

Directed Diffusion을 이용한 등산객 경로추적 시스템 설계 및 성능 분석

Design and Performance Analysis of Mountain Climber Tracking System Using Directed Diffusion

김 광 호* 이 구 연** 정 충 교**
Kim, Kwang-Ho Lee, Goo-Yeon Jeong, Choong-Kyo

Abstract

In this paper, we propose a design of the implementation for a search and rescue system for mountain climbers and evaluate the performance of the system. Search and rescues of people in emergency situations in mountain areas have been difficult due to lack of information about their location. In the proposed design, several small and commonly-available RF-based sensors, some amount of storage and processing devices are used. Infostations offer geographically intermittent coverage at high speeds. The proposed mountain climber tracking system use the directed diffusion scheme combined with infostation system. We also analyze the performance of the proposed system with NS-2 simulation package. From the performance analysis results, we expect that the proposed system will be very useful to early detect climbers' locations in emergency situations in Korea mountain areas.

키워드 : 등산객, 애드 hoc 네트워크, 센서 네트워크, 인포스테이션, directed diffusion
Keywords : Mountain climber, ad-hoc network, sensor network, infostation, directed diffusion

1. 서론

최근 우리나라의 등산인구는 날로 증가 추세에 있으며, 등산 기술 역시 발전을 거듭하고 있다. 그러나 일반 등산인구의 증가나 전문영역의 등반 활성화로 산악 조난 사고 또한 빈번해지고 대형화

되는 추세이다. 특히 국내 설악산, 지리산 등의 산악지역에서 등산객 조난 사고가 매년 발생하고 있으며, 사망하는 사례도 적지 않다.

산악지형에서 조난은 등산객이 생명을 유지하기 어려운 상황에 처하여 장기간 생사의 갈림길에서 방황하게 되는 경우이다. 그러므로 산에서의 조난은 등반자의 판단에 따라 또한 극한 상황의 정도에 따라 죽을 수도 살 수도 있다. 이러한 상황에서는 조난자의 신속한 위치 파악이 무엇보다 중요시된다. 이에 트래킹 시스템이나 조난 구조 시스템에 대한 여러 연구가 이루어져 왔지만[1][2][3], 한국 산악 지형에 적용하기에는 적절치 않다.

이동 애드 hoc 네트워크(MANET)는 기존의 기지국이 유선 통신망에 연결된 형태의 통신 인프라 기반과는 달리, 고정된 인프라가 없는 환경에서 제한된 전송범위를 갖는 이동 노드들로 구성된 네트

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 대학원 석사과정

** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수, 공학박사

※ 본 논문은 정보통신부의 IT기초기술연구지원사업(정보통신연구진흥원)으로 수행된 연구결과물입니다.

워크이다. 이런 이동 노드들은 다른 노드들의 데이터를 중계하는 라우팅 기능도 수행한다. 이동 애드혹 네트워크는 노드의 이동성으로 인해 언제라도 네트워크에 가입과 탈퇴가 가능하기 때문에 매우 동적인 구조를 갖는다. 이러한 구조는 각 개인이 무선 장치를 휴대하고 있는 구조 활동이나 응급상황에 유용하다. 또한 노드들 간의 정보 공유기능은 정보를 수집하고 분산시켜 줄 뿐 아니라, 노드들 간의 협동(coordination)과 협력(cooperation)을 가능하게 해준다[4]. 그리고 인포스테이션은 여러 가지 정보 중에, 중요한 정보지만 전송 지연에는 민감하지 않은 정보를 저비용 및 효율적으로 전송하기 위해 제안된 시스템이다[5].

이에 본 논문에서는 등산객이 지니고 있는 애드혹 노드와 인포스테이션을 사용하여 효율적으로 등산객의 위치를 추적하는 시스템을 제안한다. 등산객들은 산에 오르기 전에 각각 GPS리시버와 RF 트랜스미터가 장착된 센서를 착용한다. 그리고 등산로에 따라 설치된 일정수의 인포스테이션은 다수의 센서가 부착된 노드(등산객)를 통해 등산객의 위치정보를 취합한다.

본 논문에서는 또한 제안 시스템에 대한 성능분석을 실시한다. 성능분석에서는 directed diffusion 라우팅 프로토콜을 활용한 애드혹 네트워크 모델을 설계하고, NS-2 시뮬레이션을 통해 제안된 ad-hoc 네트워크 구축에 필요한 성능 파라미터를 분석한다.

2. 관련 연구

2.1 센서 네트워크

센서 네트워크는 많은 센서 노드로 구성되고, 각 센서 노드들은 센싱, 데이터 처리, 다른 센서 노드와의 통신 등의 기능을 수행한다[6]. 센서 노드는 접근하기 어려운 지역이나 재난 발생지역 등에 설치, 운용이 가능해야 하므로, 센서 네트워크는 self-organizing 능력이 있어야 한다. 그러나 센서 네트워크는 잦은 토폴로지 변화 정도, 제한적인 파워와 메모리 요구사항, 노드의 임의 배치 가능성, 네트워크 고장 등에 대한 대처 등의 측면에서 애드혹 네트워크[7]와는 차이점을 보인다.

2.2 이동 애드혹 네트워크

애드혹 네트워크[7]는 기존의 기지국이 유선 통신망에 연결된 형태의 통신 인프라 기반과는 달리 인프라의 도움을 받지 않고, 노드간의 원활한 데이터 전송을 위해 다중 홉 무선 링크로 구성되어 여러 개의 중간 단말기들의 데이터 포워딩/경로 설정에 의존하게 되는 새로운 형태의 통신망이다. 각 노드들은 데이터를 송수신하는 호스트의 역

할은 물론 데이터를 중계하는 라우팅 기능을 수행한다.

2.3 인포스테이션

무선 네트워크에서 인포스테이션이라 불리는 저비용, 높은 전송률을 갖는 새로운 개념이 소개되었고, 전송 지연에 민감하지 않은 정보들의 전송을 위한 저 전력 기반의 새로운 시스템 구조로서 연구되어 왔다[5][8]. 인포스테이션은 유비쿼터스 개념과는 달리 간헐적인 커버리지를 제공한다. 이들 인포스테이션은 설치가 간단하며, 저 전력을 사용하고 LAN 디바이스처럼 연결이 지속적이지 않아, 시스템 구축비용이 싼 장점이 있다. 그러나 무선 전달 거리가 짧기 때문에 짧은 연결기간 동안 초당 수백 megabits, 혹은 gigabits정도의 속도를 제공한다. 이로 인하여 이동 중인 차량에 대하여 연결은 수초동안만 지속되지만 사이즈가 큰 파일도 전송될 수 있다. 이러한 특성으로 인하여 인포스테이션은 ubiquity와 낮은 비용의 두 가지 특성을 가진다. 이러한 점에 주목하여 응급·재난상황에서 대용량전송의 단거리용 인포스테이션 영역에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

2.4 CenWits

CenWits는 야생 지역에서의 응급상황에서 사람을 탐색 및 구조하는 시스템이다[9]. CenWits는 목격자의 개념을 이용하여 조난된 사람의 위치정보와 이동정보를 알 수 있도록 하며, 그 사람의 위치정보는 GPS 수신기를 통해 전송받는다. CenWits의 특징은 시스템 동작 중에 네트워크가 항상 연결되어 있지 않아도 된다는 점이다. 그리고 메모리를 효율적으로 관리하고, 그룹의 개념을 적용해 파워를 절약하는 메커니즘에 대해서 소개하고 있다.

2.5 Personal Locater Beacons와 Lifetch

등산객 추적 시스템에 적용할 수 있는 위치 추적 시스템의 다른 예로서 눈사태로부터 스키어들을 구조하기 위한 Personal Locater Beacons (PLB)[1]와 위급상황에서 사상자의 생명을 구하기 위한 Lifetch[10]등이 있다. PLB와 Lifetch 시스템은 위치 추적을 위해 설계되었고, 항상 네트워크가 연결되어 있어야 한다. PLB는 위성을, Lifetch는 GSM/GPRS 네트워크를 각각 이용하며, 이는 시스템 비용 면에서 다소 고가이다.

2.6 Directed diffusion

Directed diffusion은 싱크의 질의 방송에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 기법으로 질의 유포 및 처리 응용에 적합한 특성을 가진다[11]. Directed diffusion에서 해당 응용에 대한 질의는 속성과 값의 쌍으로 구성되는 interest로 표현된다.

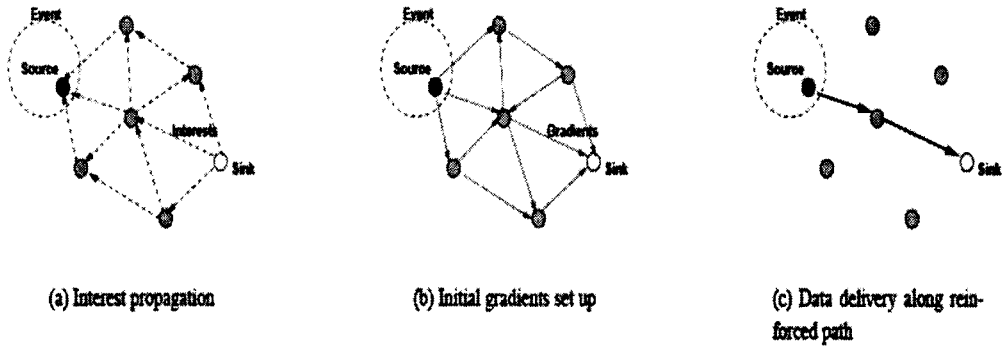


그림 1 Directed diffusion의 동작 방식

Interest는 싱크에서 시작되어 네트워크 전체에 유포되고, 데이터 요청 노드로 질의에 부합하는 데이터를 전송하기 위한 경사(gradient)가 설정된다. 이때, 데이터는 다중 경로를 통해 요청 노드로 전송된다. 더 이상의 풀러딩을 막기 위해 경로들 중 전송 품질이 좋은 몇 개의 경로들이 강화(reinforcement)되어, 강화된 경로를 통해 데이터 전송이 이루어진다. 이 과정은 그림 1에 잘 나타나 있다. Directed diffusion의 이러한 정보 검색 방법은 요청 노드가 일정 기간 동안 질의에 부합하는 데이터를 요구하는 지속성 질의(persistent query)에 적합하다.

2.7 풀러딩(flooding) 프로토콜

이동 노드들이 데이터를 공유하는 가장 간단하고 빠른 방법이 브로드캐스트를 이용한 풀러딩 방식이다. 또한 움직이는 사람에 이동 노드를 부착하는 매우 동적인 네트워크에서 파워 효율적인 라우팅은 거의 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 풀러딩 방식을 사용한다.

3. 제안 모델

등산객들은 각각 GPS리시버와 RF 트랜스미터가 장착된 센서를 착용하고 등산을 한다. 일정수의 인포스테이션과 다수의 센서가 부착된 노드(등산객)를 통해 등산객의 위치 정보가 라우팅이 되며 이때 효율적인 라우팅을 위하여 directed diffusion 방식이 사용된다. 인포스테이션은 등산로를 따라 설치되어 ad-hoc 노드들이 서로 전파 범위가 닿지 않아 고립(isolation)되는 것을 방지하는 역할을 한다.

등산객들은 산에 오르기 전에 센서가 부착된 기기를 소지하게 되며 각각의 센서에는 고유 ID가

할당된다. 이 ID들은 등산로 관리소의 등산객 모니터링 데이터베이스에 추가된다. 이 데이터베이스에는 센서 노드 ID와 ID에 해당하는 등산객의 정보(이름 등), 최근 검색된 위치 등이 기록된다. 이 데이터를 통해서 등산객의 이동 경로와 앞으로의 이동 경로를 예측 할 수 있다.

Directed diffusion 방식은 sink 노드가 핵심이 되어 메시지 전송을 관리하는데 본 논문에서는 인포스테이션들이 sink노드 역할을 하고 등산로 관리소가 이 sink노드들을 관리한다. 등산로는 일정한 크기의 구역으로 나뉘어 관리되며 sink 노드는 각 구역별로 현재 그 구역에 있는 등산객의 위치 정보를 요청하는 interest 메시지를 전송한다. 이 interest 메시지는 다음과 같은 방식으로 구성된다.

표 1 Interest 메시지 형식

type	interval	duration	rect	time stamp
------	----------	----------	------	------------

그리고 위의 메시지에 대한 하나의 예를 들면 다음과 같다.

```

type = mountain climber
interval = 2s
duration = 60 seconds
rect = [100, 100, 200, 400]
timestamp = 13:45:23
    
```

이 메시지는 특정 구역(rect)에 위치한 노드들은 앞으로 60초 동안 2초 간격으로 응답 메시지를 보내라는 것을 의미한다. 여기서 interval이나 duration은 등산로의 크기나 등산객의 수에 따라 적절히 조절된다. 메시지에 rect를 명시하는 이유

는 특정 지역만을 모니터링 하거나 구역을 한정함으로써 전체적인 네트워크의 부하를 줄이기 위함이다. 등산객의 수나 등산객의 밀집도에 따라 interval과 rect를 조절함으로써 네트워크의 부하를 줄일 수 있다.

Interest 메시지를 수신한 node(source node)는 자신이 수신된 메시지에 해당한다면 응답 메시지를 보낸다. 응답 메시지는 다음과 같이 구성된다.

표 2 응답 메시지 형식

type	instance	location	time stamp
------	----------	----------	------------

그리고 위의 메시지에 대한 한 예를 들면 다음과 같다.

type = mountain climber
 instance = node ID
 location = [125, 220]
 timestamp = 13:47:45

Source node는 응답 메시지에 자신의 ID와 위치, 현재시간을 저장하여 전송하게 되는데 이 메시지들은 source node가 수신한 interest 메시지에 명시되어 있는 duration 시간 동안 interval 간격으로

로 지속적으로 전송된다.

이렇게 source node로부터 sink node로 수신된 메시지는 등산로 관리소의 데이터베이스에 기록되는데, 이때 메시지들은 최근에 수신된 순으로 일정 개수까지 중복 저장된다. 이 기록은 비상시 등산객의 이동 경로를 파악하고 위치를 추적하는데 사용된다.

일정 시간 동안 등산객 노드(source node)로부터 응답이 없거나 수신된 등산객 노드의 위치가 등산로를 벗어나 있다면 등산객에게 문제가 발생한 것으로 인식하고 등산객의 위치를 추적한다. 전자의 경우 등산객 노드로부터 마지막으로 수신된 위치와 그 전에 수신되었던 위치들과 수신 시간을 바탕으로 등산객의 예상 경로를 추적하여 검색 범위를 결정한다. 후자의 경우 GPS의 오류로 인해 일시적으로 잘못된 위치가 전송되었을 수도 있으므로 그 등산객 노드에 다시 위치 정보를 요청하여 이번에도 등산로를 벗어난 위치 정보를 보내오면 그 위치를 바탕으로 구조에 나선다.

4. 성능 분석

본 성능분석은 NS-2 시뮬레이션 패키지를 이용하여 노드와 인포스테이션의 수를 변화시켜가며 실험하였다. 등산로는 5000x50m의 크기를 가지며 등산객(노드)는 0.4~0.5m/s의 속도로 이동한다고

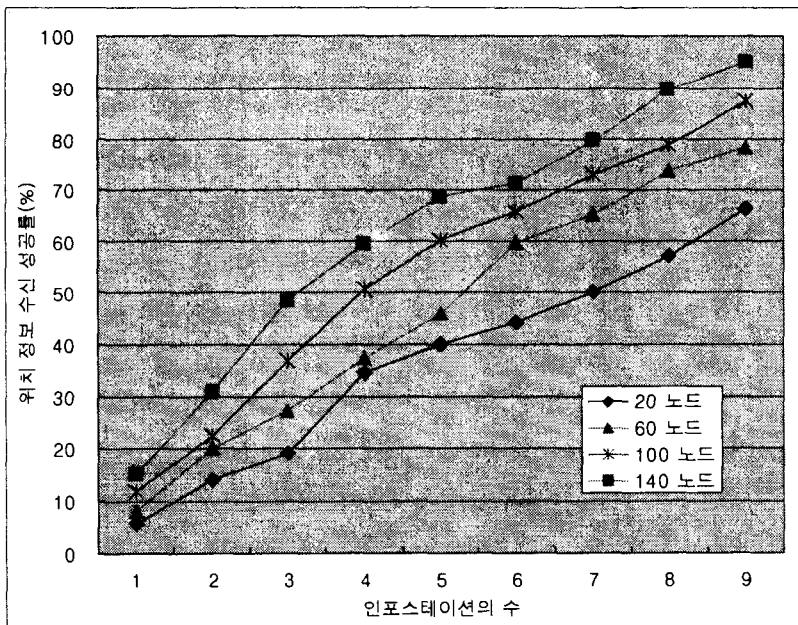


그림 2 인포스테이션 수의 변화에 따른 수신 성공률

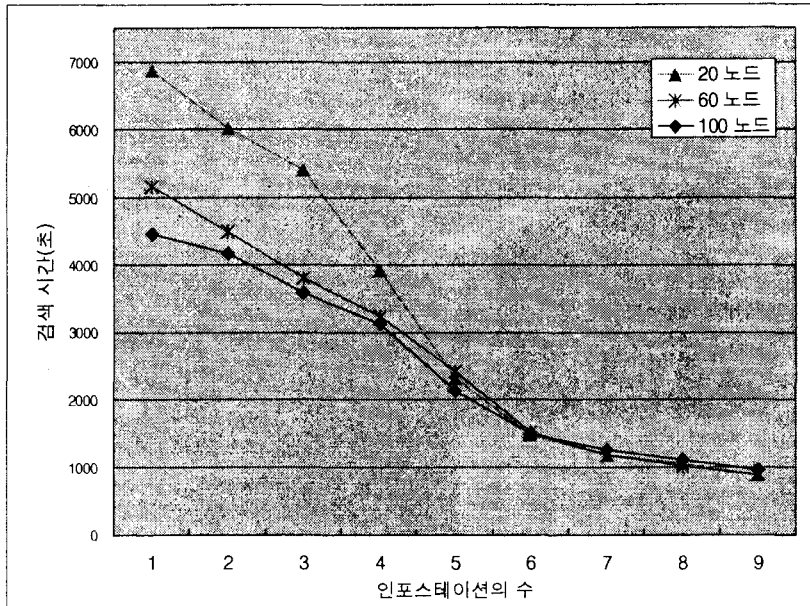


그림 3 전체 노드의 위치 정보 검색 시간

가정하였다.

먼저 정해진 시간 동안에 전체 노드 중에서 위치 검색이 가능한 노드의 비율과 인포스테이션의 개수에 따른 변화를 분석하였다. 그리고 인포스테이션의 수가 증가함에 따라서 전체 노드를 검색하는데 걸리는 시간을 측정하였다.

그림 2는 일정 시간(5분)동안에 등산객 노드들이 보내온 위치 정보 데이터를 sink 노드(인포스테이션)에서 수신한 성공률을 나타낸다. 이 실험에서 수신 성공률은 곧 노드들의 위치정보 검색률을 나타낸다. 인포스테이션의 수와 노드의 수가 증가함에 따라서 노드들의 위치 정보의 검색 가능성이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 인포스테이션의 수가 늘어날수록 노드들 간의 고립(isolation)이 감소하기 때문이다. 그림 2에서 인포스테이션이 1개이고, 노드의 수가 20 노드일 경우 노드의 위치 검색률은 약 6%밖에 되지 않음을 알 수 있다. 이 경우 20개의 노드 중에서 평균적으로 1개의 노드의 위치만이 검색된다는 것을 의미하기 때문에, 현실적이지 않다. 그러므로 등산객의 수가 더 많아져야 하거나, 아니면 인포스테이션의 수를 더 늘려야 한다. 그림 2의 다른 경우로서 인포스테이션의 수가 9개이고, 등산객 노드의 수가 140일 때의 위치 검색률은 약 95%에 다다른다. 이러한 경우에는 대부분 노드들의 위치가 파악되는 것을 의미하므로 성능 면에서는 만족스러우나, 현실적으로는 인포스테이션을 설치, 유지 관리하는데 비용이 많이 들기

때문에 중간에 적절한 인포스테이션 수를 결정해야 한다.

인포스테이션의 수와 노드의 수에 따라서 전체 노드의 위치 정보를 검색하는데 소요되는 시간의 관계가 그림 3에 나타나 있다. 그림 3에서 인포스테이션의 수가 1개이고, 노드의 수가 100노드일 때 검색시간은 약 4500초(약 1시간 15분) 소요되는 것을 알 수 있다. 그러나 인포스테이션의 수가 9개일 때에는 약 1000초(약 17분)정도 이내에서 위치가 검색됨을 알 수 있다. 이와 같이 우리는 그림 3에서 노드의 수가 많고 인포스테이션의 수가 많을수록 위치 정보를 검색하는데 소요되는 시간이 짧아지는 것을 볼 수 있다. 하지만 인포스테이션이 일정 수 이상 증가하면 노드의 수와는 상관 없이 검색 시간이 비슷해지는 것을 알 수 있다.

5. 결론

최근 기존의 네트워크 인프라를 이용하지 않고, 노드들이 자체적으로 네트워크를 구성하여 정보를 전달하는 애드 혹 네트워크 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 이러한 애드 혹 네트워크 기능은 ubiquity와 낮은 전송 비용의 장점을 갖는 인포스테이션의 개념과 결합함으로써 지리적, 환경적 요인으로 인해 기존의 네트워크 시스템을 설치하기 어려운 지역에서의 효율적인 통신을 가능하게 해준다.

본 논문은 한국 지형과 같은 등산객이 밀집되고 등산 거리가 길지 않은 등산로에서 효율적으로 등산객의 위치를 검색하고 이를 바탕으로 이동 경로를 추적하는 시스템을 설계하였다. 그리고 NS-2 시뮬레이션을 통하여 노드의 수와 인포스테이션에 따른 여러 파라미터의 변화를 분석하였다.

이러한 연구 분석 결과는 제안된 시스템을 실제 환경에 적용할 경우에 필요한 파라미터를 선정할 때 유용하게 이용될 것으로 판단되며 그 결과로서 산악지역에서의 등산객 조난에 대한 조기대응 및 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

더 나아가 산악지역에서뿐만 아니라 사람들이 몰리는 놀이 공원이나 스키장 등에서의 이용자 위치 추적, 혹은 고속도로에서 차량의 위치 추적 등에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Personal locator beacons with gps receiver and satellite transmitter. <http://www.aeromedix.com/>.

[2] Personal tracking using gps and gsm system. <http://www.ulocate.com/trimtrac.html>.

[3] Rf based kid tracking system. <http://www.ion-kids.com/>.

[4] Norun Sanderson, Vera Goebel and Ellen Munthe-Kaas, "Knowledge Management in Mobile Ad-hoc Networks for Rescue Scenarios", ISWC 2004, November, 2004

[5] winwww.rutgers.edu/pub/docs/research/Infostations.html

[6] Akyildiz, I.F., W.Su, Y. Sankarasubramaniam, and E.Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey," *Computer Networks* 38(4):393, 2002.

[7] C. Perkins, Ad Hoc Networks, Addison-Wesley, Reading, MA, 2000.

[8] D.J. Goodman, J. Borras, N.B. Mandayam, and R.D. Yates "INFOSTATIONS: A New System for Data and Messaging Services," *Proceedings of IEEE VTC '97* 2(1997) pp.969-973

[9] Jyh-How Huang , Saqib Amjad , Shivakant Mishra, CenWits: a sensor-based loosely coupled search and rescue system using witnesses, *Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems*, pp180-191, November 02-04, 2005, San Diego, California, USA

[10] W. Jaskowski, K. Jdrzejek, B. Nyczkowski, and S. Skowronek, Lifetch life saving system. CSIDC, 2004.

[11] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan and Deborah Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks", in *Proceedings of the Sixth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCOM '00)*, August 2000, Boston, Massachussets.

[12] A. Iacono and C. Rose, "Infostations: New Perspectives on Wireless Data Networks", WINLAB technical document, Rutgers University, 2000

[13] Crossbow. <http://www.xbox.com>.