

MANET를 이용한 등산객 조난 구조 시스템 설계 및 분석

Design and Analysis of Search and Rescue System using MANET

이 동 은 이 구 연*
Lee, Dong-Eun Lee, Goo-Yeon

Abstract

A mobile ad hoc network (MANET) is a kind of wireless ad hoc network. It is a self-configuring network of mobile nodes connected by wireless links. Infostation is a lower cost and low power system that provides very high bit rate with limited coverage. In this study, we propose search and rescue system that combines MANET of climbers with Infostations. A climber shares location information of climbers with other climbers while climbing, and delivers the information to Infostations. This system is an intermittent network due to the mobility of nodes. From the system, we can track the locations of missing climbers. Ultimately, proposed system achieves low cost and reduces memory requirement using Infostations. We also analyze the performance of the proposed system by simulation. 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 : 이동 애드 혹 네트워크, 인포스테이션, 조난 구조

Keywords : mobile ad hoc network(MANET), infostation, rescue system

1. 서론

국내 설악산, 지리산 등의 산악지역에서 등산객 조난 사고가 매년 발생하고 있으며, 사망하는 사례도 적지 않다. 이에 트래킹 시스템이나 조난 구조 시스템에 대한 연구가 이루어져 왔지만[1][2][3], 대

부분 GPS 혹은 개인 휴대용 단말기를 이용하고 있다. GPS와 휴대용 단말기는 정확한 위치를 제공할 수 있지만 비용 문제, 환경적 요인으로 인한 수신 문제 등의 제약사항이 있다. 따라서 본 논문에서는 어떤 환경에서나 적용가능하고, 보다 저렴한 조난 구조 시스템을 제안한다.

이동 애드 혹 네트워크(MANET)는 기존의 기지국이 유선 통신망에 연결된 형태의 통신 인프라 기반과는 달리, 고정된 인프라가 없는 환경에서 제한된 전송범위를 갖는 이동 노드들로 구성된 네트워크이다. 이런 이동 노드들은 다른 노드들의 데이터를 중계하는 라우팅 기능도 수행한다. 이동 애드 혹 네트워크는 노드의 이동성으로 인해 언제라도 네트워크에 가입과 탈퇴가 가능하기 때문에 매우 동적이다. 이러한 구조는 각 개인이 무선 장치를 휴대하고 있는 구조 활동이나 응급상황에 유용하

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 대학원 석사과정
** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공 교수, 공학박사

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

다. 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].

본 논문에서는 등산객이 RF 안테나를 갖는 이동 노드를 휴대함으로써 이동 애드 혹 네트워크를 구성하며, 여기에 인포스테이션을 결합한 등산객 조난 구조 시스템을 제안한다. 등산객은 이동 중에 만나는 다른 등산객의 정보를 공유하며, 인포스테이션을 만나면 자신이 저장하고 있던 모든 정보를 전송한다. 인포스테이션에 연결되어 있는 재난 관리 센터에서는 각 노드들로부터 얻은 정보를 통해 조난된 등산객의 위치를 추정할 수 있다. 제안된 시스템을 통해 조난된 등산객의 신속한 위치를 파악할 수 있으므로 구조 활동에 기여할 수 있을 것이며, 재해 지역의 인원 현황을 파악하는 등의 효과를 기대할 수 있다.

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 애드 혹 네트워크[7]와는 차이점을 보인다.

2.2 이동 애드 혹 네트워크

애드 혹 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 역할은 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 gigabits 정도의 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 목적자의 개념을 이용하여 조난된 사람의 위치정보와 이동정보를 알 수 있도록 하며, 그 사람의 위치 정보는 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 Locator Beacons와 Lifetch

등산객 추적 시스템에 적용할 수 있는 위치 추적 시스템의 다른 예로서 눈사태로부터 스키어들을 구조하기 위한 Personal Locator 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. 따라서 GPS를 사용하지 않는, 보다 저렴하며 GPS 신호가 수신되지 않는 지역에서도 사용가능한 시스템이 필요하다.

3. 제안 모델

3.1 네트워크 모델

본 논문은 설악산, 지리산 등의 국내 산악지역을 대상으로 네트워크를 모델링 한다. 제안 모델은 무선 이동 노드(등산객), 인포스테이션, LP(location point)로 구성되어 있다. 본 논문에서는 이동 노드로서 Mica2 mote를 사용한다고 가정한다. 그리고 LP는 노드가 근처에 왔을 때 자신의 현재 위치를 노드에 전송한다. LP는 등산로 곳곳에 설치되고, 인포스테이션은 그림 1의 경우처럼

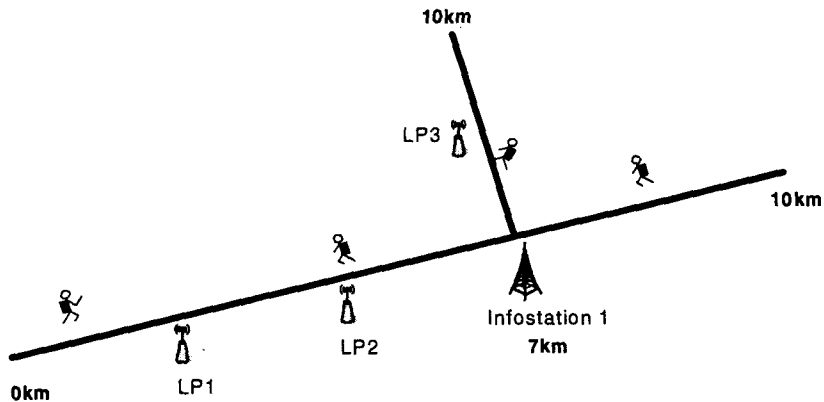


그림 1 네트워크 및 시뮬레이션 모델

분기점이나 휴식장소와 같이 등산객이 많이 몰리는 곳에 설치한다. 시뮬레이션 모델은 그림 1과 같이 설정하였다. 등산로는 하루 코스인 10km이며 7km지점에서 분기하도록 하였고, 2개의 목적지를 설정하였다. 10km는 실제 등산에서 하루코스에 해당한다. 등산객은 지수분포 함수로 입장을 하여 0km지점에서 출발하여 상행한다. 7km지점에서 $\frac{1}{2}$ 의 확률로서 두개의 목적지중 하나를 선택하고, 목적지에 도달하면 다시 하행한다.

다음은 노드의 메모리에 저장되는 노드의 기록 정보에 대한 형식이다.

표 1 노드의 기록 정보 형식

ID	현재시간	위치	기록시간
----	------	----	------

각 노드는 자신의 ID를 할당 받으며, 등산 중에 LP 혹은 인포스테이션으로부터 위치 정보를 전송 받는다. 이때의 시간정보를 기록시간 필드에 저장한다. 그리고 다른 노드를 만나면 자신의 정보뿐 아니라 메모리에 저장되어 있던 다른 노드의 모든 정보를 공유한다. 이때 특정 노드의 정보가 중복된다면 시간정보를 비교해 최근의 정보를 저장하고 구 정보는 폐기한다. 그리고 인포스테이션을 만나면 자신 메모리의 모든 정보를 전송하고 자신의 메모리는 비운다. 인포스테이션은 등산객으로부터 수집된 정보를 저장하는 DB역할을 하며 기존 네트워크 인프라와 연결된 정보기지가 된다. 노드 사이의 통신 범위는 70m로 가정하며 인포스테이션의 통신범위는 100m로 가정한다.

등산객이 조난 사고를 당했을 경우, 다른 노드들은 그 등산객의 위치정보를 직접적으로 또는 간접적으로 인포스테이션에 전달한 상태이므로, 인

포스테이션은 그 중 가장 최근의 위치정보와 그때의 시간정보로부터 조난된 등산객의 위치를 계산해 낼 수 있다.

3.2 이동 모델

제안 모델의 분석을 위해 노드의 이동성을 고려할 필요가 있다. 산악 지역을 등산하는 특정한 상황이기 때문에 기존의 잘 알려진 이동 모델보다 제안 모델에 맞는 이동 모델을 정의하여 사용한다. 인간의 경제적인 보행속도는 배낭의 무게와 관계없이 3.6km/h라고 알려져 있다. 따라서 각 노드는 [1-4]km/h의 속도 중에 임의로 선택하여 이동하며, 30분마다 10-20분의 휴식시간을 갖는다. 그리고 휴식시간이 끝나면 다시 속도를 선택하고 30분 이동하여 휴식하는 과정을 반복한다. 단, 도착지에서는 30분의 휴식시간을 갖도록 하며, 상행속도와 하행속도의 차이는 같다고 가정한다.

3.3 플러딩(flooding) 프로토콜

이동 노드들이 데이터를 공유하는 가장 간단하고 빠른 방법이 브로드캐스트를 이용한 플러딩 방식이다. 그리고 움직이는 사람에 이동 노드를 부착하는 매우 동적인 네트워크에서 파워 효율적인 라우팅은 거의 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 플러딩 방식을 사용한다. 제안 모델은 노드가 지수분포 함수로 순차적으로 입장을 하는 단순한 모델이기 때문이다. 보다 현실적인 가정이라면 [9]와 같은 그들의 개념을 도입하여 효율적인 프로토콜로 전력 소모를 줄일 수 있을 것이다. 그러나 2개의 배터리를 갖고 있는 Mica2 mote는 노드가 항상 액티브상태이고 50명의 노드와 정보 공유를 하며 매 90초마다 beacon을 발산하였을 때, 약 2달 동안 동작 가능하다[9]. 따라서 본 논문의 모델에서는 등산로를 하루코스(약8시간)로 설정하였기 때문에

전력 소모 문제를 고려하지 않았다.

4. 성능 분석

이번 절에서는 본 논문에서 제안한 모델에 대한 성능을 시뮬레이션의 결과로서 분석해본다. 3절에서 설명되었던 성능분석에 필요한 파라미터 값들을 정리하면 다음 표와 같다.

표 2 성능분석 환경 및 파라미터 값

등산로 길이	<ul style="list-style-type: none"> • 총 10Km • 7Km 지점에서 두 갈래 분기점($\frac{1}{2}$ 확률로서 선택)
노드 통신 거리	70m
인포스테이션 통신거리	100m
등산객의 이동 모델	<ul style="list-style-type: none"> • [1-4] Km/h 중의 임의의 속도 선택 • 30분 이동후 [10-20]분 중의 임의의 시간 선택하여 휴식 • 정상에서 30분 휴식
노드의 정보 교환 주기	90초
인포스테이션의 수	1개 (분기점에 설치)
LP의 수	가변
노드의 수	가변

제안 모델은 GPS등의 정확한 위치 정보를 알 수 없고 인포스테이션에 저장된 기록에 의해 노드의 위치를 파악해야 한다. 따라서, 시뮬레이션을 통해 위치 정보에 대한 정확도를 측정한다. 노드의 수, LP의 수, 인포스테이션의 수에 따른 정확도를 측정함으로써, 각각 시스템에 필요한 수를 가능해본다. 시뮬레이션 프로그램은 linux 환경에서 C코드로 작성되었다.

4.1 위치 정보에 대한 정확도

성능 측정을 위해 특정 시간에 임의의 노드가 조난되었다고 가정하고 그 노드의 실제 위치와 인포스테이션에서 예측한 위치의 차이인 오차를 측정한다. 예측 위치는 인포스테이션에 기록된 등산객들의 최근정보(최근 위치, 최근 위치를 기록했을 때의 시간)와 과거정보로부터 계산한다.

먼저, LP 수에 따른 위치 정보에 대한 정확도를 분석해본다. 그림 2는 노드의 수를 50, 인포스테이션의 수를 1로 고정시키고, LP의 수를 1부터 증가시키면서 실제 위치와 예측위치의 오차를 측

정한 결과이다. LP의수가 1일 경우는 1.4km의 오차가 나며 LP의 수를 증가할수록 오차는 점점 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 LP의 수가 일정 수 이상 증가하면 오차가 줄어드는 폭이 줄어든다. 제안 모델에서 등산로는 10km이고 목적지가 2개이기 때문에 LP의 수가 6일 경우는 약 2km의 간격마다 설치된다. 시스템 구축비용 측면에서 보면 6이상 LP의 수를 증가시키면 오차 감소폭이 작아져 비용에 비해 효율이 좋지 않게 되므로, 다른 파라미터를 통해 고려할 필요가 있음을 알 수 있다.

그림 3은 노드 수에 따른 오차범위이며, 인포스테이션 수가 1, 2일 때를 나타낸 그래프이다. 노드 수를 10부터 100까지 10씩 증가시켜 오차범위를 측정해 보았고, 노드 수가 많아질수록 오차 범위가 줄어드는 것을 볼 수 있다. 노드 수가 적다는 것은 등산객의 수가 적어 정보 공유가 매우 간헐적으로 발생한다는 의미이다. 따라서 이 경우는 인포스테이션이 전송받는 정보에 있어서 다른 등산객과 정보 공유를 통해 간접적으로 얻는 정보가 적다. 반대로 노드 수가 많아질수록 자신의 정보가 다른 등산객들을 통해 인포스테이션에 전송될 확률이 높아진다. 즉, 등산객들의 최근의 정보를 유지할 수 있으며 조난 시 위치를 찾는 데 있어 오차가 줄어든다. 그리고 노드가 일정 수 이상 증가하면 오차가 줄어드는 폭이 줄어든다. 따라서 인포스테이션의 수를 증가시킬 필요가 있다. 그림 3의 아래 쪽 결과는 인포스테이션 수가 3일 경우이다. 인포스테이션 수가 1인 경우는 분기점에 설치했을 때를 나타낸 것이고, 2개의 목적지에 각각 추가로 설치하여 인포스테이션의 수가 3일 때를 측정해 보았다. 오차 범위가 크게 감소한 것을 확인할 수 있으며, 이것은 인포스테이션 수가 3으로 늘어나면서 등산객들의 최근 정보를 보다 쉽게 수집할 수 있기 때문이다. 이때 노드 수가 100일 경우 오차가 150미터 미만이며 실제 조난된 등산객을 구조하는데 충분할 것이라 본다. 그리고 인포스테이션에서 등산객들의 등산 스타일을 파악할 수 있다면 오차 범위를 더욱 줄일 수 있을 것이다.

4.2 메모리 성능

제안 시스템에서 사용하는 Mica2 모트의 메모리는 4KB SDRAM, 128KB 플래쉬 메모리, 4KB EEPROM이다[11]. 표 1의 ID, 현재시간, 위치, 기록시간은 각각 1, 3, 6, 3 bytes로 모두 13bytes이다. 추가 정보의 기록여부와 계산의 편의상 20bytes라고 가정하면, 100노드의 정보를 저장하는데 2KB가 필요하다. 또한 본 논문에서는 인포스테이션이 DB역할을 하며, 인포스테이션수가 1일때 시뮬레이션 결과 최대 총 노드의 80%를 저장했으며, 그 수가 증가함에 따라 저장하는 노드 수는 적어질 것이다. 즉, 인포스테이션 수가 1이고 노드

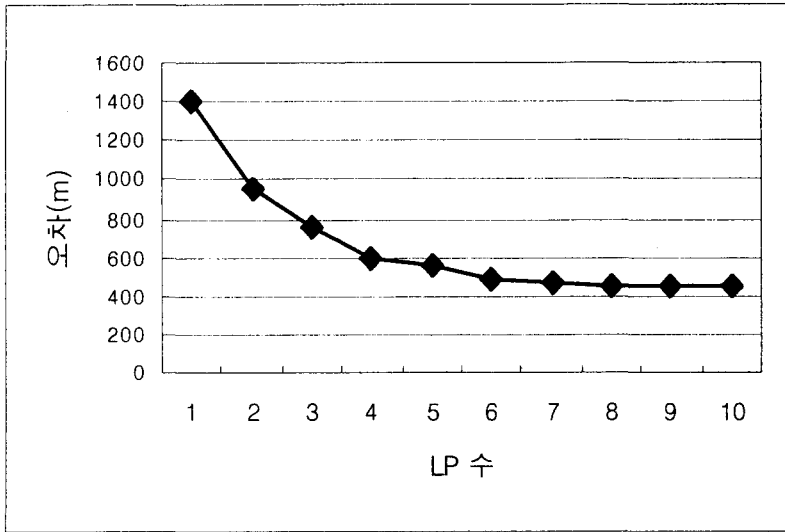


그림 2 LP 수에 따른 오차 범위(node=50, Infostation=1)

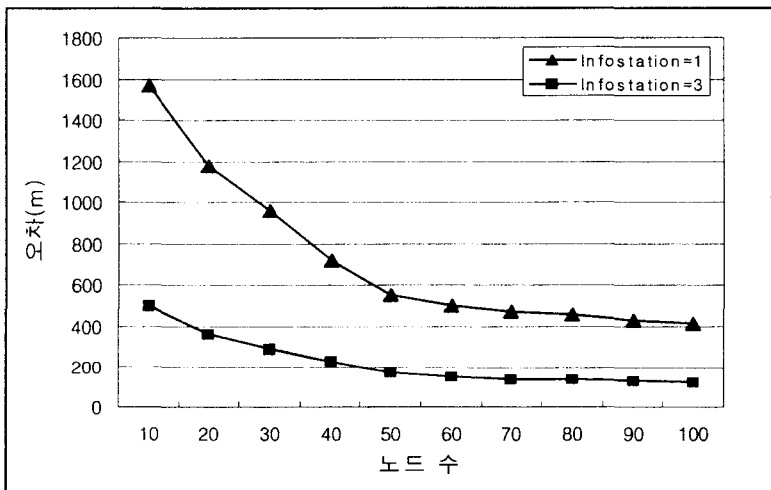


그림 3 노드 수에 따른 오차 범위(LP=10)

수가 100일 때 각 노드는 1.6KB만이 필요하다. Mica2 모드가 128KB의 플래쉬 메모리를 가지고 있기 때문에 충분히 많은 수의 노드를 저장할 수 있고, 기술이 발전함에 따라 노드 메모리는 더욱 증가할 것이기 때문에, 제안 시스템에서 저장 공간이 부족할 일은 없다. 인포스테이션이 없어도 메모리 용량은 충분하며, 차후에 많은 메모리를 요구할 경우 인포스테이션을 활용하면 메모리 용량을 감소시킬 수 있을 것이다.

5. 결론

최근 기존의 고정된 인프라가 없는 환경에서 자체적으로 네트워크를 구성하여 정보를 전달하는 애드 혹 네트워크 기술에 대한 연구가 활발하다. 지리적인 요인으로 기존의 네트워크를 설치하기 어려운 산악 지역에 애드 혹 네트워크와 인포스테이션을 결합한 시스템을 통해 효율적인 통신이 가

능하다.

본 논문은 산악 지역에서 등산을 하다 조난된 등산객을 구조하는 시스템을 제안한다. 많은 위치 정보 시스템이 GPS를 사용하는 반면 제안 모델은 LP와 인포스테이션을 통해 시스템을 구축하였고, 그 결과 시스템 구축비용이 보다 저렴하면서 GPS 수신이 불가능한 지역에서도 사용가능한 시스템을 구축해 보았다. 또한 성능측정으로 노드 위치에 대한 정확도를 측정해 보았다. 위치를 제공해주는 역할을 하는 LP의 수, 애드 혹 네트워크에서의 정보 공유를 위한 등산객 수, DB역할을 하는 인포스테이션의 수에 따른 오차범위를 측정하고 분석해 보았다. 오차 범위를 줄이기 위해 위의 3가지 파라미터를 고려해야 하며, 시스템 구축 시 구축비용 측면에서 3가지 파라미터에 대한 최적화된 값을 구해야 할 것이다. 제안된 시스템을 통해 조난된 등산객의 신속한 위치 파악으로 구조 활동에 기여할 수 있을 것이며, 재해 지역의 인원 현황을 파악하는 등의 부가효과도 기대할 수 있다.

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

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 Networks38(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