

확률적 투표기반 여과기법에서 가변적 환경을 위한 퍼지 기반 검증 노드 결정 기법

이재관⁰, 남수만^{*}, 조대호^{*}

⁰성균관대학교 정보통신 대학

e-mail: jaekwan@ece.skku.ac.kr⁰, {sumannam, taecho}@ece.skku.ac.kr^{*}

Fuzzy based Verification Node Decision Method for Dynamic Environment in Probabilistic Voting-based Filtering Scheme

Jae-Kwan Lee⁰, Su-Man Nam^{*}, Tae-Ho Cho^{*}

⁰College of Information and Communication Engineering, SungKyunKwan University

● 요약 ●

무선 센서 네트워크는 개방된 환경에서 무작위로 배치되어 악의적인 공격자들에게 쉽게 노출된다. 센서 노드는 한정된 에너지 자원과 손쉽게 훼손된다는 단점을 통해 허위 보고서와 투표 삽입 공격이 발생한다. Li와 Wu는 두 공격을 대응하기 위해 확률적 투표기반 여과기법을 제안하였다. 확률적 투표기반 여과기법은 고정적인 검증 경로를 결정하기 때문에 특정 노드의 에너지 자원 고갈 위험이 있다. 본 논문에서는 센서 네트워크에서 보고서 여과 확률 향상을 위하여 퍼지 시스템을 기반으로 다음 노드 선택을 약 6% 효율적인 경로 선택 방법을 제안한다. 제안 기법은 전달 경로 상의 노드 중 상태정보가 높은 노드를 검증 노드로 선택하고, 선택된 검증 노드는 허용 범위 경계 값을 기준으로 공격 유형을 판별하고 여과한다. 실험결과를 통해 제안기법은 기존 기법과 비교하였을 때 에너지 효율이 향상되었다.

키워드: 센서 네트워크(sensor network), 허위 투표(false vote), 확률적 투표기반 여과 기법(probabilistic voting-based method filtering scheme), 퍼지 시스템(fuzzy system)

I. 서론

무선 센서 네트워크는 무선 통신 모듈과 이벤트 발생 시 감지할 수 있는 다수의 센서 노드들로 구성된다. 센서 노드는 주위 공간 환경을 감지한 정보를 모아 보고서를 생성하고 싱크 노드인 BS(Base Station; 이하 BS)로 전달한다. 센서 노드들은 무선 환경에서 이웃노드를 통해 중요한 정보를 주고받는다. 센서 노드의 단점은 시간 경과 또는 외부환경으로 훼손 및 파괴, 에너지 수명 등의 기능 문제가 있다. 또한, 무선 환경의 제약으로 공격자로부터 다양한 공격을 받을 수 있다. 센서 노드들은 개방된 상태로 장시간 노출되어 있기 때문에 허위 보고서 삽입 공격을 쉽게 받을 수 있다[1]. 공격자는 허위 보고서 삽입 공격으로 제한적인 메모리 및 에너지를 가지는 센서 노드를 훼손시켜 BS까지 전송되는 보고서를 허위로 주입하면 전달 경로에 있는 노드들이 불필요한 에너지 자원을 소비하게 된다[2,3]. 이러한 여러 종류의 공격들은 BS의 거짓 경보뿐만 아니라 노드의 배터리 소모를 통해 센서 네트워크의 에너지 자원을 고갈시킨다. 이런 피해를 최소화하기 위해 허위 보고서를 가능한 한 빨리 발견하여 여과되어야 한다. 예를 들어

이벤트가 발생한 CH(Cluster Head; 이하 CH)에서 허위 보고서가 있을 때 발견되지 못한 보고서가 최소한 BS에서라도 발견돼야 에너지 자원 고갈의 피해를 최소화할 수 있다[4]. 허위 보고서 삽입 공격과 허위 투표 주입 공격에 대응하기 위해 Li와 Wu는 PVFS(Probabilistic Voting-based Filtering Scheme; 이하 PVFS)을 제안 하였다[5]. PVFS에서는 보안 경계 값과 허용 범위 경계 값, 검증 경로가 고정적이다. 동적인 센서 네트워크 환경에서 고정적인 수치 값은 적절하지 못하다. 본 논문에서는 PVFS에 퍼지 시스템을 적용하여 효율적인 검증 경로 선택을 하는 기법을 제안한다. 2장에서는 확률적 투표기반 여과기법 3장에서는 제안기법 4장에서는 실험결과 5장에서는 결론으로 서술하였다.

II. 확률적 투표기반 여과기법

Li와 Wu는 허위 보고서삽입 과 허위 투표 주입 공격에 대응하기 위해 PVFS를 제안하였다. PVFS은 무선 환경에서 센서 노드들이 무작위로 클러스터 단위로 배치된다고 가정한다. PVFS에서

는 다음 그림1과 같이 결정된 검증 노드로 검증하는 동작과정을 나타낸다.

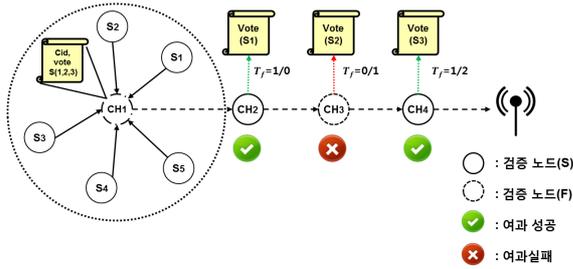


그림 1. 보고서 여과 단계

그림 1에서는 CH1에서 이벤트가 발생하면, 연결된 각 센서 노드의 보고서를 받고 새로운 보고서에 첨부한다. 보고서가 전송되기 전에 결정된 검증 노드는 CH2→CH3→CH4 단계로 허위 보고서를 검증하여 키 값에 따라 보고서를 여과한다.

III. 제안기법

3.1 가정

센서 네트워크들은 무선 토폴로지 환경에 무작위로 배치된다. 센서 노드들은 확률적으로 검증할 수 있으며, BS는 센서 노드의 홉 수, 에너지양, 검증 횟수, 성능, 상태를 추측하거나 알 수 있다.

3.2 퍼지 시스템

본 논문의 제안 기법에서는 효율적인 검증 노드를 선택하기 위해 퍼지 규칙을 사용하여 2개의 CH중 상태 정보가 높은 노드를 선택하여 검증 경로를 결정한다. 다음 검증 노드 결정을 할 때 다음과 같은 입력요소로 결정하게 된다. 각 노드의 에너지 잔여량 (Energy; 이하 E), BS로부터 홉의 수(Hops; 이하 H), 보고서 전달 횟수(Report; 이하 R)이며, 출력 매개변수는 다음 노드의 질 (Quality of next node; 이하 Q)이다.

입력 매개변수

- 에너지양(E) = {L(LOW), H(HALF), U(UPPER);}
- 홉의 수(H) = {S(SHORT), M(MIDDLE), L(LONG)}
- 보고서 전달 횟수(R) = {L(LESS), I(INTERIM), O(OFTEN)}

출력 매개변수

- 다음 노드의 질(N) = {VL(VERY LOW), L(LOW), M(MEDIUM), H(HIGH), VH(VERY HIGH)}

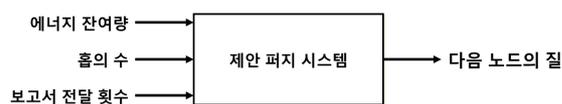


그림 2. 퍼지 규칙 기반 시스템

1) 에너지양

전체 네트워크 수명을 고려하여, 검증 노드를 결정할 때 에너지 자원이 고갈되지 않도록 결정해야 한다. CH의 에너지 잔여량이 고갈 직전 및 얼마 남지 않았을 경우, 해당 CH는 고갈되어 사용할 수 없게 된다. 네트워크 수명을 위해 높은 에너지양을 가진 노드를 선택해야 한다.

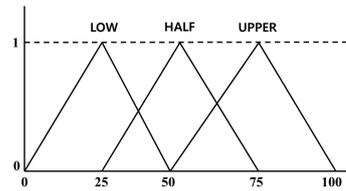
2) 홉의 수

이벤트 발생지점인 CH에서 BS까지 거리는 에너지 자원에 영향을 준다. 이벤트 발생 CH에서 허위 보고서가 많다고 가정했을 때, 검증 노드를 거쳐 BS까지 전송할 때 긴 경로일 경우 높은 확률로 보고서를 여과하지만 정상 보고서가 많다고 가정 했을 경우는 짧은 경로로 전송해야 에너지를 효율적으로 사용할 수 있다.

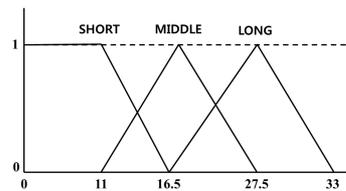
3) 보고서 전달 횟수

자주 방문했던 CH는 에너지 또는 홉의 수가 검증경로로 적합하므로 상태정보가 높은 노드 결정을 위해 제안된 퍼지 시스템을 사용한다. 방문 횟수가 높은 CH를 선택했을 때 전체 네트워크 수명을 균형 있게 조절할 수 있는 상태 값이다.

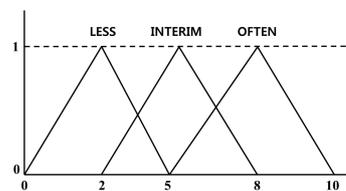
2.3 퍼지 멤버십 함수



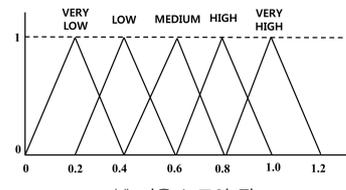
(a) 에너지양



(b) 홉의 수



(c) 보고서 전달 횟수



(d) 다음 노드의 질

그림 3. 입력 매개변수

그림 3은 퍼지 규칙 기반 시스템 매개변수에 대한 세부적인 퍼지 멤버십으로 이루어진 구성을 나타낸 그림이다. ENERGY는 노드의 잔여 에너지양이며, HOPS는 CH가 BS까지의 거리, VISIT은 방문했던 노드를 나타낸다. 에너지양은 센서 노드의 현재 남은 에너지를 퍼센티지값 0~100으로 나타내고, 홉의 수는 경로가 최대 33개의 홉을 가지고 있기 때문에 0~33으로 수치를 정했고 보고서 전달 횟수는 보고서가 전달됐던 횟수를 카운트한다. 마지막으로 다음 노드의 질은 3개의 입력된 결과를 통해 결과를 출력한다.

3.3 퍼지 규칙

다음 표 1은 위에서 설명한 퍼지 멤버십 함수에 대한 규칙 27가지 중 일부를 나타낸 표이다.

표 1. 퍼지 입 · 출력 범위

| 번호 | 입력 | | | 출력 |
|----|----|---|---|----|
| | E | H | R | N |
| 1 | L | S | L | VL |
| 3 | L | M | L | L |
| 5 | L | M | O | H |
| 7 | L | L | I | VH |
| 9 | H | S | L | L |
| 15 | H | L | L | H |
| 18 | U | S | L | VL |
| 20 | U | S | O | M |

위 표 1에 대한 상세한 규칙은 다음과 같다. 룰1에서 센서 네트워크 에너지양이 적고, 홉의 길이가 짧으며, 보고서 전달횟수가 적을 때 다음 노드의 질 조작량은 매우 낮다. 룰9에서는 에너지양이 절반이고 홉의 길이가 짧으며, 보고서 전달횟수가 적을 때 다음 노드의 질 조작량은 낮다. 룰20에서는 에너지양이 높고 홉의 길이가 짧으며, 보고서 전달횟수가 많을 때 다음 노드의 질 조작량은 중위이다.

IV. 실험결과

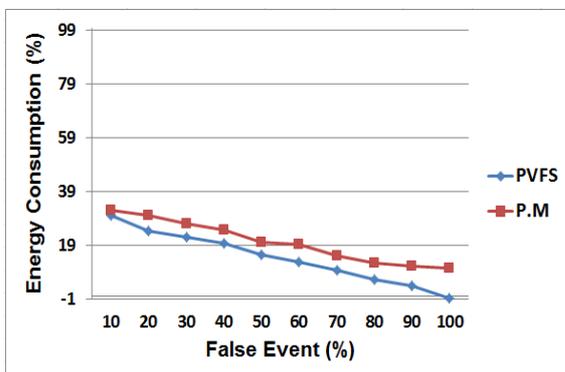


그림 4. 전체 에너지 비율

본 논문의 실험환경은 600개의 CH와 3,000개의 일반 센서 노드를 임의로 배치한 상태이다. 이 실험은 총 1000번의 이벤트를 발생했을 때 소모되는 전체 에너지양을 측정한다. 그림 4의 그래프는 PVFS과 제안기법의 EVENT 공격에 따른 에너지 소모량의 비교를 보여준다. 그림 4를 보면 이벤트 공격률이 같아도 제안기법이 총 에너지를 적게 소모하는 것으로 나타내고 있다.

V. 결론

무선 센서 네트워크에서 허위 보고서 주입과 허위 투표 공격에 대응하기 위해 제안된 PVFS는 고정된 검증경로를 사용하기 때문에 전달 경로 상의 에너지 고갈 위험이 있다. 본 논문에서는 위험 문제를 효율적으로 사용하기 위해 퍼지 시스템을 적용한다. 실험 결과 제안기법이 기존 PVFS보다 검증 경로를 선택할 때보다 최대 10%의 적은 에너지가 소모되었다. 센서 네트워크에서 에너지 부분은 전체 네트워크 수명에서 중요한 요소이며, 이 연구를 통해 전체 네트워크 수명 연장을 기대한다.

Acknowledgement

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2013R1A2A2A01013971)

참고문헌

- [1] H. Yang and S. Lu, "Commutative Cipher Based En-route Filtering in Wireless Sensor Networks," ITTT in Proc. of VTC, pp. 1223-1227, 2004.
- [2] B.Przydatek, D.Song and A. Perrig, "SIA: Secure Information Aggregation in Sensor Network," Proc. of Sensys, pp.255-265, 2003.
- [3] W. Zhang and G. Cao, "Group Rekeying for Filtering False Data in Sensor Network: A predistribution and Local Collaboration-based Approach," Proc. of INFOCOM, pp.503-514, 2005.
- [4] H. Yang and S. Lu, "Commutative Cipher Based En-Route Filtering in Wireless Sensor Networks," IEEE, Proceeding of VTC, pp. 1223-1227, 2003.
- [5] F. Li and J. Wu, "PVFS: A Probabilistic Voting-based Filtering Scheme in Wireless Sensor Networks," Inderscience Enterprises Ltd, pp.173-182, Aug. 2008.