾기 위한 라우팅 메트릭으로 사용하게 된다. 위와 같은 경로탐색과정을 끝내면 최적의 경로를 선택하고 전송할 데이터를 Uni-path 를 통하여 전송하게 된다.

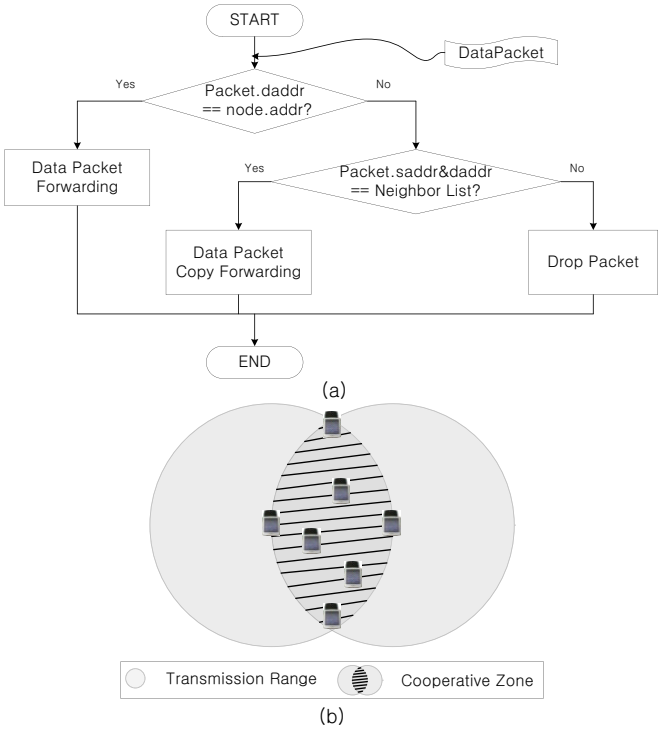
이러한 AODV 는 데이터 패킷을 전송하는 중에 노드의 이동이나 환경의 변화로 인하여 링크의 단절이 발생할 경우 링크단절을 발견한 중간노드가 경로 재탐색 및 경로복구과정을 진행하여 목적지노드까지의 경로를 유지 및 보수하게 되고 그 후 데이터 전송을 계속하게 된다.

3. 제안방법

3.1 Data Packet Copy Forwarding

기존 AODV 에서 경로탐색과정을 끝내면 해당 경로의 노드를 제외한 주변의 노드들은 데이터 패킷을 폐기하게 된다. 본 논문에서 제안하는 방법은 각각의 노드들이 이웃 테이블을 유지하고 이용하며 데이터 패킷을 받을 수 있는 모든 노드는 송,수신하고 있는 두 노드가 자신의 이웃인지를 확인 후 데이터 패킷을 복제 전송하게 된다. 이렇게 복제 전송하는 노드는 송,수신하는 두 노드의 전송범위에 속하게 되며 데이터 패킷을 복제 전송하므로 수신노드의 데이터 패킷 수신 확률을 증가시키게 된다.

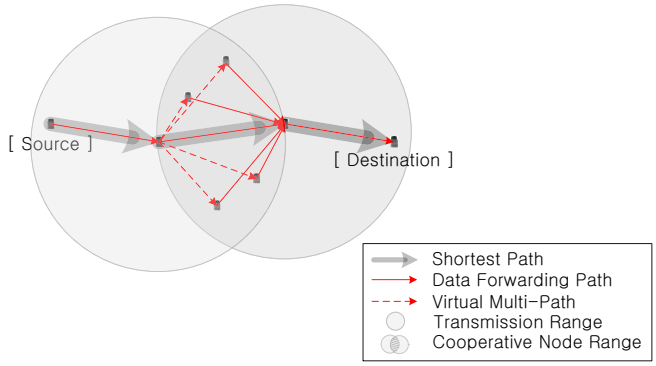
[그림 2]의 (a)는 데이터 패킷을 수신하였을 경우 수신노드에서 데이터 패킷을 처리하는 과정을 순서도를 이용하여 도식하였으며 [그림 2]의 (b)는 데이터 패킷을 수신하여 복제 전송하는 노드가 존재하는 지역을 표시한 그림이다.



[그림 2]

3.2 Cooperative Data Forwarding

경로설정과정이 끝난 후 소스노드는 기존 AODV 와 같이 홉 수를 메트릭으로 하여 최적의 경로로 데이터를 전송한다. 이렇게 데이터 패킷을 전송하는 과정에서 [그림 2]의 (b) 지역에 분포된 노드 역시 데이터 패킷을 복제하여 추가적으로 송신하게 되므로 최적의 경로에 단절이 되었을 경우 경로 재 탐색 및 경로복구 과정의 발생을 예방함과 동시에 목적지노드로의 데이터 패킷 전송에 대한 신뢰성을 향상 할 수 있게 된다.



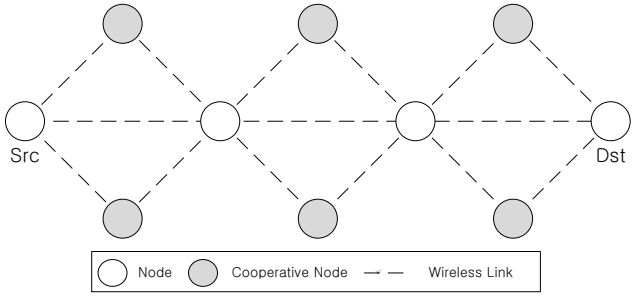
[그림3] Cooperative Data Forwarding

[그림 3]는 제안하는 방법을 이용할 경우의 데이터 포워딩 과정을 나타낸다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 데이터 전송방법과 제안하는 데이터 전송방법을 비교 분석하기 위해 C++을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다.

총 10 개의 노드를 배치하여 사용하였으며 소스노드로부터 목적지노드까지 지속적으로 데이터를 포워딩 하였다. 또한 모든 노드의 txPower 와 rxThreshold 를 고정으로 하고 전송에 따른 잡음을 랜덤으로 생성하여 자주 변화하는 불안정한 링크를 표현하였다.

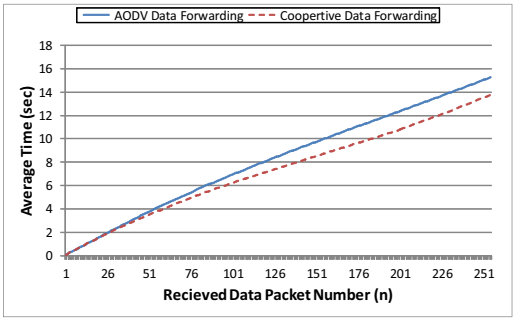


[그림4] Simulation Topology

[그림 4]는 시뮬레이션 환경의 노드 토폴로지를 나타낸다.

먼저 1-홉의 데이터를 전송하는데 소비되는 시간을 0.01sec, 링크의 단절이 감지되었을 경우 경로 재 탐색과정에서 소비되는 시간과 데이터 패킷 재전송의 시간소비를 최소 홉에 따른 시간소비로 가정하였다.

본 시뮬레이션에서는 데이터 패킷의 전송이 완료되었을 경우마다 해당 시간을 측정하고 이를 100 번 반복하여 평균 데이터를 도출 하였다. 데이터 패킷의 전송이 완료되었을 경우마다 해당 시간의 측정은 특정 한 환경에 대한 데이터 패킷 전송률을 나타내므로 이를 일반화 하기 위하여 100 회 반복 후 평균값을 도출하여 일반화 시켰다.



[그림 5] 목적지 노드에서 수신하는 데이터 패킷 수에 따른 평균시간

[그림 5]는 목적지노드에서 데이터 패킷을 수신하였을 경우에 대한 평균 시간을 나타낸다. 시뮬레이션 결과를 보면 동일한 수의 데이터 패킷을 전송하였다고 가정하고 목적지노드가 모든 패킷을 수신하였을 때 평균 시간이 줄어들었음을 확인 할 수 있다. 역으로 동일한 시간을 가정하고 전송하였을 경우 목적지 노드가 더 많은 양의 패킷을 수신하게 됨을 확인 할 수 있으며 이는 데이터 전송의 신뢰성이 향상됨을 나타낸다.

5. 결론

본 논문에서는 자주 변화하는 환경적 요인으로 불안정한 링크를 갖는 BSN 에서 주변 노드들의 협업으로 데이터 패킷 전송의 신뢰성을 향상시키는 방법을 제안했다. C++을 통한 컴퓨터 시뮬레이션으로 기존의 방식과 비교하였으며 결과의 분석을 통해 미미하지만 신뢰성이 향상됨을 확인 할 수 있었다.

앞으로는 제안하는 방법을 사용할 경우 발생하는 중복 패킷의 수를 제어하는 알고리즘을 연구하여 주변 노드들의 파워 소비를 제한하고 최종적으로 데이터 포워딩을 하는데 있어서 신뢰성을 증가시킴과 동시에 전체 노드의 파워소비를 줄일 수 있는 방법에 대해 연구하고 직접 구현을 해볼 계획이다.

Acknowledgement

이 논문은 2014 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2012K1A3A1A09020959).

참고문헌

[1] I. F. Akyildiz, W. su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, “Wireless sensor networks:a survey” Computer Networks, vol.38, no.4, pp.393-422, Mar.2002.

[2] N. Baccour, A. Koubaa, L. Mottola, M. N. Zuniga, H. Youssef, C. A. Boano, M. Alves, “Radio Link Quality Estimation in Wireless Sensor Networks : A Survey” ACM Transections on Sensor Networks, vol. 8,No. 4, Article 34, September 2012.

[3] C. E. Perkins, E. M. Royal, “Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing ” In Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA), 1999

[4] C. E. Perkins, E. Belding-Royal, S. R. Das Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing. http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt, July 2003. RFC3561

[5] M. K. Marina, S. R. Das “Ad hoc on-demand multipath distance vector routing” Wireless Communication And Mobile Computing , 2006

[6] M. Radi, B. Dezfouli, K. A. Bakar, M. Lee “Multipath Routing in Wireless Sensor Nerworks: Survey and Reasearch Challenges” Sensors 2012, 12, 650-685; doi:10.3390/s120100650