

무선 센서 네트워크에서 자식 노드 수와 형제 노드 수에 따른 동적 확률기반 플러딩 알고리즘

정 호 철[†] · 유 영 환^{**}

요 약

플러딩은 무선 네트워크에서 모든 노드들에게 패킷을 전달하는 가장 간단한 방법이다. 하지만, 기본적인 플러딩은 모든 노드가 브로드캐스트 패킷을 한 번씩 전송을 하게 되고, 결과적으로 브로드캐스트 폭풍(broadcast storm) 문제를 일으킨다. 이는 네트워크 자원 및 에너지를 심각하게 낭비시키는 결과를 초래한다. 특히, 무선 센서 네트워크에서는 노드들은 제한된 배터리에 의해 전력을 공급받기 때문에 전력은 가장 중요한 자원 중의 하나이다. 다시 말해, 기본적인 플러딩은 많은 중복 패킷을 생성하기 때문에 전력 소비가 많고, 무선 센서 네트워크의 수명을 단축시키게 된다. 이 브로드캐스트 폭풍 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 이웃 노드 정보를 이용하여 자식 노드 수와 형제 노드 수에 따른 동적인 확률적 플러딩 기법을 제안한다. 시뮬레이션 결과에서 제안 알고리즘은 기존의 기법들과 비교하여 패킷 발생 수는 유사하게 유지하면서 적은 노드 수에 대해서도 높은 전달율을 보인다.

키워드 : 브로드캐스트 폭풍, 동적 확률적 플러딩, 플러딩 기법, 이웃 노드 정도기반, 무선 센서 네트워크

Dynamic Probabilistic Flooding Algorithm based-on the Number of Child and Sibling Nodes in Wireless Sensor Networks

Hyocheol Jeong[†] · Younghwan Yoo^{**}

ABSTRACT

The flooding is the simplest and effective way to disseminate a packet to all nodes in a wireless sensor network (WSN). However, basic flooding makes all nodes transmit the packet at least once, resulting in the broadcast storm problem in a serious case, in turn network resources become severely wasted. Particularly, power is one of the most valuable resources of WSNs as nodes are powered by battery, then the waste of energy by the basic flooding lessens the lifetime of WSNs. In order to solve the broadcast storm problem, this paper proposes a dynamic probabilistic flooding that utilizes the neighbor information like the number of child and sibling nodes. Simulation results show that the proposed method achieves a higher packet delivery ratio with the similar number of duplicate packets as compared to existing schemes.

Keywords : Broadcast Storm, Dynamic Flooding Algorithm, Flooding, Neighbor Information, Wireless Sensor Network(WSN)

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 컴퓨팅 능력과 무선 통신 능력을 갖춘 센서 노드들을 실내 외에 배치하여 센서 노드 주변의 환경에 대한 정보를 수집하고, 센서 노드 간에 자율적으로 네트워크를 형성하며, 센서 노드가 획득한 정보를 무선 네트워크를 통해서 송수신할 수 있다. 또한 네트워크를 통해 원격지에서 제어 및 감시에 활용할 수 있다. 센서 네트워크

에서 사용하는 센서 노드들은 크기가 작아야 하며, 소비 전력이 적어야 한다. 그렇기 때문에 데이터 처리 능력이나 메모리에 많은 제한이 있다[1]. 이러한 네트워크에서 브로드캐스트 명령을 전송하거나 라우팅 경로를 설정하기 위해서 많이 사용되는 방법이 플러딩(Flooding)이다. 기본 플러딩 기법은 블라인드 플러딩(Blind flooding)[2] 또는 순수 플러딩(Pure flooding)[3]이라고도 불린다. 통신 가능한 모든 노드에 패킷을 브로드캐스팅 하고, 수신한 패킷을 다시 재전송 하되 그 패킷을 한번이라도 전송한 경우에는 다시 전송하지 않는다. 플러딩은 구현이 간단하고, 토폴로지 변화에 강하다는 장점이 있지만, 모든 단말이 최소한 한 번씩은 전송을 해야 하기 때문에 많은 트래픽이 발생하고 네트워크 수명이

* 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

† 준 회 원 : 부산대학교 공과대학 컴퓨터공학과 석사과정

** 종 신 회 원 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 조교수(교신저자)

논문접수 : 2010년 10월 15일

심사완료 : 2010년 10월 22일

단축되는 주요 원인이 된다. 즉, 플러딩에서는 네트워크 전체의 노드들에게 브로드캐스트 정보를 전달하기 위해서 모든 노드가 한 번씩은 전송을 해야 하고 이에 따라 많은 중복 패킷이 발생하게 된다. 이를 브로드캐스트 폭풍(broadcast storm)[4]이라 하고, 이 때문에 패킷의 충돌 및 무선 매체 점유를 위한 노드 간의 심한 경쟁을 일으켜 네트워크의 혼잡을 가져온다. 이러한 단점을 해결하기 위해 노드의 위치 정보에 기반 하거나 전송할 확률에 기반 하는 방법 또는 중복 패킷의 수를 이용하는 등 패킷의 중복된 송수신을 억제 시키는 플러딩 기법들이 연구되었다[5]. 이에 본 논문에서는 다양한 기법들의 장단점을 분석하고, 기존의 단순 노드 밀집도에 따른 동적 확률적 플러딩 기법보다 주변 상황을 더 잘 고려한 새로운 동적 확률적 플러딩 기법을 보인다. 앞으로 다룬 본문에서 플러딩에 관련된 대표적인 연구들을 소개하고, 제안 알고리즘을 소개한다. 또한 시뮬레이션 결과를 토대로 기존 알고리즘과 비교하여 제안 알고리즘의 성능을 평가해 본다. 마지막으로 결론에서 본 논문에서 다룬 내용을 정리하고 향후 적용 방안 및 연구 계획에 대해 설명한다.

2. 관련 연구

일반적으로 플러딩 기법은 GPS나 RTLS(Real Time Location System)에 의한 얻어진 위치 정보를 이용하는 위치 정보 기반 플러딩 기법과 위치 정보를 이용하지 않는 플러딩 기법으로 나눌 수 있다[2]. 위치 정보를 획득하기 위해서는 추가적인 비용이 들고, 이는 센서네트워크에서는 제약 사항이 된다. 그래서 본 논문에서는 위치 정보를 사용하지 않는 기법들을 소개하고, 이를 바탕으로 한 제안 기법을 소개한다.

2.1 확률적 플러딩 (Probabilistic flooding) 기법

패킷을 수신한 노드는 p 의 확률로 재전송 여부를 결정하게 된다. 정적 확률적 플러딩 알고리즘[6]에서는 확률이 고정되어 일정 확률로 전송을 하게 되고, 동적 확률적 플러딩 알고리즘[7]에서는 중복 패킷 기반 플러딩 알고리즘과 결합하여 주위 노드의 밀집도에 따라 전송 확률을 동적으로 바꿈으로써 브로드캐스트 폭풍 문제를 해결하도록 시도하였다. 확률적 플러딩 알고리즘 기법은 구현이 간단하고, 단순 플러딩 방법에 비해 브로드캐스트 지연이 적고 대역폭 소비를 줄여준다. 그러나 브로드캐스팅 횟수는 줄일 수 있는 반면 네트워크의 특성에 맞는 파라미터 설정이 어렵고 패킷 전송을 확률에 기반 하기 때문에 경우에 따라 모든 노드들의 패킷 전송을 보장할 수 없다.

2.2 중복 패킷 기반 플러딩 (Counter-based flooding)

처음 패킷을 수신한 노드는 미리 결정된 시간 길이(RAD: Random Assessment Delay)동안 대기하며, 그 시간 동안 수신한 패킷에 대한 중복 패킷을 기대한다. 미리 결정된 n

개만큼의 중복패킷을 수신하지 못하면 해당 노드는 자신의 전송 영역 내에 패킷을 수신하지 못한 노드가 있는 것으로 간주하고 수신 패킷을 재전송한다. 그러나 이와 같은 동작 방식은 [4]에서 논의된 것과 같이 네트워크상의 모든 노드에게 패킷이 전달된다는 것을 보장하지 못한다.

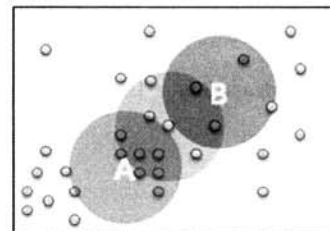
2.3 이웃 노드 정보 기반 (Neighbor-knowledge based flooding) 기법

브로드캐스트 패킷을 보내기 전에 이미 각 노드들은 "Hello" 메시지를 통하여, 이웃 노드의 정보를 가지고 있게 된다. 처음의 브로드캐스트 송신자가 자신의 이웃 노드 리스트 정보를 추가하여 패킷을 보내게 되면, 패킷을 받은 노드들은 자신의 이웃 노드 리스트와 패킷에 기록된 이전 홉 노드의 이웃 노드 리스트를 비교하게 된다. 패킷에 기록된 이웃 노드 리스트에 자신의 이웃 노드 리스트가 포함된다면 브로드캐스트를 하지 않고, 만약 다른 노드 정보가 포함되어 있다면 이 노드 또한 자신의 이웃 노드 리스트를 첨가하여 브로드캐스트를 하게 된다[8]. 이 기법은 되도록 짧은 시간 내에 범위 내의 모든 노드들에게 패킷을 전달할 수 있다는 장점이 있는 반면, 이웃 노드 정보를 함께 보내야 하므로 노드의 수가 증가하게 된다면 패킷 전송에 큰 비용을 초래하게 된다.

3. 제안 알고리즘

3.1 기존 확률적 플러딩의 문제점

기존 확률적 플러딩 기법에서는 고정 확률로 인해 노드의 밀집도에 큰 영향을 받는다. 또한 노드 밀집도에 따른 동적 확률적 플러딩 방법에서도 (그림 1)에서 보는 바와 같이 단순 노드 밀집도에 의한 재전송 확률값의 선택은 균등 분포가 아닌 환경에서는 항상 만족스러운 결과를 보장하지 못한다.



(그림 1) 기존 확률적 플러딩 기법의 문제점

3.2 제안 알고리즘

기존 동적 확률적 플러딩 방법에서는 단순히 중복 패킷의 수에 따라 기본적인 확률 값에 일정한 확률값 d 를 가감하여 전송확률을 조정하여 고정 확률적 플러딩 방법에 비해 성능을 향상 시켰으나, 본 논문에서는 이웃 노드의 정보를 이용하여 자신 노드와 형제 노드 수에 따라 전송 확률을 조절하는 동적 확률 플러딩 방법을 제안한다. 보통 형제 노드 수가 많다는 것은 자신이 패킷을 전송을 하지 않아도 이웃 노

드에 의해 전달될 가능성이 높음을 뜻하고, 자식 노드 수가 많은 노드는 만족스러운 패킷 전달율을 달성하기 위해서 전송 확률이 높아야 한다. 그러므로 형제 노드 수와 자식 노드 수에 대한 정보를 통해 더욱 신뢰성 있는 동적 확률적 플러딩을 할 수 있다.

제안 알고리즘은 크게 3단계로 구성이 되며 먼저 노드들은 'Hello' 메시지를 통해 서로의 정보를 교환하게 된다. 그리고 수집 노드(Sink Node)에서 한 번의 수집 명령을 전달하게 되면, 노드들의 레벨을 얻기 위하여 기본적인 플러딩을 한번 수행하게 된다. 한 번의 플러딩 후에 레벨 정보에 따라 형제 노드와 자식 노드를 구분하고 그 수를 세어 각 노드는 자신의 전송 확률을 결정하게 된다. 그 다음부터 수집 노드로부터의 명령은 전 단계에서 구해진 전송 확률에 의해 각 노드는 전송 여부를 정한다. 제안 알고리즘의 예를 (그림 2)에 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 이웃정보 리스트 내에는 이웃 노드의 ID, 레벨 정보, 자신과의 관계(P: 부모노드, S: 형제 노드, C: 자식 노드), 자신의 레벨 정보 등이 포함되고, 최종적으로 각 노드 종류에 따라 그 수를 계산하게 된다. N_c 는 자식 노드의 수, N_s 는 형제 노드의 수, N_n 는 총 이웃 노드의 수를 각각 나타낸다.

또한, 제안 알고리즘에서 전송 확률 P_{trans} 를 얻기 위해서 형제 노드 수 N_s 과 자식 노드 수 N_c 에 따른 전송 확률 식 (1)을 이용하였다.

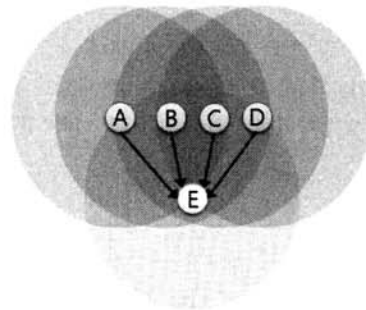
$$P_{trans} = \begin{cases} 1 & .N_c > 0, N_s = 0 \\ \frac{1}{(N_c + 1)} + \left(P_{init} \times \frac{N_c}{N_s} \right) & .otherwise \text{ 단 } 0 \leq P_{trans} \leq 1 \\ 0 & .N_c = 0, N_s \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

만약 형제 노드가 존재하지 않고 자식 노드만 존재한다면 무조건 전송을 하고, 형제 노드만 존재한다면 전송할 필요가 없다. 그렇지 않은 경우에는 식(1)에 의해서 전송 확률이 결정되게 된다. P_{init} 은 노드 밀집도에 따른 초기 전송 확률값으로 [4]의 시뮬레이션 결과와 실험을 바탕으로 값을 결정하였다.

기존의 확률적 플러딩 기법들에서는 초기 확률 값을 0.6으로 설정을 하였는데 이는 평균적인 확률 값이므로 이웃

〈표 1〉 초기 확률 값(P_{init})

Nodes/Range	Initial Probability
0~3	1
4~5	0.9
6~7	0.8
8~13	0.6
14~30	0.4
31~	0.2

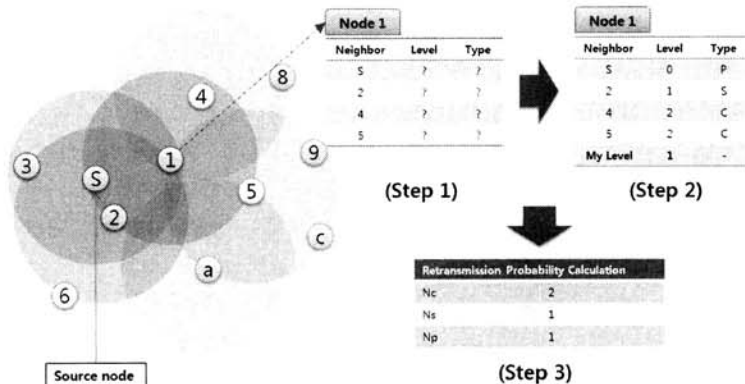


(그림 3) 기본 확률의 결정

노드 수가 다양한 동적인 환경에서는 적합하지 않다. 그래서 초기 확률 값을 노드 밀집도에 따라서 다르게 적용해야만 한다.

식 (1)을 자세히 보면, 첫 항에서 자신과 형제 노드 수 합 역수로 기본 확률을 결정하게 된다. 이는 가장 단순하고 일반적인 확률론에 근거한 것으로 만약 (그림 3)과 같이 A~D의 노드가 같은 자식 노드를 가질 때 각각 1/4의 확률을 가지면 된다. 하지만, 실제에서는 같은 형제 노드 수를 가진다고 하더라도 각기 다른 자식 노드 수를 가지게 되므로 전송 확률은 다르게 적용되어야 한다.

식 (1)의 두 번째 항을 보면, 노드 밀집도에 따른 초기 전송 확률(P_{init})에서는 자식 노드 수에 대한 고려가 없다. 즉, 이웃 노드들을 모두 자식노드로 본다든 전제를 가지고 있다. 그러므로 총 노드 수에서 자식 노드 수만큼의 비율로 초기 전송 확률을 조정함으로써 자식 노드 수에 따른 추가적인 확률값을 정할 수 있다.



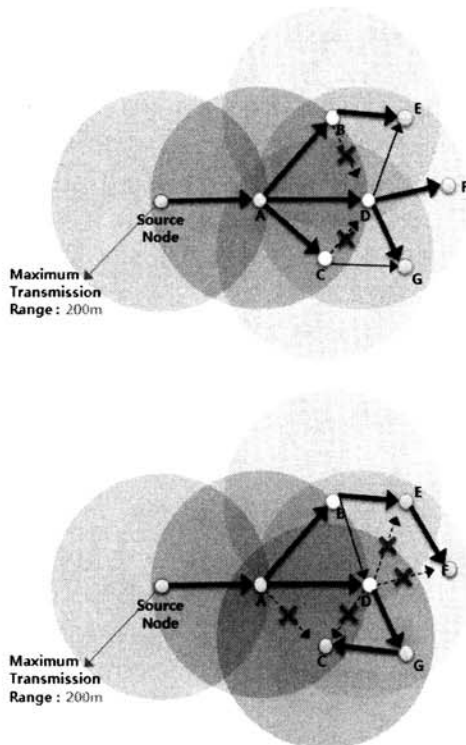
(그림 2) 제안 알고리즘의 예

3.3 발견 사항

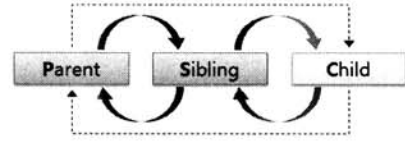
연구를 진행하던 중 흥미로운 사실을 발견하게 되었다. 이론대로라면 순수 플러딩 기법에서는 모든 노드가 한 번씩 재전송을 수행하게 되고 재전송된 모든 메시지는 이웃 노드들에 의해 모두 받아져야 한다. 하지만 충돌로 인해 노드들이 플러딩 메시지를 완벽하게 받지는 못한다. 실험에서 한 번의 플러딩으로 자신의 주변 노드 수에 비해 평균 약 60%의 정보밖에 얻지 못하는 결과를 보였다. 또한 충돌로 인해 매번 같은 노드로부터 메시지를 수신하는 것이 아니라는 것이다. 즉, 충돌로 인한 정보 불완전획득 현상은 토폴로지의 잦은 변화라는 문제를 발생시키게 된다. 이전에 자신의 부모였던 노드가 다음 플러딩에서는 형제노드나 자식노드가 되는 경우가 발생하였다. (그림 4)에서 이와 같은 현상을 보여준다.

그림 표시	설명
	센서 노드
	처음으로 도착한 플러딩 메시지의 전달 경로 (토폴로지 생성)
	첫 번째는 아니나, 이웃 노드에게 전달된 플러딩 경로
	전달되지 못한 플러딩 메시지 (양방향 단절 또는 단방향 단절)

이런 현상으로 인해 (그림 5)와 같이 노드간의 관계가 변할 수 있다.



(그림 4) 순수 플러딩에서 각 시행마다 변화하는 토폴로지 정보의 예



(그림 5) 노드 관계의 변화

<표 2> 노드간의 관계 변화정도

관계 변화	경우의 수	비율
변하지 않음	P->P	57.7%
	S->S	
	C->C	
1-단계 변화	P<->S	19.1%
	S<->C	
2-단계 변화	P<->C	23.2%

<표 2>는 노드수가 50개일 때 이웃 정보를 5회 획득하여 평균을 낸 실험값으로 노드 간의 관계 변화정도를 나타낸 것이다.

관계 변화가 없는 경우와 1-단계 관계 변화의 경우, 2-단계 관계 변화의 경우가 각각 57.7%, 19.1%, 23.2%로 나타났다. 위와 같은 관계 변화는 이웃 노드 정보를 여러 번 획득할수록 1-단계, 2-단계 경우의 수가 많아지게 되고, 노드 밀집도가 증가할수록 관계변화정도가 심해진다. 만약 네트워크가 이상적으로 배치되어 있다면 관계가 변하는 경우는 없을 것이다. 관계가 변하는 경우에는 노드들 간의 밀집도나 간섭과 경쟁 정도가 심하다는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션 환경보다 실제 환경에서는 고려해야 할 요인들이 더 많이 있으므로 센서 노드들이 조밀하게 배치된 환경에서는 이 현상이 더 심화된다. 이러한 현상으로 인해 트리 기반 플러딩 기법들에서 트리구성 및 유지에 많은 영향을 끼칠 수 있다.

3.4 수정 제안

제안 알고리즘에서 자식 노드수와 형제 노드수를 계산하기 위해서는 이웃 노드들로부터 메시지를 모두 수신하여야 하는데 충돌로 인해 이 과정이 사실상 어렵게 된다. 그래서 주변 노드 정보를 만족할만한 수준까지 얻을 수 있는 최소한의 플러딩 횟수를 실험을 통해 구했으며 5회 정보의 순수 플러딩이 수행되고 난 다음에 제안 알고리즘을 적용하였다. 만약 노드가 허용할만한 범위 내에서 이동성이 주어진 환경 하에서도 최근 5개의 플러딩 내역을 참조하여 제안 알고리즘을 적용할 수도 있다. 이는 메시지나 자원 소비 면에서 오버헤드에 해당되지만 이 과정을 통해 주변 노드와의 정확한 관계가 정립된다면 네트워크 생명시간을 고려했을 때 허용할 만하다. 왜냐하면 주변 이웃 노드와의 관계를 알게 되면 적절한 전송확률도 적용가능하고, 충돌 회피 기법을 안정적으로 적용가능하기 때문이다.

또한 이웃 노드들의 관계가 계속 변하는 상황을 적용하기 위해서 각 이웃 노드에 대해 P_{parent} , $P_{sibling}$, P_{child} 개념을 도

<표 3> 계속 변화하는 노드 관계를 위한 이웃 노드정보 리스트 구조의 예

노드-X의 이웃정보 리스트 (level / relation)													
Number	ID	DrNum	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	P _{parent}	P _{sibling}	P _{child}			
1	A		1 / P	1 / P	...	...	...	1.0	0	0
2	B		2 / S	2 / P	...	...	...	0.4	0.6	0
3	C		2 / S	3 / S	...	...	...	0	1.0	0
4	E		2 / S	4 / C	...	...	...	0.2	0.4	0.4
5	F		3 / C	3 / S	...	...	...	0	0.2	0.8
6	G		3 / C	4 / C	...	...	...	0	0	1.0
노드-X의 레벨			2	3	N _p	1.6	N _s	2.2	N _c	2.2

입한다. 이는 각각 이웃 노드에 대해 부모노드가 될 확률, 형제노드가 될 확률, 자식노드가 될 확률이 된다. <표 3>의 예를 보면 노드-X의 이웃 노드들은 각각 관계가 정해지고 모든 이웃들의 P_{parent}, P_{sibling}, P_{child}를 각각 더하게 되면 노드-X의 이웃 노드들에 대해 자식노드수(N_c), 형제노드수(N_s)를 획득할 수 있다. <표 3>에서 이를 나타내었으며, 이 값들로 식 (1)을 이용하여 전송확률을 계산할 수 있다.

4. 실험 결과

제안 알고리즘의 성능 평가를 위해 QualNet 네트워크 시뮬레이터[9]를 이용하였다. 노드의 배치는 노드 간 연결되는 링크가 적어도 하나라도 있어야 하므로 기본적으로 균등분포(uniform distribution)를 따랐다. 전달손실 모델로 Two Ray 모델을 적용하였고, 노드 이동이 없는 상황을 가정하였다. 제안 알고리즘은 앞서 소개한 기본적인 플러딩 기법, 고정 확률적 기반 플러딩 기법, 단순 노드 밀집도에 따른 동적 확률적 기반 플러딩 기법을 대상으로 하였다. 각 실험의 결과 값은 노드 수를 50에서 100까지 변경해가며 10번 시행하여 얻었다. 자세한 시뮬레이션 환경은 <표 4>와 같다.

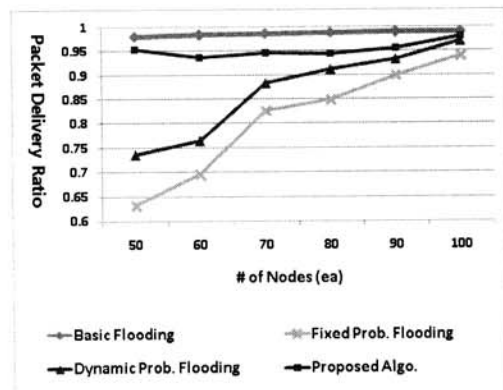
(그림 6)은 노드 수를 50개에서 100개로 변경시켜가며 전체 노드에 대한 패킷 전달율을 표시하였다. 알고리즘에 따라 기본 플러딩 기법은 무조건 한 번씩은 전송을 해야 하므로 가장 좋은 성능을 낸다. 고정 확률적 플러딩 기법은 제

전송 확률이 0.6로 고정되어 있어 전체 네트워크를 커버하지 못하는 것을 확인할 수 있다. 또한 기존 동적 확률적 플러딩 기법에서는 노드 밀집도에 의해서 확률을 조절하지만 이 역시 전체 네트워크를 커버하는 데 한계가 있다. 그에 반해 제안 알고리즘은 기존 확률적 플러딩 기법들보다 훨씬 우수한 성능을 보인다. 그 이유는 이웃 노드들 간의 관계에 기반하여 전송확률을 결정하게 되므로 기존 확률적 플러딩에 비해 더 적응적으로 전송확률을 결정할 수 있기 때문이다. 여기서 실험값이 전체 네트워크를 커버하지 못하는 것은 충돌로 인해 패킷 전달이 이루어지지 않은 경우를 포함하기 때문에 평균값 계산에서 완벽하게 패킷 전달율이 1에 도달하지는 못하였다.

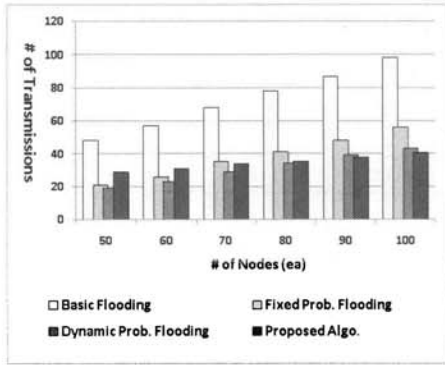
(그림 7)은 노드 수를 변경시켜가며 각 알고리즘 별로 발생한 전송 패킷 수를 나타낸 것이다. 기본 플러딩 기법은 앞서 설명한 바와 같이 각 노드는 무조건 한 번의 전송을 해야 하므로 노드 개수만큼의 패킷 전송이 발생하였고, 나머지 플러딩 기법은 패킷 발생 수가 현저히 낮아짐을 확인할 수 있다. 패킷 발생 수에서는 기존 확률적 기법들이 우수해 보이거나 (그림 6)과 비교해 볼 때 이러한 기법들은 패킷 전달율이 좋지 못하다. 하지만 제안 알고리즘은 (그림 6, 7)에서 보듯이 노드 밀집도에 상관없이 일정한 패킷 전달율을 달성하면서 전송 패킷 발생 수에서 절반 이상의 감소를 이루었다. 특히 노드 수가 많아지더라도 어느 정도 일정량의 전송만으로도 충분한 패킷 전달율을 보이는 것은 눈여겨볼 만하다. 다시 말해 종합하면 제안 알고리즘은 노드의 밀

<표 4> 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
시뮬레이터	QualNet 4.5
네트워크 크기	1000m * 1000m
전송 범위	200m
노드 수	50 ~ 90 (10개 단위)
대역폭	2Mbps
트래픽 종류	CBR
패킷 전송률	1 packet / 10 second
패킷 크기	64bytes
시뮬레이션 시간	300second
시도 횟수	20
MAC 프로토콜	IEEE 802.11



(그림 6) 노드 수에 따른 패킷 전달율



(그림 7) 노드 수에 따른 패킷 전송 수

집도에 관계없이 적은 수의 패킷 전송만으로 패킷 전달율을 일정하게 만족시킬 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존에 소개된 GPS 기반의 위치 정보를 이용하지 않는 기법들의 특징을 분석하여 높은 패킷 전송률(Packet Delivery Ratio)을 달성하면서 되도록 적은 양의 패킷이 발생하도록 하는 것에 초점을 맞추어 자식 노드 수와 형제 노드 수에 따른 동적인 확률적 플러딩 기법을 제안하였다. 제안 알고리즘은 단순 이웃 노드 수가 아니라 이웃 노드와의 관계 정보를 이용함으로써 순수 플러딩과 비교하여 노드 커버리지는 높게 유지하면서 발생하는 중복 패킷 수를 줄였다. 순수 플러딩에서 발견한 현상과 문제점을 풀기 위해서 기존의 다른 연구들에 비해 계산 오버헤드가 있지만 플러딩 시 발생하는 현상들에 대해 고려하였으므로 기존의 연구들과 차별성이 있다. 기존 알고리즘들은 단순히 메시지 전달만을 위한 응용을 위해서는 우수한 성능을 발휘할지 모르나 자신의 주변 상황을 고려하지 않음으로써 다양한 환경에서 일정하게 전체 네트워크를 커버한다는 것을 보장할 수 없다. 이에 반해 제안 알고리즘은 이웃 간의 관계에 의해 노드 밀집도 및 노드 분산도가 균등분포가 아닌 환경 등에 상관없이 일정 수준 이상의 커버리지를 제공해준다. 또한 임의의 네트워크의 전체 토폴로지를 GPS나 RTLS(Real Time Location System)의 도움 없이 예측할 수 있다는 장점도 가진다.

앞으로 본 연구를 토대로 실제 센서 네트워크 테스트 베드에 접목을 해봄으로써 실현 가능성과 타당성을 증명하도록 할 것이다. 사실 실제 환경에서는 더욱 많은 환경적인 요인이 무선 통신에 영향을 주므로 토폴로지 변화는 시뮬레이션에서보다 더 많을 것으로 예상된다. 그 변화에 적절히 대응하여 불확실한 네트워크 토폴로지 생성 및 플러딩 메시지 전송에 큰 도움을 줄 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E.

Cayirci, "Wireless sensor networks: A survey," Computer Networks, Vol.38, 2002, pp.393-422.

[2] A.S. Tanenbaum, Computer Networks, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1996.

[3] A. Qayyum, L. Viennot, A. Laouiti, "Multipoint Relaying for Flooding Broadcast Messages in MobileWireless Networks," in Proc. Of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences-Volume 9, Jan., 2002.

[4] S.-Y. Ni, Y.-C. 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.

[5] B. Williams and T. Camp, "Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks," in Proc. of the 3rd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing, pp.194-205, Jun., 2002.

[6] Y. Tseng, S. Ni, and E. Shih, "Adaptive Approaches to Relieving Broadcast Storms in a Wireless Multi-hop Mobile Ad Hoc Network," in Proc. of ICDCS 2001, pp.481-488, Apr., 2001.

[7] Q. Zhang and D. P. Agrawal, "Dynamic Probabilistic Broadcasting in Mobile Ad Hoc Networks," Journal of Parallel and Distributed Computing Vol.65, Issue 2, Feb., 2005, pp.220-233.

[8] H. Lim, C. Kim, Multicast tree construction and flooding in wireless ad hoc networks, in: Proceedings of the ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWIM 2000), Boston, MA, 2000, pp.61-68.

[9] Scalable Networks Inc. [Online]. Available: <http://www.scalable-networks.com/>



정 효 철

e-mail : ketalong@pusan.ac.kr
 2009년 부산대학교 정보컴퓨터공학부(학사)
 2009년~현 재 부산대학교 공과대학 컴퓨터공학과 석사과정
 관심분야 : RFID/USN, 센서네트워크 등



유 영 환

e-mail : ymomo@pusan.ac.kr
 1996년 서울대학교 컴퓨터공학과(학사)
 1998년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2004년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 2004년~2006년 신시내태대학교 전기컴퓨터공학부 연구원

2007년~현 재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 조교수
 관심분야 : RFID/USN, 센서네트워크, 애드혹통신