

재전송 노드의 선택에 의한 효율적인 Flooding 알고리즘

최승준*, 유상조*

*인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망 연구실

e-mail : joon0819@korea.com

An Efficient Flooding Algorithm with Selection of Retransmission Nodes

Seung-Joon Choi*, Sang-Jo Yoo*

*The Graduate School of Information Technology and Telecommunications, Inha Univ

요 약

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크에서 패킷 flooding 에 의해 발생하게 되는 broadcast storm problem [1]을 해결하기 위한 크로스 레이어 기반의 flooding 기법을 제안한다. 제안된 flooding 기법은 크로스 레이어 프로토콜을 기반으로 하여 물리계층과 MAC (Medium Access Control) 계층에서 이웃 노드들에 대한 정보를 수집하고, 이를 이용하여 효율적인 재전송 노드의 수를 결정한다. 모의 실험을 통한 성능평가에서는 전체 네트워크 노드에 대한 수신 비율이 simple flooding 에 근접하며, 전송 비율 및 평균중복패킷 수에서도 좋은 성능을 보임으로서 broadcast storm problem 을 해결할 수 있다.

1. 서론

무선 센서 네트워크와 같은 ad-hoc 네트워크에서는 기본적으로 패킷 전송을 위해 flooding 기법을 사용하며 네트워크 내의 모든 노드들에게 라우팅 정보와 같은 특정 정보를 전달해야 하는 경우가 종종 발생하게 된다. 이때, 가장 간단하게 사용되는 flooding 기법이 simple flooding 이며 이 기법은 노드가 처음 수신한 패킷에 대해서 자신의 전파 반경 내에 있는 모든 이웃 노드들에게 패킷을 전송하고 중복 패킷을 수신했을 경우 해당 패킷을 단순히 폐기한다. 이와 같은 동작방식에 의해 네트워크상의 모든 노드들에게 패킷을 전달할 수 있는 가장 확실한 방법이라고 할 수 있으나, 모든 노드들이 수신 패킷에 대한 재전송을 시도하기 때문에 중복패킷, 노드간 전송을 위한 경쟁과 패킷 충돌 등에 의한 불필요한 에너지의 낭비를 초래한다.

본 논문에서는 이와 같은 broadcast storm problem 을 해결할 뿐만 아니라 센서 네트워크와 같은 무선 통신 환경에서 크로스 레이어 프로토콜 기반의 효율적인 flooding 기법인 FASRN (Flooding Algorithm with Selection of Retransmission Nodes)을 제안한다. FASRN 의 동작방식은 크로스 레이어 구조에 의해서 물리계층에서의 신호 강도와 MAC 계층에서의 전파반경 내의 이웃 노드 정보를 이용한 수신 패킷에 대한 재전송 노드를 결정하여 전체 네트워크 노드 중 일부만이 수신 패킷을 재전송하도록 한다.

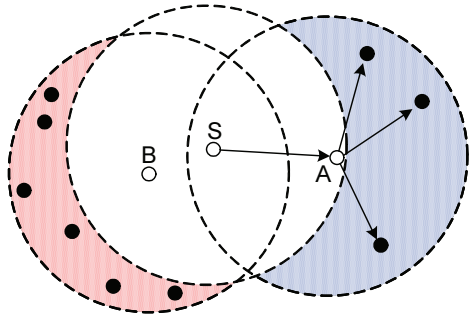
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 flooding

기법들과 관련된 연구들에 대해서 논의하고, 3 장에서는 FASRN 의 동작방식 대해서 설명하며 4 장에서는 모의 실험 결과에 따른 FASRN 의 성능에 대해서 논의한다. 마지막으로 5 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 Distance based flooding

패킷을 전송하고자 하는 노드는 자신과 자신의 전파 반경 내에 있는 모든 노드들과의 거리를 계산한다. 계산된 거리에 의해서 해당 노드가 패킷을 재전송 했을 때의 전송 영역이 미리 결정된 특정 값보다 크다고 판단되면 재전송 동작을 수행한다. 그러나 이 기법은 단순히 새로 전달되는 전송 영역의 크기만을 고려했을 뿐이며, 실제 새로운 전송 영역 내에 패킷을 수신하지 못한 노드들이 많이 존재한다는 것을 보장하지는 못하며 [2] 그림 1 에서 이와 같은 상황을 보여준다. 즉 노드 A 가 기준을 만족시켜 재전송 노드가 되었을 때 패킷을 수신하는 노드 수보다 노드 B 가 재전송 노드가 되는 것이 더 많은 노드에게 패킷을 전달 할 수 있다.



(그림 1) Distance based flooding 의 문제점

2.2 Counter based flooding

처음 패킷을 수신한 노드는 미리 결정된 시간 길이 동안 대기하며, 그 시간 동안 수신한 패킷에 대한 중복 패킷을 기대한다. 미리 결정된 n 개 만큼의 중복 패킷을 수신하지 못하면 해당 노드는 자신의 전송 영역 내에 패킷을 수신하지 못한 노드가 있는 것으로 간주하고 수신 패킷을 재전송한다. 그러나 이와 같은 동작 방식은 [1]에서 논의된 것과 같이 네트워크 상의 모든 노드에게 패킷이 전달된다는 것을 보장하지 못하며 4 개 이상의 중복 패킷을 수신한 후 재전송 했을 때 커버하게 되는 전송 영역은 이미 다른 노드들에 의해서 커버된 영역을 제외하면 노드 전파 반경의 0.05% 이하이다.

3. FASRN 알고리즘

3.1 알고리즘을 위한 가정

본 논문에서 제안한 FASRN 은 다음과 같은 네트워크 환경에 대한 가정을 가지고 동작한다.

- (1) FASRN 은 homogeneous wireless sensor network 을 대상으로 한다.
- (2) 모든 네트워크 노드는 MAC 계층의 주기적인 ‘Hello’ 메시지를 이용해 자신의 전송 영역 내에 있는 이웃 노드들의 식별 정보를 수집한다.
- (3) 모든 노드는 물리계층에서의 신호강도 (RSS: Received Signal Strength) 정보를 얻어 자신과 이웃 노드 사이의 거리를 측정하며 이를 관리하는 테이블을 가지고 있다.
- (4) 모든 네트워크 노드의 분포는 uniform random distribution 이다.
- (5) 네트워크 노드의 이동성에 대해서는 고려하지 않는다.

3.2 알고리즘 프로세스

FASRN 은 다음과 같은 방법으로 재전송 노드 (RN: Retransmission Node)를 선택한다.

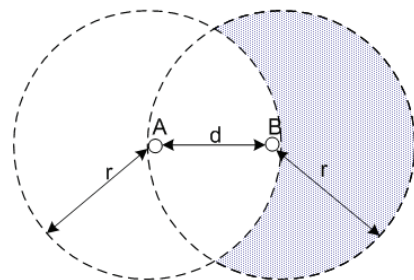
- (1) 패킷을 전송하고자 하는 노드는 전송할 패킷이 있음을 자신의 전송 영역 내에 있는 이웃 노드들에게 Data Transmission Indication (DTI) 메시지를 전송하여 알린다. DTI 메시지에는 전송하고자 하는 패킷의 순서 번호와 자신의 이웃 노드들의 식별자 리스트를 보고해야 하는 이웃 노드에 대한 RSS 기준 정보가 포함된다.

- (3) RSS 기준에 부합되는 노드들은 자신의 이웃 노드들의 식별자 리스트를 Data Transmission Indication Response (DTIR) 메시지에 포함하여 unicast 방식으로 응답한다. 본 논문에서는 DTI 메시지에 대해서 DTIR 로 응답하는 노드를 Retransmission Candidate Nodes (RCN)이라 정의하고 RCN 중에서 RN 을 선정한다.
- (4) RCN 들의 이웃 노드 식별자 리스트를 수신한 최초 전송 노드는 이웃 노드 리스트들을 비교하여 자신과 겹치지 않는 이웃 노드를 가장 많이 가진, 이웃 노드를 첫 번째 RN 으로 선정한다.
- (5) 선정된 RN 의 이웃 노드들과 또 다른 이웃 노드들의 이웃 노드 리스트를 비교하여 두 번째 RN 을 선정하고 이 과정을 미리 결정된 RN 의 수(k)가 될 때까지 반복한다.
- (6) k 만큼의 RN 을 선정 후 전송 패킷에 RN 들의 식별자를 포함하여 자신의 전송 영역 내에 패킷을 전송하며, 패킷을 수신한 노드는 자신이 RN 인 경우에만 (1)의 과정부터 반복하여 재전송을 시도한다.

FASRN 은 reactive 방식으로 전송할 패킷이 있는 경우에만 위와 같은 과정을 거쳐 패킷 전송을 시도한다. 여기에서 제기되는 문제는 RSS 의 기준과 몇 개의 RN 을 선택할 것인가 이다.

전송 노드가 패킷 전송 이후 RN 의 재전송에 의해 추가적으로 커버되는 영역은 전송 노드 대비 최대 61%이며 평균 41% 이고 이는 수식 (1)에 의해서 구해질 수 있다 [1]. 그림 2 는 최대 추가 전송 영역을 갖는 경우를 보영준다.

$$\pi r^2 - 4 \times \int_0^r \sqrt{r^2 - x^2} dx \tag{1}$$



(그림 2) 최대 추가 전송 영역

RSS 를 통해 두 노드 사이의 거리를 알 수 있다면 패킷을 수신한 노드가 재전송을 시도 했을 때 추가 전송 영역의 크기를 알 수 있다. 본 논문에서는 이를 이용하여 전송 영역이 이전 전송 노드 대비 41% 이상인 노드를 RCN 으로 정의하고 이에 부합되는 노드들만 DTIR 메시지를 전송하도록 한다.

위와 같은 과정을 거쳐 RCN 이 결정되었을 때 발생하는 또 다른 문제는 RCN 으로 선정된 이웃 노드의 수가 미리 결정된 k 보다 작거나 RCN 이 없는 경우이다. 이와 같은 경우에 대해서는 다음과 같은 처리를 하며 $RCNs$ 는 RCN 으로 선정된 이웃 노드의 수이고 Ns 는 RCN 에 속하지 않는 이웃 노드의 수를 의

미한다.

(1) $RCNs < k$

- A. $RCNs=0$ 인 경우에 RN 의 선정
 - i. $Ns=0$, 패킷 전송을 포기
 - ii. $Ns \leq k$, simple flooding 으로 패킷 전송
 - iii. $Ns > k$, 가장 멀리 있는 노드부터 k 의 수에 맞춰 RN 으로 선정
- B. $0 < RCNs < k$, RCN 은 모두 RN 이 되며,
 - i. $k - RCNs \geq Ns$, A-ii와 동일
 - ii. $k - RCNs < Ns$, A-iii과 동일

(2) $RCNs=k$, RCN 은 모두 RN 이 된다.

위의 과정에서 simple flooding 을 하는 경우는 이웃 노드 및 RCN 수의 합이 k 와 같거나 작은 경우로서 이때는 또 다른 방법으로 RN 을 선정하기 보다는 simple flooding 을 사용하는 것이 소비되는 에너지와 시간 지연 측면에서 효율적이다.

모든 네트워크 상황에서 가장 효율적인 재전송 노드의 수를 구하는 문제는 NP-Complete 라는 것이 [3] 에서 증명되었다. 따라서 k 의 결정은 가장 좋은 효율에 근접하는 k 를 찾는 것이 최선의 방법이며 이를 위해 본 논문에서는 FASRN 에서 최적의 효율을 보이는 k 를 모의 실험을 통해 결정한다.

4. 모의 실험

모의 실험을 위한 네트워크 환경 파라미터는 표 1 과 같다.

<표 1> 모의실험을 위한 네트워크 환경 파라미터

Simulation Parameters	Value
NS2 [4] version	2.30
Number of Nodes	250-400
Simulation Area	1000x1000
Transmission Range of node	50
Trial Number	10

또한 성능비교를 위해 사용된 비교 모델은 simple flooding 과 Multipoint Relaying flooding (MPR) [3] 기법이다. MPR 의 경우는 hello 메시지를 통해 2-hop 에 속하는 모든 노드의 식별 정보를 수집하고 1-hop 에 속하는 노드 중 2-hop 의 이웃 노드를 자신의 이웃 노드에 포함하는 노드를 재전송 노드로 선정하여 패킷을 재전송하는 동작방식을 갖는다.

성능 평가를 위한 기준은 전체 네트워크 노드의 수 대비 패킷 수신비율, 전송비율, 평균 중복패킷의 수이다. 수신비율의 경우 전체 네트워크 노드 중 몇 개의 노드가 패킷을 수신했는가를 나타내는 것으로서 알고리즘의 성능뿐만 아니라 신뢰도에도 영향을 미치는 요소라고 할 수 있으며 simple flooding 의 경우 수신비율에서는 최상의 경우이기 때문에 simple flooding 의 성능에 근접할수록 좋은 성능을 가졌다고 할 수 있다. 전송비율의 경우 전체 네트워크 노드 중 패킷의 재전송을 시도한 노드의 비율이며 평균 중복패킷의 수와 같이 낮은 값일수록 알고리즘이 좋은 성능을 가졌다고 할 수 있다. 또한 본 논문에서 제시된 모든 실험

결과는 10 회 반복 실험에 대한 평균이다.

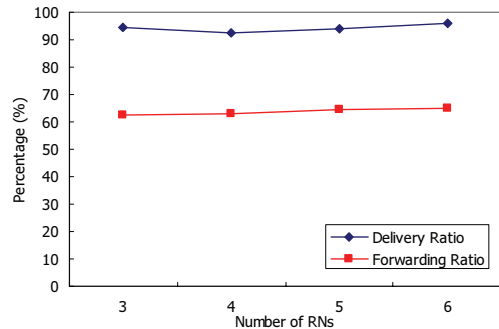
모의 실험을 통해 FASRN 에서의 가장 효율이 좋은 k 를 찾기 위해서는 k 의 값을 변경해가면서 실험을 해야 한다. 여기에서 발생하는 문제는 k 의 범위를 어떻게 결정할 수 있는가 이며 본 논문에서는 250 에서 400 개까지의 각 노드 개수의 경우에 평균 RCN 의 수를 시작 값으로, 평균 이웃 노드의 수를 k 의 끝 값으로 결정했다. 즉 평균 RCN 의 수는 평균적으로 노드가 가질 수 있는 최소의 RCN 이며 평균 이웃 노드의 수는 노드가 가질 수 있는 최대 RCN 의 수이기 때문이다. 표 2 는 모의실험을 통해 얻어진, 노드 수에 따른 평균 RCN 과 이웃노드의 수를 보여준다.

<표 2> 평균 RCN 과 이웃노드의 수

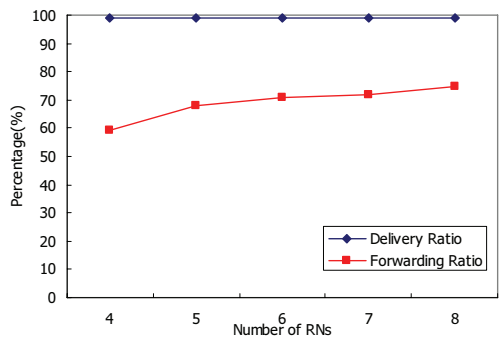
	250	300	350	400
RCN	3	4	5	6
Neighbor	6	8	9	11

4.1 FARNs 에서의 최적 k

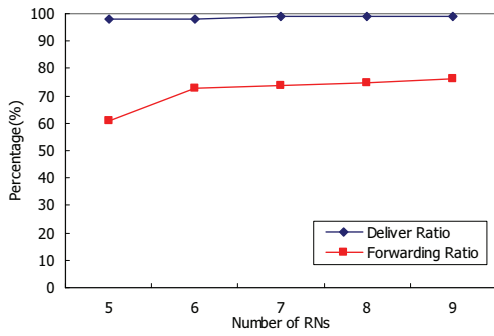
그림 3 부터 6 까지는 전체 네트워크 노드 수 250 부터 400 의 경우에 k 를 변화시켜 가면서 측정할 수신비율과 전송비율을 나타낸다. 전송 비율의 경우 평균 중복패킷의 성능에도 영향을 미치기 때문에 전송비율이 가장 낮고, 수신 비율이 가장 높은 k 가 FASRN 에서 가장 좋은 성능을 나타낸다고 할 수 있다.



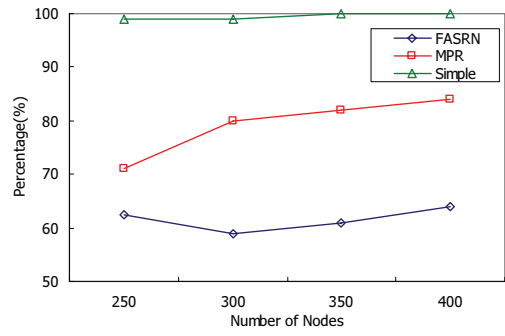
(그림 3) 250 노드에서의 전송비율과 수신비율



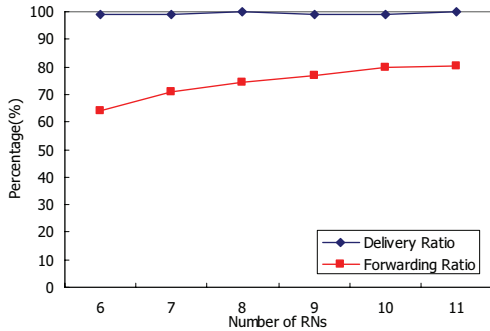
(그림 4) 300 노드에서의 전송비율과 수신비율



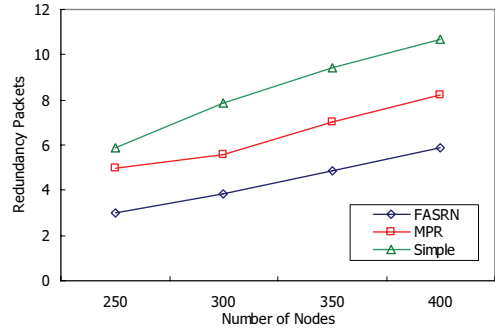
(그림 5) 350 노드에서의 전송비율과 수신비율



(그림 8) 전송비율의 비교



(그림 6) 400 노드에서의 전송비율과 수신비율



(그림 9) 평균 중복패킷 수의 비교

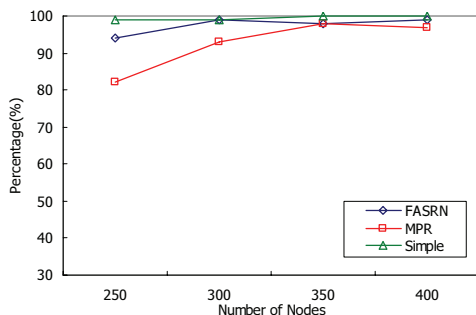
위의 실험결과를 통해 가장 좋은 성능을 보이는 k 는 각 노드 수의 경우에 평균 RCN 임을 알 수 있으며 이것은 수식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{TNs} RCNs(i)}{TNs} \quad (2)$$

수식 (2)에서 TNs 는 전체 네트워크 노드의 수이며, $RCNs(i)$ 는 노드 i 가 가진 RCN의 수이다.

평균 RCN 에서 가장 좋은 성능을 보이므로 이후 실험에서는 FASRN 에 대해서 평균 RCN 만으로 실험한다.

그림 7 은 FASRN 의 수신비율을 simple flooding 및 MPR 과 비교한 결과이며, 그림 8 은 전송비율의 비교이고 그림 8 은 평균 중복 패킷의 수를 나타낸다. 결과에서도 알 수 있듯이 FASRN 은 모든 기준에서 좋은 성능을 낸다는 것을 알 수 있다.



(그림 7) 수신비율의 비교

5. 결론

본 논문에서는 broadcast storm problem 과 기존의 flooding 기법이 가지고 있는 문제들을 해결하기 위해 크로스 레이어 프로토콜 기반의, 전체 네트워크 노드 수에 따른 재전송 노드의 선택에 의한 flooding 기법을 제안했으며 제안한 알고리즘에서 가장 좋은 효율을 보이는 재전송 노드의 수를 모의 실험을 통해서 구했다. 따라서 본 논문에서 제안된 FASRN 에 의해 broadcast storm problem 및 기존 flooding 기법들이 가진 문제점들을 해결 할 수 있다.

참고문헌

- [1] Sze-Yao Ni, Yu-Chee Tseng, Yuh-Shyan Chen and Jang-Ping Shen, "Broadcast storm Problem in a Mobile Ad hoc Network", Wireless Networks, Vol. 8, pp 153-167, May 2002
- [2] Min Sheng, Jiandong, Li, "Relative Degree Adaptive Flooding Broadcast Algorithm for Ad Hoc Networks", Vol. 51, pp 216-222, June 2005
- [3] Amir Qayyum, Laurent Viennot, Anis Laouiti, "Multipoint Relaying for flooding Broadcast Messages in Mobile Wireless Networks", In Proceeding of the 35th Annual Hawaii International Conference, pp 3866-3875, 2002
- [4] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>