무선 센서 망에서의 밀집 싱크 그룹을 위한 이동성 보장 데이터 전달 프로토콜

최영환° 우부재 박수창 이의신 김상하

충남대학교 컴퓨터공학과

{yhchoi, yufc, winter, eslee}cclab.cnu.ac.kr, shkim@cnu.ac.kr

Data Dissemination Protocol Supporting the Mobility for Tightly Coupled Sink Groups in Wireless Sensor Networks

Younghwan Choi° Fucai Yu Soochang Park Euisin Lee Sang-Ha Kim

Dept. of Computer Engineering, Chungnam National University

요 약

무선 센서 망에서 다중싱크 이동성에 관련된 연구는 단순히 독립된 단일싱크 이동성 확장에 기인한다. 하지만, 다중 싱크의 경우 싱크 상호간의 이동 결집도에 따라 두 가지 그룹으로 분류될 수 있다: 싱크간의 산재된 싱크그룹(loosely coupled sink group)과 밀집된 싱크그룹(tightly coupled sink group)이다. 전자는 기존 다중싱크 연구에서 가정하고 있는 일반적인 모델이다. 반면, 후자의 예로는 전쟁터에서 동일한 작전을 수행하는 작은 분대 단위의 군인들의 이동성 등이 있다. 본 논문은 밀집된 싱크그룹 이동성을 갖는 다중 싱크를 위한 데이터전달 프로토콜을 제안한다.

1. 서 론

무선 센서 망[1]에서 이동성에 대한 연구들에는 싱크(sink) 이동성[2][3][4][5] 센서노드(sensor node) 이동성[6][7][8], 그리고 이벤트 이동성[9]이 있다. 그들은 단일 개체 혹은 다중 개체 이동성 분류되며, 개체 들은 결집도에 따라 밀집된 그룹 혹은 산재된 그룹 이동성을 가질 수 있다.

그 중, 센서 노드 이동성은 기동력을 가진 개체에 의존하는 성질을 가지며, 센서노드들이 그룹을 형성할 경우, 근접한 이웃 센서 노드들을 통해 통신 혹은 이벤트(event) 감지에 있어 실패확률을 줄일 수 있는 장점을 가진다. 이동 그룹을 형성할 수 있는 또 하나의 개체로써 싱크가 존재한다. 성격이나 목적이 비슷한 싱크들은 근접성 구조를 가지고 이동할 수 있다. 예를 들면, 전쟁터에서 적 탱크를 추적하는 소대단위의 개별 병사들(다중싱크)은 서로의 움직임에 완전 독립적이라기보다는 그룹형태의 이동성을 가질 수 있다. 또 하나의 응용 예로써, 재난지역에 새로 센서 망을 구성하고, 팀 단위로 활동하는 구조대원들을 가정하자. 이때, 같은 팀 내 구조대원들은 일정한 거리 내에서 비슷한 이동 경로를 따라 이동하면서 서로 유기적인 구조활동을 한다.

현재 제안된 싱크 이동성 연구[2][5]들은 상호간의 결집도가 없는 싱크, 즉 단일 싱크 이동성만은 고려한다. 그러므로, 현재 싱크그룹 이동성을 위한 구현은 단일 싱크의 확장구조를 통해서만 달성된다. 하지만, 싱크 그룹 이동성은 단일 싱크의 이동성과는 차별된 특성을 가진다. 그러므로, 단일 싱크 이동성 기반 데이터 전달 기법들[2][5]이 싱크그룹을 위해 활용되기에는 비효율적일 수 있다.

만약, 싱크 그룹 이동성 단일 싱크의 이동성을 기반으로 확장 구조를 어떠한 문제점이 발생할까? 싱크들은 비록 요구하는 정보가 같더라도, 질의 및 응답을 위해 서로 독립적으로 라우팅을 수행할 수 있다. 그러므로, 정보요구에 대해 각각의 싱크로부터 이벤트를 감지한 소스까지 질의(query)가 중복적으로 전달되고, 소스는 같은 데이터를 싱크 각각에게 중복적으로 응답한다. 싱크그룹이 가진 고유 특성은 그룹 내에 싱크들간의 근접성을 통해 그런 중복성을 보완할 수 있다. 즉, 그 근접성 특징을 활용하면, 같은 정보를 요구하는 싱크들 중 대표노드만이 그 소스에게 질의하고 데이터를 전달받으며, 수집된 정보를 같은 그룹 내 근접한 싱크들에 대신 전달할 수 있다. 이와 같은 구조는 독립적으로 데이터를 전달받는 구조에 비해 제한된 무선자원 및 에너지비용에 있어서 보다 효율적인 특성을 가진다.

따라서, 싱크 그룹 이동성 환경 및 이동 싱크 그룹의 특성에 적합한 데이터 전달 프로토콜에 대한 독립적인 연구가 요구된다. 이와 같은 필요성에 따라, 본 논문은 싱크 그룹 이동성 모델의 특성을 분석하여, 싱크 그룹 이동성 지원 데이터전달 프로토콜(dissemination protocol)을 제안하고, 실험을 통해 제안 프로토콜의 우수성을 입증한다.

본 논문 이하는 다음과 같이 구성된다. 2장은 센서 망에서의 싱크 그룹 이동성 환경을 정의하고 그의 특성을 분석한다. 이어서, 3장에서는 싱크 그룹 이동성 지원 데이터 전달 프로토콜을 제안한다. 마지막으로

4장에서 향후 연구 방안과 함께 결론을 맺는다.

2. 밀집 싱크 그룹 이동성 모델

본 장은 싱크그룹 이동성 모델을 정의하고 그의 특징 및 고려사항을 분석한다. 또한, 예제들을 통해 그의 응용 가능성을 제시한다. 그리고, 싱크그룹 이동성을 지원하기 위한 프로토콜 연구의 필요성을 제안한다.

2.1 싱크 그룹 이동성 정의

본 논문에서 제안하는 싱크 그룹 이동성 모델은 T. Camp et al.[10]에 의해 분류된 모델 중 Nomadic Community Mobility, Pursue Mobility, 그리고 Reference Point Grup Mobility 모델과 거의 유사한 특성을 가진다. 즉, 하나의 이동 싱크그룹은 논리적 중심점을 가지거나 하나이상의 참조지점 혹은 참조 싱크노드들을 이용하여 중심축을 형성한다. 그를 중심으로 제한된 반경 내에서 자유롭게 이동(예를 들어, Random Walk[10]와 Random Way Point[10])하는 싱크들에 의해 하나의 그룹이 형성된다. 그리고, 그 중심점 혹은 중심축의 이동경로를 따라서 그룹 내 싱크들로 함께 이동한다.

2.2 고려사항 및 특징

앞서 정의한 싱크 그룹 및 그의 이동성은 무선 센서 망에서 제공될 수 있는 일반적인 모델 중 하나이다. 그 모델은 적용될 응용에 따라서 가정 및 고려사항들을 수반할 수 있다. 본 논문은 싱크그룹 이동성 모델을 제시한 응용들에 적용하기 위해서, 다음과 같이 4가지 사항들을 가정한다.

① 이동 싱크 그룹은 하나 이상의 동종 싱크들에 의해 구성된다.
② 이동 싱크들의 무선전송반경은 모두 동일하다.
③ 그룹 내 이동 싱크들은 그룹의 논리적 중심 축에 무선전송반경이 닿을 수 있는 거리 안에서만 자유롭게 이동한다.

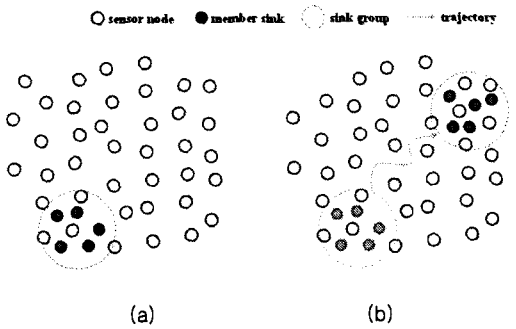

그림 1. 밀집한 싱크그룹 이동성 모델; (a) 이동 전, (b) 이동 후

④ 싱크 그룹 이동성은 Nomadic Community Mobility, Pursue Mobility, 그리고 Reference Point Group Mobility모델들[10]을 기반으로 한다.

본 논문은 싱크 그룹 이동성 보장에 중점을 둔다. 즉, 보다 적은 자원을 통해 이동 싱크들에게 데이터를 전달하는 우수한 성능을 가진 방안에 논문의 목적을 둔다. 이에 충실하기 위해, 가정①과 ②를 통해 노드의 특성들을 단순화한다. 그뿐만 아니라, 가정③을 통해 그룹 내 싱크들 간의 통신방법을 보다 단순화 한다. 마지막으로, 가정④는 T. Camp et al.이 분석한 이동 애드혹(ad hoc) 이동그룹 모델들로써, 본 논문에서 제시된 싱크그룹 이동성 모델은 그들 중 하나의 이동성에 기반한다. 그 이유는 이동 싱크들이 애드혹 이동 노드들의 사용자와 거의 유사한 특성을 가지기 때문이다. 예를 들어, 제안 모델에서 싱크들은 일반 사용자 혹은 단말(terminal)과 같은 개념으로써, 정보를 수집하고, 그 정보를 다중 홉 데이터 무선 통신을 통해 다른 싱크들과 공유할 수 있다.

본 논문에서 제안모델이 가진 독특한 특징들 중 하나는 싱크들의 그룹 이동성이다. 그러므로, 그들은 같은 정보를 요구할 때, 그룹 내 싱크들 중 하나만이 정보를 수집하고 수집된 정보를 그 외의 싱크들에게 전달해 줄 수 있다. 이는 같은 정보에 대해 싱크들이 각각 독립적으로 정보를 수집하는 것에 비해, 데이터 전달 및 경로 관리를 위한 센서노드들의 에너지 비용을 절감할 수 있다. 또한, 제안 모델은 보다 적은 수의 패킷(packet)을 발생시키므로 무선자원을 절약할 수 있다. 결국, 이는 전송률을 높이고, 데이터 전달 지연시간을 줄이는 성능을 발휘할 수 있다.

2.3 싱크그룹 이동성 지원 데이터 전달 프로토콜 연구 필요성

본 논문이 제안한 싱크 그룹 이동성은 기존에 제안된 독립 싱크 이동성 구조를 활용하여 구현이 가능하다. 싱크들이 각각 독립 싱크 이동성 지원 프로토콜들을 탑재한다면, 그룹 이동성을 지원하면서 정보 수집 및 전달 기능을 수행할 수도 있다. 하지만, 앞서 분석한 그룹 이동성만이 가진 독특한 특징들은 그들 기존 프로토콜들의 활용에 있어 다음의 치명적인 문제점들을 가진다.

기존 연구된 독립싱크 이동성 지원 프로토콜들은 소스중심 라우팅 기법과 싱크중심 라우팅 기법으로 분류된다. 본 논문은 그들 중 대표적인 프로토콜을 예로써 활용하여 그 문제점들을 다음과 같이 분석한다. 우선, 싱크중심 라우팅 기법에서는 라우팅 구조가 싱크에 의해 형성된다. 그러므로, 다수의 싱크가 그룹 내 존재할 때, 중복적인 다수의 라우팅 구조들이 그 싱크들을 중심으로 형성된다. 이는 싱크들 주변의 망 부하를 극대화 할 수 있다. 그의 대표적인 프로토콜로써, EEDD[5]가 싱크 그룹 이동성 모델에 적용된다고

가정하자. 그룹 내 모든 싱크들은 어떤 공통된 정보를 얻기 위해 EEDD의 그리드 구조를 독립적으로 형성한다. 그러므로, 그 그리드 구조들을 형성하는 과정에서 발생하는 메시지들은 그룹 싱크 주변에 존재하는 센서들의 무선 자원을 낭비할 뿐 아니라, 에너지 비용을 극대화할 수 있다. 또한, 소스(source)로부터 그룹 싱크들까지 중복적인 데이터 전송으로 인해 전달 경로상 존재하는 센서들의 부하를 초래한다.

또한, 소스중심 라우팅 기법에서는 소스에 의해서 라우팅 구조가 형성된다. 이는 싱크중심 라우팅 기법에 비해 중복적인 라우팅 구조를 형성하지 않으므로 보다 효율적인 특성을 가진다. 하지만, 그룹 내 싱크들은 각각 하나의 소스에게 중복적인 정보를 요구하고, 그로부터 전달받아야 한다. 그의 대표적인 프로토콜, TTDD[4]를 통해 예를 들면, 다음과 같다. lower-tier과정에서 각 싱크들은 데이터를 전달받기 위해 에이전트(agent)들을 따로 설정해야 하고, hier-tier과정에서 모든 싱크들은 독립적으로 소스에게 정보요구 질의를 송신하고 그에 대한 정보를 전달받는다. 이 때, 중복적인 질의에 의해 소스는 비효율적인 에너지 비용을 극대화 할 수 있으며, 결국 기능을 상실 할 수 있다. 뿐만 아니라 소스와 싱크그룹 사이 라우팅 경로 상에 존재하는 센서들도 중복적인 정보 전달을 위해 무선 자원을 낭비하고 에너지 비용을 극대화 할 수밖에 없다.

위와 같은 문제점을 극복하기 위해서는 싱크 그룹 이동성의 독특한 특징을 수반하여 보다 효율적인 프로토콜이 새로 개발되어야 한다.

3. 밀집 싱크 그룹 이동성 보장 방안

3.1 제안 프로토콜 설계 시 고려사항

본 논문이 제안하는 프로토콜은 기존 독립 싱크 이동성을 확장할 경우, 발생하는 문제점을 최소화하는데 그 설계원칙을 둔다.

그룹 내 싱크들이 같은 질의를 통해 같은 데이터를 요구할 경우, 발생된 이벤트 주변에 형성된 하나의 소스 노드로부터 그룹 내 싱크들까지 각각 다른 연결이 생성된다. 이 때, 그 소스는 다른 싱크들로부터 중복적인 질의를 수신할 것이다. 그리고, 그 소스는 같은 데이터를 싱크들에게 개별적으로 전달하게 된다. 이런 형태는 소스에게 많은 부하를 주며, 그 소스를 중심으로 주변 센서 노드들까지 혼잡을 일으켜 핫스팟(hotspot)이 형성된다. 또한, 싱크들과 소스 사이에 경로상 중간 센서 노드들은 같은 데이터를 중복적으로 전달하게 된다. 많은 싱크들이 정보를 개별적으로 요구할 경우, 경로상 패킷혼잡이 발생하며, 그 중간 센서 노드들에게도 많은 부하를 주게 된다. 마지막으로, 싱크 그룹 이동 시 라우팅 경로가 주기적으로 갱신이 필요할 수도 있어 제어 패킷의 발생의 문제점을 갖는다.

그룹 내 싱크들은 같은 질의를 할 경우 대표 싱크에 의해 그를 최소화 할 수 있으며, 소스로부터 획득한 데이터는 나머지 싱크들과 공유하면 된다. 또한, 이동에 따라 라우팅 경로 변경을 위한 추가적인 제어 패킷은 최소화되면, 앞서 제시한 문제점들을 개선할 수 있다.

3.2 네트워크 구조 및 프로토콜 용어

본 논문에서 제안된 프로토콜이 동작할 무선 센서 네트워크 구조는 이동 싱크 그룹(sink group), 센서(sensor) 노드, 이벤트(event)로 구성된다. 이동 싱크 그룹은 둘 이상의 이동 멤버 싱크(member sink)들에 의해 구성된다. 이벤트는 센서 망 내에서 하나이상 동시에 발생 가능 하다. 그리고, 센서 노드들은 망 전체에 고루 분포된다. 싱크 및 센서 노드들은 상황에 따라 추가적인 역할을 수행하는데, 본 논문은 그들을 다음과 같이 정의한다.

- 질의 싱크(Query-initiated Sink; Q-Sink): 이동 싱크 그룹 내 최초로 필요한 정보에 대한 질의를 발생하는 멤버 싱크
- 소스(Source): 발생된 이벤트를 최초로 감지한 센서 노드
- 데이터 수집전달 앵커(Data Collection & Forwarding Anchor; DCF-Anchor): 질의 싱크에 의해 선택되는 하나의 이웃 센서 노드(그 질의를 망 전체에 전달하여 소스로부터 데이터를 전달받는 역할 수행)

3.3 프로토콜 동작 세부 방안

본 논문에서 제안하는 싱크 그룹 이동성 보장 방안은 5단계로 구분된다: 1) 데이터 수집전달 앵커 (DCF-anchor) 선택 단계, 2) 질의 및 데이터 보고 단계, 3) 싱크 그룹의 이동 및 라우팅 경로 설정 단계, 4) 소스 이동 싱크 그룹까지 데이터 전달 단계, 그리고 5) 싱크 멤버들간 수신된 데이터 공유 단계.

3.3.1 데이터 수집전달 앵커 (DCF-anchor) 선택 단계

본 단계는 싱크 그룹은 이동하기 때문에 망 내 센서들로부터 데이터가 하나의 노드로 수집될 수 있도록 정적 싱크의 일부 기능을 대행할 DCF-anchor를 선정하는 과정이다. 본 단계에서 메시지 및 자료구조는 다음과 같다.

- *DCF_ANCHOR_REQUEST*: <질의 ID, 그룹ID, 질의 싱크 ID> 포함
- *DCF-ANCHOR_REPLY*: <센서 ID, 에너지 잔량, 질의 ID, 그룹 ID, 질의 싱크 ID> 포함
- *DCF_ANCHOR_CONFIRM*: <선택된 센서 ID, 질의 ID, 질의 세부사항, 그룹 ID> 포함

이동 중인 그룹 내 멤버 싱크들에게 어떤 이벤트에 대한 정보 요구가 발생하면, 그들 중 하나는 질의 싱크(Q-sink)의 역할을 한다. 질의 싱크는 이웃 센서들

중 하나에게 DCF-anchor 역할을 부여하기 위해 *DCF_ANCHOR_REQUEST* 메시지를 브로드캐스팅 한다. 그 메시지를 받은 이웃 센서들은 자신의 ID 및 에너지 잔량을 포함한 *DCF_ANCHOR_REPLY* 메시지를 그 질의 싱크에게 송신한다. 그 *DCF_ANCHOR_REPLY* 메시지들을 받은 질의 싱크는 에너지 잔량이 가장 많은 센서를 선택하여 DCF-Anchor로써 그의 ID를 등록하고, DCF-anchor로 선택된 센서 ID, 질의ID, 질의 세부사항, 그리고 그룹ID가 포함된 *DCF_ANCHOR_CONFIRM* 메시지 브로드캐스팅 한다. 그 *DCF_ANCHOR_CONFIRM* 메시지를 수신한 이웃 센서들은 메시지에 포함된 선택된 센서 ID를 확인한다. 동일한 ID를 가진 센서는 DCF-anchor 가 되며, 그룹ID, 질의 ID 및 질의요청 세부사항을 자신의 메모리에 등록한다.

1단계가 완료되면, 2단계가 시작되고, 싱크그룹의 이동 여부에 따라 3단계가 동시다발적으로 수행될 수도 있다.

3.3.2 질의 및 데이터 보고 단계

선택된 DCF-anchor는 데이터 수집을 위해, 망 내 센서들과 질의 및 데이터 보고 과정을 수행한다. 그 DCF-anchor는 정적 싱크의 역할을 수행하여, 망 내 센서들에게 질의 메시지를 전파하고, 감지된 데이터를 수집한다. 본 단계에서 질의 및 보고를 통한 데이터 수집과정은 기존에 정적 싱크를 기반으로 제안된 데이터중심 라우팅(data-centric routing) 방안[11][12][13]들을 별도의 수정 없이 그대로 적용할 수 있다. 예를 들어, C. Intanagonwiwat *et al.* [11]가 제안한 Directed Diffusion이 사용될 경우, DCF-anchor는 *DCF_ANCHOR_CONFIRM* 메시지에 포함된 질의 세부사항을 바탕으로 Interest를 망 내 센서들에게 전파하고, 형성된 gradient와 reinforcement를 통해 소스로부터 DCF-anchor까지 설정된 라우팅 경로를 따라 데이터가 전달된다.

본 논문은 데이터 수집을 위한 질의 및 보고과정에 대한 세부사항을 더 이상 다루지 않는다. 그 이유는 우선 본 단계를 위해 기존 제안된 안정된 프로토콜을 그대로 활용할 수 있다. 그뿐만 아니라, 이동성 지원방안의 핵심은 수집된 데이터를 DCF-anchor로부터 이동 중인 싱크 그룹까지 전달하는 것이다. 그러므로 데이터 수집과정 자체는 이동성 지원과 연관성이 적다.

3.3.3 싱크 그룹의 이동 및 라우팅 경로 설정 단계

본 단계는 이동 중인 싱크 그룹이 그들의 자취를 주기적으로 이동 경로상의 센서들에게 남김으로써, 라우팅 정보를 설정하는 과정을 기술한다. 그러므로, 1단계가 완료되면, 2단계와는 독립적으로 동시수행이 가능하다.

질의 싱크는 주기적으로 beacon 메시지를 주변 이웃 센서들에게 브로드캐스팅한다. 그 beacon 메시지는 <질의ID, 그룹ID, #TSB> 정보를 포함한다. #TS는 beacon 메시지가 브로드케스팅될 때의 시간 값으로 그의 최신 정보를 의미한다. 그 beacon 메시지를 받은 이웃 센서들은 자신이 가진 라우팅 캐쉬 테이블(routing cache table)에 다음 라우팅 정보를 저장한다.

- 질의ID: 질의 싱크가 요청한 질의 ID
- 그룹ID: 질의 싱크가 소속된 그룹 ID
- #TSB: beacon 메시지가 전파될 때 시간 값
- #정보유효시간: beacon 메시지로부터 획득한 라우팅 정보가 저장 후 삭제되기 전까지 유효한 시간

위의 라우팅 정보는 수신된 데이터를 이동 싱크 그룹까지 전달하는데 이용되며, #정보유효시간은 센서 자신이 소스로부터 데이터를 전달받을 수 있는 충분한 시간으로 초기에 설정된다. 그리고, 데이터가 라우팅 될 때마다 그 #정보유효시간은 재설정되어 유지된다.

3.3.4 소스부터 이동 싱크 그룹까지 데이터 전달 단계

본 단계는 2단계를 통해 DCF-anchor에 수집된 데이터가 이동 중인 싱크 그룹까지 라우팅 되는 과정이다.

싱크 그룹이 이동한 경로상에 존재하는 센서들은 각각 라우팅 캐쉬 테이블에 라우팅 정보를 가진다. DCF-anchor는 이동 싱크그룹에게 전달할 데이터 패킷을 생성한다. 그 데이터 패킷은 아래의 정보를 포함한 헤더(header)와 수집된 데이터로 구성된다.

- 질의ID: 질의 싱크가 요청한 질의 ID
- 그룹ID: 질의 싱크가 소속된 그룹 ID
- #SEQ: 수집된 데이터 순차번호
- #TSB: 라우팅 캐쉬 테이블에 저장된 #TSB의 최신 값(기본값 0으로 설정)

DCF-anchor는 생성된 데이터 패킷을 이웃 센서에게 브로드캐스팅 한다. 이웃 센서 중에서 라우팅 캐쉬 테이블에 beacon으로부터 획득한 라우팅 정보가 없는 센서들은 그 데이터 패킷을 무시한다. 반면, 라우팅 정보가 있는 센서들은 패킷 헤더 내 포함된 <질의ID, 그룹ID>를 라우팅 캐쉬 테이블에 저장된 <질의ID, 그룹ID>와 비교한다. 만약 같을 경우, 그들은 패킷헤더 내 <#TSB>가 캐쉬 테이블에 저장된 <#TSB> 값 보다 작으면, 헤더 내 <#TSB> 값을 캐쉬 테이블의 <#TSB>값으로 교체한 후, 그 패킷을 임시 저장하고, 그를 이웃 센서들에게 다시 브로드캐스팅한다. 위의 조건을 만족하지 않으면, 그 데이터 패킷은 무시된다. 이 때, 센서들은 같은 #SEQ를 가진 데이터 패킷은 중복으로 수신하지 않는다.

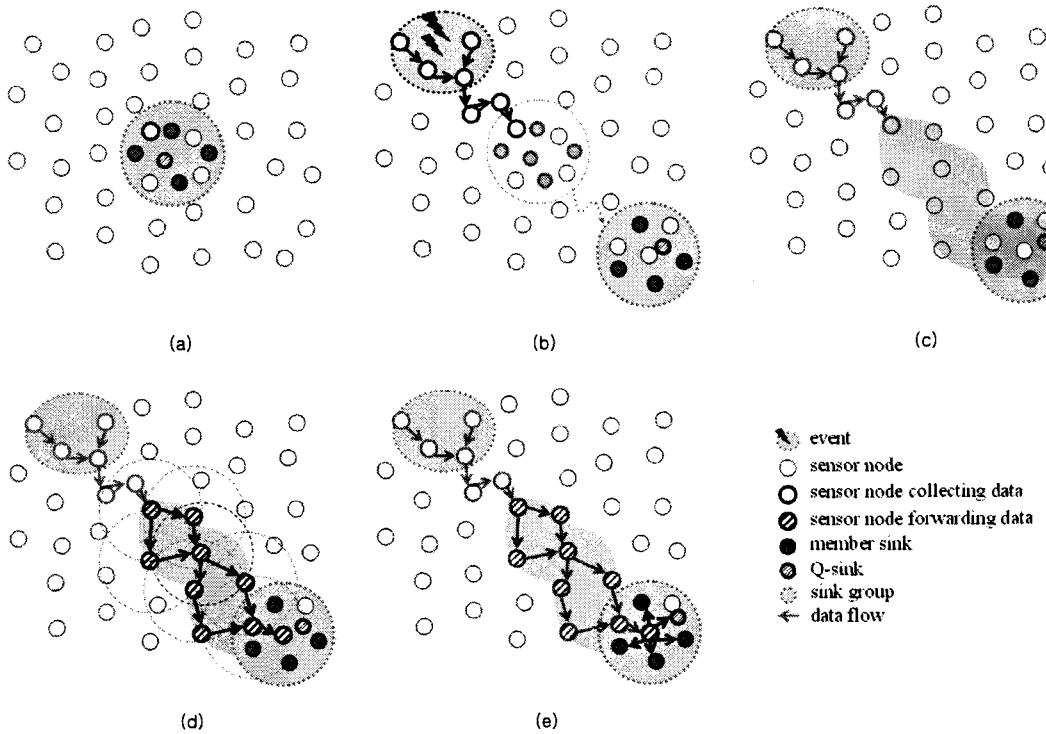

그림 2. 밀집한 싱크 그룹이동성 지원 라우팅 방안과정; (a) 데이터 수집전달 앵커 (DCF-anchor) 선택, (b) 질의 및 데이터 보고, (c) 싱크 그룹의 이동 및 라우팅 경로 설정, (d) 소스 이동 싱크 그룹까지 데이터 전달, (e) 싱크 멤버들간 수신된 데이터 공유

이렇게 하여 이웃 센서들에게 점차적으로 전파된 데이터 패킷은 싱크그룹의 이동 경로를 따라 전파되고, 결국 그룹 내 싱크들 중 하나에게 도달하게 된다. 본 논문은 이와 같이 목적지로 향한 명시적인 라우팅 경로없이 브로드캐스팅에 의해서 이웃 센서들에게 점차적으로 전파됨으로써 목적지까지 패킷이 전달되는 라우팅 기법을 "암시적 데이터 전달(Implicit Data Dissemination)"이라고 지칭한다.

3.3.5 싱크 멤버들간 수신된 데이터 공유 단계

본 단계는 그 데이터 패킷이 전달 그룹 내 싱크들 모두에게 멀티캐스팅 되는 과정을 설명한다.

본 논문 2장은 그룹 내 싱크들의 이동 반경을 그룹의 논리적 중심 축으로부터 전송 가능한 거리 이하로 제한한다. 즉, 그룹 내 질의 싱크는 중심 축으로부터 전송 반경 내에서 이동하며, 질의 싱크가 브로드캐스팅 하는 beacon 메시지는 그룹의 중심 축에 근접한 센서들에게 전달된다. 그러므로, DCF-anchor로부터 "암시적 데이터 전달"에 의해 라우팅되는 데이터 패킷은 항상 싱크 그룹의 논리적 중심 축에 존재하는 센서들까지 전달된다. 결국, 그룹 중심 축 상에 존재하는 센서들의 암시적 데이터 전달 라우팅에 의한 브로드캐스팅은 데이터 패킷을 그룹 내 존재하는 모든 싱크들에게 전달하게 된다.

그룹 내 싱크들은 센서들에 의해 전송된 데이터 패킷을 수신하여, 싱크 자신이 가진 <질의ID, 그룹ID>와 패킷헤더에 저장된 <질의ID, 그룹ID>를 비교하여 일치하면 데이터를 저장한다. 그렇지 않으면, 그 패킷을 무시한다.

만약, 그룹 내 존재하는 싱크들의 일부가 그룹의 변두리에 존재하는 싱크로부터 전송 가능한 거리까지 그룹을 이탈할 경우, 이탈한 싱크들은 질의싱크에 의해 관리되고, 싱크들간의 라우팅 경로를 설정하여 이탈한 싱크들에게 데이터 패킷이 전달되어야 할 것이다. 하지만, 이 경우는 본 논문에서 제시한 밀집 싱크 그룹 모델과 일치하지 않으므로, 더 이상 거론하지 않고, 향후 연구 과제로 남기도록 한다.

4. 결 론

본 논문은 무선 센서 망에서 특성이 비슷한 다수의 싱크들이 함께 이동하는 모델을 밀집한 다수 싱크 그룹과 산재한 다수 싱크 그룹으로 분류하였다. 이러한 싱크 그룹 이동성은 기존 연구된 독립 싱크의 이동성을

확장하여 구현이 가능하지만, 센서 망 내에 치명적인 문제점 및 비효율성을 유발한다. 데이터 수집에 있어서 소스주변에 핫스팟 문제점을 발생시키고, 소스와 싱크들 사이의 경로 상에 중복된 데이터를 여러 번 송수신 함으로써 대역폭 및 에너지 손실을 유발한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 논 연구는 밀집한 싱크그룹 이동성 분석과 함께 그를 위한 이동성 지원 라우팅 프로토콜을 제안하였다.

현재, 우리는 컴퓨터 모의실험을 진행 중에 있으며, 그의 결과 분석을 제안 프로토콜에 대한 성능 우수성을 입증 할 계획이다. 또한, 향후 연구에서는 산재한 싱크그룹 이동성에 대한 분석 및 이동성 지원 프로토콜을 제안하고, 그에 대한 성능을 평가하도록 한다.

5. 참 고 문 헌

[1] L. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, August 2002, pp.102-114.

[2] F. Ye, H. Luo, J. Cheng, S. Lu, and L. Zhang, "A Two-Tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Networks," ACM Mobicom, September 2002, pp.148-159.

[3] E. Ekici, Y. Gu, and F. Bozdag, "Mobility-based Communication in Wireless Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, July 2006. pp. 56-62.

[4] A. Kansal, A.A. Somasundara, D.D. Jea, M.B. Srivastava, and D. Estrin, "Intelligent Fluid Infrastructure for Embedded Networks," ACM MobiSys, June 2004, pp.111-124.

[5] Z. Zhou, X. Xiang, and X. Wang, "An Energy-Efficient Data-Dissemination Protocol in Wireless Sensor Networks," IEEE WoWMoM, Jun. 2006.

[6] H. Karl and A. Willig, *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, Chichester: John Wiley & Sons, 2005, pp.7-13, 62-63, 328-329.

[7] C. Chong and S. Kumar, "Sensor networks: evolution, opportunities and challenges," Proceedings of The IEEE, Vol. 91, No. 8, August 2003, pp.1247-1256.

[8] J. Kong, J. Cui, D. Wu, and M. Gerla, "Building Underwater Ad-hoc Networks and Sensor Networks for Large Scale Real-time Aquatic Applications," IEEE MILCOM, October 2005, pp.1535-1541.

[9] A. Cerpa *et al.*, "Habitat Monitoring: Application Driver or Wireless Communications Technology," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 31, April 2001, pp.20-41.

[10] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research," WCMC, vol. 2, no. 5, Jun. September 2002, pp.483-502.

[11] C. Intanagonwiwat *et al.*, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 11, Feb. 2003, pp.2-16.

[12] D. Braginsky and D. Estrin, "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks," ACM WSNA, September 2002, pp.22-31.

[13] A. Singh, R. Nowak, and P. Ramanathan, "Active Learning for Adaptive Mobile Sensing Networks," ACM/IEEE IPSN, April 2006, pp.60-68.