

센서 네트워크에서 이동싱크로의 연결설정 방안

박상준¹ · 이종찬¹ · 김형종^{2*}

A Connection Setup Scheme to Mobile Sink in Sensor Networks

Sang-joon Park · Jong-chan Lee · Hyung-Jong Kim

ABSTRACT

The sink mobility can request frequent routing change in sensor networks. By active mobility a sink can gather needed information easily so that the network availability will be higher. However, instead static sink system, the connection between sensor nodes and a mobile sink can be changed continuously. That is, the rerouting should be implemented caused by the routing alteration. It is two connection setups for the mobile sink system: the connection from sink to sensor nodes and the connection from sensor nodes to sink. However, sensor nodes actually have many functional limitations. Hence, the low cost scheme will be needed for the connection setup from sensor nodes to the mobile sink. In this paper, we propose an agent scheme to the connection setup from sensor nodes to the mobile sink. The agent scheme provides the reliable setup scheme to the connection by using an agent sector.

Key words : Sensor networks, Agent sector, Mobile sink

요약

싱크의 이동성은 센서 네트워크에서 보다 많은 라우팅 변화를 발생시킨다. 능동적인 싱크의 이동으로 필요한 정보에 대한 적극적인 수집이 가능할 것이며, 이는 네트워크의 효율성을 더욱 높일 것이다. 하지만 고정된 싱크와 달리 싱크가 이동성을 가지게 되면 센서 노드와의 통신 연결이 지속적으로 변경될 수 있다. 라우팅 변동에 의한 경로 재설정이 불가피하게 되는 것이다. 이동 싱크로의 경로 설정에는 싱크에서 노드로의 경로 설정과 노드에서 이동 싱크로의 경로 설정 두 가지가 있다. 센서 네트워크에서 노드는 많은 제약을 가지고 있다. 노드에서 싱크로의 연결 설정을 발생할 경우 경로 배정에 대한 부담을 줄이는 방안이 제시되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 노드에서 이동 싱크로의 경로 설정을 위한 에이전트 방식을 제안한다. 에이전트 방식은 중계 노드를 통하여 경로 설정이 필요한 노드와 이동 싱크와의 신속한 연결 방안을 제공한다.

주요어 : 센서 네트워크, 에이전트 섹터, 이동 싱크

1. 서 론

점진적으로 각 산업 분야에서 센서 네트워크의 사용이 확대되고 있으며, 신기술 분야에서도 센서 네트워크 적용 방안이 활발히 연구 중에 있다¹⁻³⁾. 기존의 센서 네트워크의 경우 센서 노드의 정보를 수집하는 싱크의 이동성이

고려되지 않았으나, 센서 네트워크의 쓰임새가 확대됨에 따라 싱크의 이동성이 고려되고 있다⁴⁾. 싱크의 이동성 부여에 대한 예로 원자력 발전소, 군사지역, 지진과 같은 자연재해 상황 등이 있으며, 이러한 사람이 직접적으로 정보를 수집할 수 없는 환경에서 노드의 정보를 보다 적극적으로 수집하기 위하여 싱크의 이동성을 부여하는 것이다. 따라서 이동 싱크는 정해진 센서 네트워크 지역을 이동하면서 센서 노드들과 연결을 설정하여 필요한 정보를 수집하거나, 수집할 정보 특성을 변경 및 요청을 할 수 있다.

센서 네트워크의 연구는 기존 고정 싱크 방식에서 점진적으로 이동 싱크에 대한 방안이 제시되고 있다. 하지만 센서 네트워크에서 싱크의 이동성이 부여되면 싱크가 고정적인 경우에서 고려되지 않았던 문제점이 발생한다.

* 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임

2008년 1월 31일 접수, 2008년 3월 1일 채택

¹⁾ 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과

²⁾ 서울여자대학교 컴퓨터학과

주 저 자 : 박상준

교신저자 : 김형종

E-mail: hkim@swu.ac.kr

먼저 소스 센서 노드와 싱크와의 경로 유지에 대한 것이다. 고정 싱크 방식에서는 정보 전송을 위해 노드와 싱크 사이에서 연결 설정이 이루어지면 통신이 끝날 때까지 중간 경로 상의 노드에 문제가 발생하지 않는 한 처음 설정된 경로가 계속 유지될 수 있다. 여기서 중간 경로의 노드에서 발생하는 문제는 노드의 전원 부분이다. 통신 연결에서 노드의 잔류 전원이 더 이상 경로를 유지하기 힘들 경우 경로에 대한 변경이 불가피하기 때문이다. 이와 같이 고정 싱크 방식에서는 중간 노드의 전원이 트래픽을 전송하는 데에 충분하다면 통신 전송이 끝날 때까지 경로가 변경되지 않는다. 하지만 싱크가 이동성을 가지게 되면 소스 노드가 고정되어 있다 하더라도 싱크의 위치는 지속적으로 변경되기 때문에 경로의 변경이 불가피하다. 이동 싱크에 대한 두 번째 고려 사항은 경로 설정에 관한 것이다. 경로 설정을 위해 고정 싱크 방식에서는 싱크와 노드의 위치가 고정적이기 때문에 일정한 형태의 경로 배정이 가능하다. 하지만 이동 싱크 방식에서는 싱크가 지속적으로 이동하기 때문에 고정 싱크의 경로 설정 방식보다 복잡하다. 특히, 고정 싱크 방식에서는 연결 설정의 시작이 싱크에서 이루어지든지 노드에서 이루어지든지 크게 영향을 받지 않지만, 이동 싱크의 경우 연결 설정 주체에 따라 설정방식이 달라질 수 있다. 이동 싱크 방식에서 노드는 고정되어 있지만 싱크는 이동하기 때문이다. 따라서 이동 싱크에서 고정 센서 노드에 연결 설정을 하는 과정과 고정 센서 노드에서 이동 싱크에 연결 설정을 하는 과정이 다르게 된다. TTDD(Two_Tier Data Dissemination) [4] 혹은 [5]와 같은 기존의 이동 싱크 연구에서는 대부분 이동 싱크에서 고정 센서 노드로의 연결 설정 방안이 제시되었다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 감지 정보에 대해 보고를 해야 하는 곳에서는 노드가 이동 싱크로 정보를 제공할 필요가 있기 때문에, 센서 노드에서 이동 싱크로의 연결 설정이 이루어져야 한다. 제한적인 기능을 가지는 센서 노드에서 이동하는 싱크에 연결 설정을 이루기 위해서는 기존의 싱크가 사용하였던 연결 설정 방식을 적용하기에는 어려움이 있다. 왜냐하면 기존의 이동 싱크에서 노드로의 연결 설정은 고정 싱크 방식보다는 복잡하지만 센서 노드의 위치를 이동 싱크가 정확히 파악하고 있기 때문에 보다 용이할 수 있다. 따라서 센서 노드에서 이동 싱크로의 연결 설정 비용을 줄이는 방식이 제안되어야 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장은 네트워크 섹터 구성과 본 논문의 제안 방식인 에이전트 방식을 기술한다. 제 3장에서는 성능평가 및 그에 대한 논의가 제시되며, 끝으로 제 4장에서 결론을 맺는다.

2. 섹터기반 에이전트 라우팅

2.1 네트워크 섹터 관리

센서 노드들은 자신이 감지한 정보를 싱크를 통하여 사용자에게 전달한다. 센서 노드가 싱크와 통신을 위한 연결설정을 하는 방법은 주로 [6]-[8]에서와 같이 싱크가 센서 노드에게 연결 설정을 수행하는 방식이 고려되었다. 또한 싱크가 고정된 시스템이 아닌 자유롭고 능동적인 정보 수집과 센서 네트워크의 가용성을 높이기 위하여 점진적으로 이동 싱크에 대한 연구도 제시되고 있다. 이 경우에도 마찬가지로 이동 싱크가 센서 노드들에게 연결 설정을 수행하여 정보를 얻는 방안이 제안되었다^[4,5]. 하지만 센서 네트워크에서 싱크가 센서 노드에 연결 설정을 요청하여 정보를 수집하는 방안은 수동적인 정보 형태일 수 있다. 따라서 싱크에서 노드로의 연결 설정뿐만 아니라 센서 노드에서 이동 싱크로의 연결 설정 방안도 반드시 고려되어야 한다. 특정한 센서 노드들에서 요구 정보가 감지될 경우 노드들은 이동 싱크로의 연결 설정을 요구하고, 자신이 감지한 정보를 싱크로 전송하는 것이다. 또한 센서 노드에서 이동 싱크로의 연결 설정은 이동 싱크에서 노드로의 연결 설정과 마찬가지로 이동 싱크의 이동 시 연결 설정에 대한 지속적인 변화가 발생한다. 따라서 이동상에서 발생하는 이동 싱크와 센서 노드로의 라우팅 변화에 맞는 경로 방안이 고려되어야 한다. 본 논문에서는 센서 노드들의 분포는 균일하다는 것을 가정하며, 센서 네트워크에서 노드와 이동 싱크의 연결설정을 위해 섹터 기반의 구성을 가정 한다(그림 1)^[2-3]. 각 섹터의 크기는 같다고 가정하며 센서 네트워크 전체 크기는 $N_s \times W_s$ 가

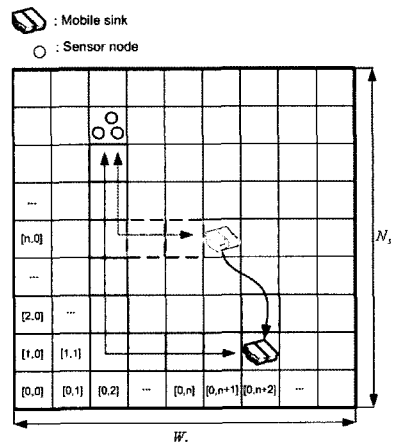


그림 1. 섹터 기반의 네트워크 구성

된다. 섹터의 모양을 사각형이라 하면 한 섹터의 크기는 N_s 변의 섹터 수가 n 이고 W_s 변의 섹터 수가 m 일 경우 $\frac{N_s \cdot W_s}{nm}$ 이 된다. 한 섹터의 이웃 섹터는 섹터 사이 면이 연결된 섹터, 그림 2에서 보는 바와 같이 섹터 (w, n) 와 한 변이 연결된 $(w-1, n)$, $(w+1, n)$, $(w, n-1)$, $(w, n+1)$ 섹터가 이웃 섹터가 된다.

2.2 에이전트 설정

센서 네트워크에서는 센서 노드가 감지한 정보에 대한 전송을 위해 싱크로의 연결설정을 능동적으로 할 수 있어야 한다. 이는 센서의 정보 수집 특성이 사건 발생적일 경우가 많고 사건에 대한 정보 전송의 신속성이 필요한 경우도 있기 때문이다. 특정 센서 노드가 정보 수집 대상 사건 발생을 감지한 후에 이동 싱크의 연결설정 요청과 상관없이 싱크로의 정보 전송이 가능하여야 되기 때문이다. 센서 노드에서 이동 싱크로의 연결설정을 시도할 때 먼저 네트워크 지역에서 이동 싱크의 위치를 파악하는 것이다. 이동 싱크의 위치가 현재 어느 섹터에 위치해있는지 파악되어야만 연결 설정이 가능하기 때문이다. 하지만 센서 네트워크에서 센서 노드의 역할은 기본적으로 주어진 라우팅 정보를 기반으로 센싱 정보를 전달하는 고유의 기능으로 인하여 최소한의 시스템 기능만이 제시될 뿐 싱크 처럼 고도의 지능적 기능을 수행하기에는 한계가 있다. 즉, 센서 노드가 능동적으로 이웃하는 노드들과 협력하여 이동 중인 싱크의 위치를 파악하여 라우팅 설정을 요청할 수 없다는 것이다. 따라서 센서 노드는 기본적인 라우팅 정보를 통하여 최소한의 정보 전송 기능만을 유지하는 것이다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 센싱 정보의 감지를 통하여 언제든지 센서 노드들은 싱크로 연결설정을 요구할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 기능적 제약이 있는 센서 노드가 이동 싱크의 위치를 파악할 수 있는 에이전트 방안을 제안하는 것이다. 본 논문에서 제안하는 에

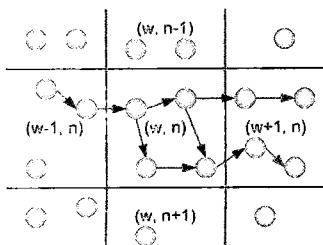


그림 2. 센터 간 정보 전송

이전트 방식은 이동 싱크가 다른 섹터로 이동할 경우 자신의 위치 정보를 포함한 라우팅 정보를 에이전트 섹터에게 알리는 것이다. 네트워크 초기 설정 시에 우선 이동 싱크는 임의의 특정 섹터를 에이전트 섹터로 설정한다. 에이전트 섹터를 설정한 후 이동 싱크는 각 섹터에 에이전트 섹터의 위치를 알려주며, 에이전트 섹터의 위치 정보를 받은 각 섹터의 노드들은 위치 정보를 저장한다. 에이전트를 설정하는 방식은 네트워크를 단일 구역으로 두어 한 개의 에이전트를 설정할 수 있으며, 구역을 나누어 여러 에이전트를 둘 수 있다. 그림 3에서는 4개의 구역으로 구분하여 각 구역에 에이전트가 있는 것을 보이고 있다.

그림에서 보면 구역이 정해지면 각 섹터는 자신의 섹터가 어느 구역에 속하는지 알게 되는데 이는 제어 정보의 교환 혹은 초기 노드 세팅 시에 정해질 수 있다. 섹터가 자신의 구역을 파악하는 동안 싱크는 에이전트 섹터를 결정한다. 에이전트 섹터가 결정되면 싱크는 각 구역의 에이전트 섹터에게 설정된 사항을 알리며, 각 에이전트에 설정정보를 전송할 때 싱크 자신과 에이전트 섹터 간의 라우팅 정보를 알려준다. 예를 들자면 그림 3에서 보는 바와 같이 싱크는 에이전트 A1에게 에이전트 섹터임을 알리며 라우팅 정보 $R_{A1 \dots Sink} = \{(3,4), (3,3), (4,3), (5,3), (6,3)\}$ 을 제공한다. 라우팅 정보를 받은 에이전트 섹터 A1의 센서 노드들은 자신과 현재 싱크의 위치까지의 라우팅 정보를 보관하고, 네트워크 운영 중에 다른 노드들이 연결 설정 요청을 하게 되면 해당 라우팅 정보를 사용하는 것이다.

2.3 싱크로의 연결설정

필요 정보를 감지한 센서 노드가 정보 전송을 수행할

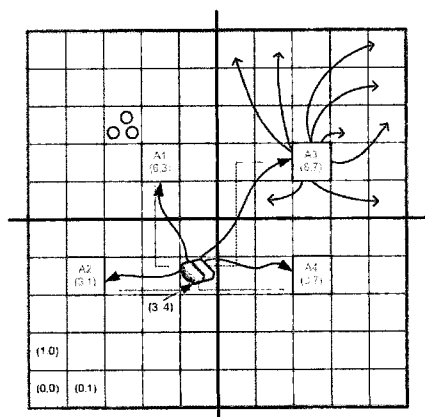


그림 3. 에이전트 섹터 지정

경우 그림 4와 같이 먼저 센서 노드는 자신이 속한 구역의 에이전트 섹터에 싱크로의 정보 전송 요청을 수행한다. 그림에서 보면 정보를 감지한 노드 섹터 (1, 4)는 에이전트 섹터 (4, 2)를 통하여 정보 전송을 위하여 싱크로의 라우팅 요청을 한다. 섹터 (1, 4)로부터 싱크로의 라우팅 요청을 받은 에이전트 섹터 (4, 2)는 그림 5와 같이 자신이 알고 있는 싱크의 위치 섹터로 송신 섹터의 정보와 함께 라우팅 요청을 알린다. 그림에서 보면 현재 싱크는 섹터 (4, 5)에 위치해 있으며, 에이전트 섹터로부터 송신 노드가 있는 섹터 (1, 4)의 라우팅 요청을 듣게 된다. 그림 6은 이동싱크와 송신 섹터간의 연결 설정의 과정을 보이고 있다. 에이전트 섹터를 이용하여 송신 섹터로부터 라우팅 요청을 받은 싱크가 연결 설정을 수행하는 이러한 방식에는 두 가지 중요한 특징이 있다. 첫째, 센서 노드의 제한적 기능성으로 인하여 센서 노드가 능동적으로 라우팅 설정을 주도하기에는 어려운 점이 있다. 따라서 연결 설정을 위하여 송신 섹터가 수행할 수 있는 일은 이동 싱크에게 자신의 정보 전달 의지를 전달하는 것이다.

둘째, 이동 싱크가 라우팅 요청을 받아 연결 설정을 요구하는 송신 섹터로 직접적으로 연락을 취함으로써 정보 전송의 추가적인 에너지 낭비를 막을 수 있다. 만일 송신

섹터가 에이전트 섹터를 통하여 이동 싱크에게 감지한 정보를 전송할 경우 라우팅의 낭비가 발생할 수 있다. 그림 6의 예를 들자면, 송신 섹터가 직접 에이전트 섹터를 거쳐 싱크로 정보를 전송할 경우 전체적인 연결 설정이 $R_{S-A2-sink} = \{(1, 4), (1, 3), (1, 2), (2, 2), (3, 2), (4, 2), (4, 3), (4, 4), (4, 5)\}$ 으로 라우팅 섹터가 9개가 소모된다. 네트워크 지역에서 싱크는 언제나 이동할 수 있기 때문에 송신 섹터 근처 섹터에 있을 수 있다. 이렇게 되면 라우팅에 소모되는 추가적인 섹터 노드의 에너지 낭비가 발생하며 이는 네트워크의 전체적인 수명에 영향을 미치게 된다. 그러므로 그림 6에서처럼 섹터 (4, 5)에 있는 싱크가 경로 $R = \{(4, 5), (3, 5), (2, 5), (1, 5), (1, 4)\}$ 를 통하여 라우팅 섹터를 5개만 이용하게 된다.

2.4 이동싱크의 위치관리

본 논문에서는 연결설정이 없는 싱크가 다른 섹터로 이동할 경우 에이전트 섹터에 위치변경을 보고하도록 하는 방안을 고려한다. 그림 7에서 보는 바와 같이 에이전트 섹터는 싱크가 이동에 의해 새로운 위치 정보와 라우팅 정보를 전송하면 싱크와의 라우팅 정보를 갱신한다. 그림에서 보면 싱크가 섹터 (4, 6)에 있다가 섹터 (5, 6)로 이동하는 것을 보이고 있다. 이럴 경우, 싱크는 에이전트 섹터에 자신이 새롭게 진입한 섹터인 (5, 6)을 에이전트 섹터에 알리게 된다.

또한 싱크는 에이전트 섹터에 라우팅 요청 경로를 $R_{S-sink} = \{(4, 2), (4, 3), (4, 4), (4, 5), (4, 6)\}$ 에서 $R_{S-sink} = \{(4, 2), (5, 2), (5, 3), (5, 4), (5, 5), (5, 6)\}$ 으로 변경되었음을 알린다. 싱크로부터 새로운 경로 정보를 받은 에이전트 섹터는 자신이 가지고 있는 싱크의 라우팅 정보를 갱신한다. 하지만 싱크의 이동성 클 경우 문제점이 있을 수 있다. 이동 싱크의 이동성이 작을 경우에는 섹터간 이동이 적어

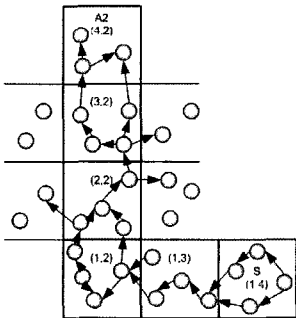


그림 4. 에이전트 섹터로 라우팅 요청

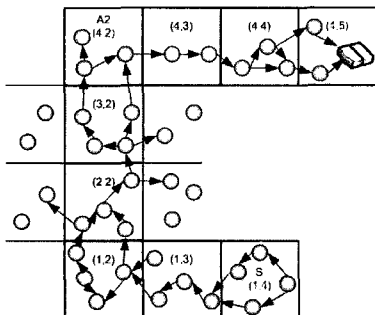


그림 5. 싱크로의 라우팅 요청

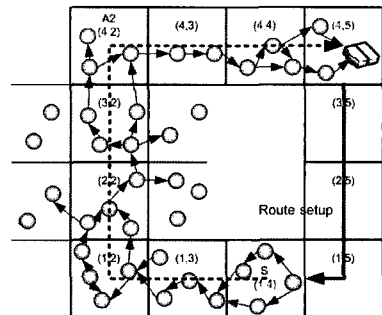


그림 6. 연결설정 과정

에이전트 섹터로의 위치 갱신이 자주 발생하지 않지만, 싱크의 이동성이 클 경우에는 섹터 간 이동이 자주 발생하므로 위치 갱신이 빈번히 이루어질 수 있다. 위치 갱신이 빈번히 발생하면 에이전트 섹터로의 정보 전달을 위한 에너지 소모가 자주 발생하기 때문에 마찬가지로 네트워크의 전체적인 수명을 단축시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 8과 같이 섹터의 이동 거리에 의해 싱크의 위치 정보를 갱신하는 방안을 고려한다. 그림에서 보면 싱크는 섹터 (4, 6)에서 에이전트 섹터에게 위치 갱신을 한 후 계속 이동하여 섹터 (5, 6), (5, 5)를 거쳐 섹터 (6, 5)에 진입하는 것을 보이고 있다. 섹터 (6, 5)에 진입한 싱크는 에이전트 섹터 (A2)에게 자신의 위치를 알린다. 이렇게 할 경우 싱크는 섹터를 이동할 때마다 에이전트 섹터에 위치 정보를 갱신할 필요가 없기 때문에 위치갱신을 위한 에너지 낭비를 줄일 수 있다. 그림에서 보면 위치 정보 갱신을 위한 싱크의 위치 지역(Sink Location Area)을 볼 수 있다. 싱크의 위치 지역의 크기는 일정한 섹터의 집합으로 이루어진 지역으로 해당 지역을 벗어나면 싱크가 위치 갱신을 하는 것이다. 예로 그림에서의 위치 지역의 크기는 $k \times k (-3)$ 으로 총 9개의 섹터 지역으로 이루어져 있다. 따라서 그림에서 싱크가 위치 지역을 벗어나 섹터 (6, 5)로 진입하면 에이전트 섹터에게 자신의 위치를 알리는 것이다.

본 논문에서는 제안한 싱크의 이동관리에 대한 분석

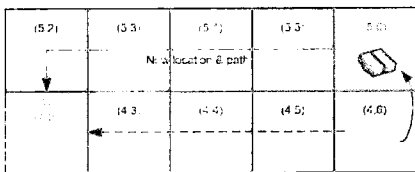


그림 7. 싱크의 이동

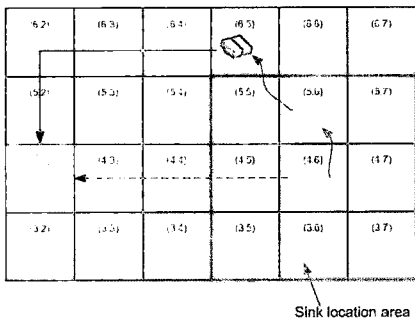


그림 8. 싱크의 위치 정보 갱신

모델을 다음과 같이 제시한다. 이동관리에 대한 분석 모델은 기존의 단말기에 대한 위치 관리를 위한 분석을 기반으로 한다⁹⁾. 우선 싱크의 이동관리를 위해 드는 전체 메시지 비용 (ST_{sink})은 다음과 같이 싱크의 위치 갱신 비용과 라우팅 요청이 발생하였을 경우에 싱크의 위치 확인 비용으로 얻어진다.

$$ST_{sink} = C_{su} + C_{sl} \tag{1}$$

여기서 C_{su} 는 싱크가 위치를 갱신하는 데 드는 평균 메시지 비용이며, C_{sl} 은 라우팅 요청 시 싱크의 위치를 찾는 데 소모되는 평균 메시지 비용이다.

3. 성능평가

본 장에서는 에이전트 섹터에 의한 연결 설정 방식의 분석 환경 및 결과에 대한 분석을 제시한다. 본 논문에서 제안하는 에이전트 방식은 센서노드의 기능적 제한으로 인하여 노드가 싱크로 라우팅 요청을 수행하는 것으로 최종적으로 연결 설정에 대한 수립은 싱크가 담당하게 된다. 성능 분석을 위하여 시스템 파라미터는 표 1과 같다. 노드의 분포는 하나의 섹터에 평균 10개로 균일하게 분포되어 있다고 가정하며 섹터의 수는 노드 수의 10%로 가정하고¹⁰⁾, 에이전트 섹터는 1개로 가정하였다. 싱크의 이동은 자유 이동을 가정하며, 제어 신호와 일반 메시지와 전력 소비는 같다고 가정한다. 센서 노드의 모드는 전송 모드와 수신 모드 그리고 휴지 모드로 크게 3가지로 구분하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 전송 모드와 수신 모드를 위한 전력 소비는 같다고 가정한다. 그림 9은 센서 노드에서 싱크로의 라우팅 요청율의 변화에 따른 위치관리 비용을 나타내고 있다. 위치관리 비용의 단위로는 와트

표 1. 시스템 파라미터

Item	Value
네트워크 지역	400m × 400m
전체 노드 수	1000
Radio range	10m ²
Transmit mode energy	12.50mW
Receive mode energy	12.50mW
Node initial energy	0.5kW
섹터크기	40m ²
싱크의 이동속도	0 - 5m/s

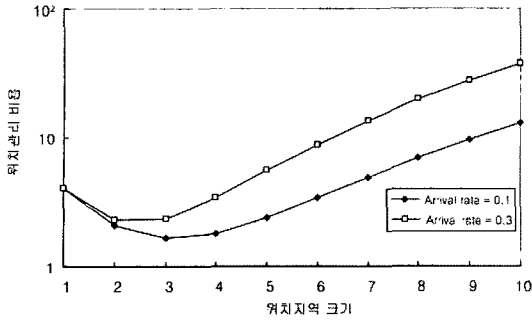


그림 9. 라우팅 요청율에 따른 위치관리 비용

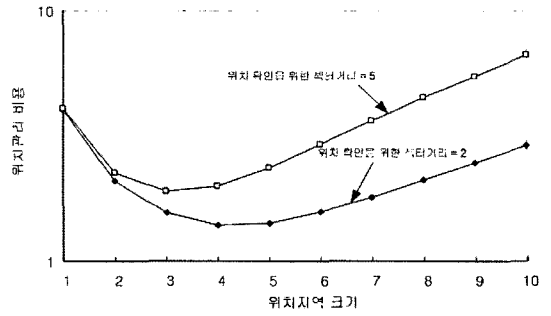


그림 10. 위치 확인을 위한 섹터거리에 따른 위치관리 비용

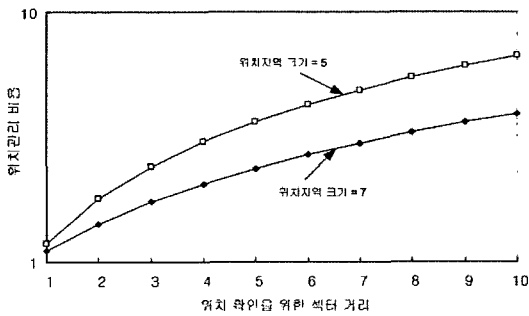


그림 11. 위치 지역 크기에 따른 위치 관리 비용

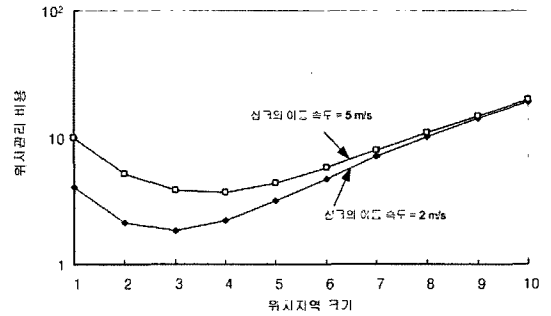


그림 12. 싱크의 이동 속도에 따른 위치 관리 비용

(W)이며, 위치지역 크기는 섹터의 거리를 나타낸다. 그림에서 보면 라우팅 요청 비율이 0.1에서 보다 0.3으로 증가하였을 경우 위치 관리 비용이 증가함을 보이고 있다.

이는 라우팅 요청 횟수의 증가에 따라 싱크의 위치를 확인 하는 비용이 증가하면서 위치관리 비용도 비례적으로 증가함을 보이고 있는 것이다. 또한 그림 9은 위치 지역의 크기의 변화에 대한 결과를 보이고 있다. 그림에서는 위치지역 크기가 커지면서 위치관리 비용이 지속적으로 커지는 것이 아니라 위치지역 크기가 3일 때까지 위치 관리 비용이 줄어들다가 늘어나는 것을 보이고 있다. 이는 전체 위치관리 비용이 싱크의 위치 갱신과 싱크의 위치 확인 비용으로 구성되어 있기 때문이다. 위치 지역이 커지면 위치 갱신 비용은 줄어들지만 싱크의 위치 확인 비용은 늘어난다. 이는 위치 지역이 작을 경우 싱크가 에이전트에 대해 빈번하게 위치 갱신을 수행해야 하며, 위치 지역이 커질 경우 위치 갱신이 줄어드는 대신 지역 내에 터널링하는 거리가 증가하여 싱크의 위치 확인 비용이 커지기 때문이다. 따라서 위치 지역의 크기에 따라 위치 갱신 비용과 싱크의 위치 확인 비용의 역전 현상이 발생하는 것이다. 그림 12는 에이전트 섹터와 싱크의 섹터 거리에 따른 결과를 보이고 있다. 그림 10의 경우 싱크의 위

치를 확인하기 위한 섹터거리에 따른 위치 관리 비용을 보이고 있다. 그림에서 보면 싱크의 위치를 확인하기 위한 섹터 거리가 멀어질수록 위치 관리 비용이 증가함을 보이고 있다. 또한 그림 12도 그림 11과 유사하게 위치 지역 크기의 증가에 따라 처음에는 비용이 줄어들다가 위치 지역의 크기가 4 이후서부터는 증가하는 것을 보이고 있다. 그림 13의 경우에는 위치 지역 크기를 5와 7일 경우에 위치 관리 비용을 보이고 있다. 그림에서 보면 위치 확인을 위한 거리가 증가함에 따라 위치 관리 비용이 지속적으로 증가함을 보이고 있다. 이는 위치 지역의 크기가 고정되어 있고 싱크의 위치 확인 비용만 증가하기 때문에 지속적으로 증가하는 것이다. 따라서 그림 11에서 그림 13는 위치 지역 크기가 변화함에 따라 위치 관리 비용에 어떠한 영향을 미치는 것인가를 보이고 있는 것이다. 결과적으로 위치 관리 비용의 특성은 위치 지역의 크기에 따라 줄어들거나 늘어남을 나타내고 있다. 그림 14는 싱크의 이동 속도에 따라 위치 관리 비용의 변화를 보이고 있다. 싱크의 이동 속도가 2m/s 보다 5m/s로 보다 빠를 경우 위치 관리 비용의 증가를 나타내고 있다. 이는 이동 속도가 증가함에 따라 다른 위치 지역으로 이동할 횟수가 증가하기 때문에 전체적인 위치 관리 비용을 증가시키는

것이다. 하지만 그림에서 보듯이 비록 초기에는 싱크의 이동 속도가 위치 관리 비용에 영향을 미치지만 위치 지역의 크기가 증가하면서 오히려 비용 차이는 줄어들고 있음을 보이고 있다. 이는 위치 지역의 크기가 커짐에 따라 싱크의 이동 속도 보다는 위치 갱신과 위치 확인 비용이 전체 위치 관리 비용에 보다 많은 영향을 주는 것을 보이고 있는 것이다.

4. 결 론

싱크에서 노드로의 초기 연결 설정 방식 보다 노드 발현 연결설정이 보다 어려운 점이 있다. 노드의 기능적 제한성 때문에 노드가 실시간적으로 싱크의 위치를 파악한다는 것이 힘들기 때문에 적은 비용으로 연결설정을 수행하는 방식이 필요하게 되는 것이다. 본 논문에서는 이러한 노드 발현 연결설정 방식으로 에이전트 방식을 제안하였다. 센서 노드는 에이전트 섹터를 통하여 싱크에게 연결설정을 직접하는 것이 아니라 라우팅 요청을 하여 실질적으로 싱크가 연결설정을 하도록 유도한다. 이는 센서 노드의 연결 설정에 대한 로드를 줄이면서 센서 노드가 감지한 정보에 대한 실시간 전달을 가능하게 한다. 향후 위치지역의 관리에 대한 추가적인 방안을 고려하여 에이전트 방식에 대한 확장이 고려될 수 있다.

참 고 문 헌

1. Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114, August 2002.
2. G. Sharma and R. Mazymdar, "Hybrid Sensor Networks: A Small World," Mobile Ad Hoc Networking and Computing 2005: Urbana-Champaign, IL, UAS, pp. 366-377, March 2005.
3. Kwang-il Hwang, Jeongsik In, Yeo-hong Yun and Doo-seop Eom, "Dynamic sink oriented tree algorithm for efficient target tracking of multiple mobile sink users in wide sensor field," Vehicular Technology Conference, 2004. VTC2004-Fall. 2004 IEEE 60th, Vol. 7, pp. 4607-4610, Sept 2004.
4. H.Luo, F.Ye, J.Cheng, S.Lu and L.Zhang, "TTDD: Two-tier Data Dissemination in Large-scale Wireless Sensor Networks," ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications (MONET), pp. 148-159, Sept. 2003.
5. G. Sharma and R. Mazumdar, "Hybrid Sensor Networks: A Small World," In ACM MOBIHOC, pp. 366-377, Mar 2005.
6. Harshavardhan Sabbineni, Krishnendu Chakrabarty, "Location-Aided Flooding: An Energy-Efficient Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks," IEEE Transactions on Computer, Vol. 54, No. 1, Jan. 2005.
7. G. Barrenechea, B. Beferull-Lozano and M. Vetterli, "Lattice sensor networks_capacity limits, optimal routing and robustness to failures," Information Processing in Sensor Networks, 2004. IPSN 2004. Third International Symposium on, pp. 186-195, April 2004.
8. Liang Song and Hatzinakos, "Dense wireless sensor networks with mobile sinks," Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005. Proceedings. (ICASSP '05). IEEE International Conference on, Vol. 3, pp. 677-680, March 2005.
9. Jie Li, Yi Pan and Xiaohua Jia, "Analysis of Dynamic Location Management for PCS Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 51, No. 5, Sept, 2002.
10. W.B. Heinzelman, A.P. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670, Oct. 2002.



박 상 준 (Lubimia@kunsan.ac.kr)

1998 송실대학교 컴퓨터학과 석사
2002 송실대학교 컴퓨터학과 박사
2002~2003 런던대 ISG 박사후과정
2004~2007 송실대학교 정보미디어기술연구소 전임연구교수
2007~현재 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 전임강사

관심분야 : B3G 이동통신, 센서 네트워크, 인터넷 망 분석



이 종 찬 (chan2000@kunsan.ac.kr)

1996 송실대학교 대학원 전자계산학과 석사
2000 송실대학교 대학원 컴퓨터과학과 박사
2005~현재 국립군산대학교 컴퓨터정보공학과 조교수

관심분야 : 이동체 추적, 무선 멀티미디어, B3G 시스템 구조, 센서 네트워크



김 형 중 (hkim@swu.ac.kr)

1996 성균관대학교 정보공학과 공학사
1998 성균관대학교 정보공학과 공학석사
2001 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 공학박사
2001~2007 한국정보보호진흥원 수석연구원
2004~2006 미국 카네기멜론대학 CyLab Visiting Scholar
2007~현재 서울여자대학교 컴퓨터학부 전임강사

관심분야 : 취약점 분석 및 모델링, 이산사건 시뮬레이션 방법론, 침입감내기술