

논문 2007-44TC-2-5

재난 관리용 시스템을 위한 센서 탑재 바이오 애드 혹 네트워크

(Bio-AdHoc Sensor Networks for Disaster Emergency Management Systems)

이 동 은*, 이 구 연**

(Dong Eun Lee and Goo Yeon Lee)

요 약

인프라가 필요 없는 특성을 갖고 있어 임시 구성용 네트워크나 군사용 망에서 많이 개발되어온 애드 혹 네트워크는 산악과 같은 고립된 지역에 설치하여 산불등 재난의 조기 경보 시스템에 이용한다면 효과적이다. 그러나 넓은 산악지역을 모두 커버할 수 있는 애드 혹 노드들을 설치 운영하는 것은 경제적으로 불가능하다. 또한 인포스테이션은 전송지연에 민감하지 않는 정보들을 적은 비용으로 효율적으로 전송할 수 있는 시스템이다. 우리는 본 논문에서 동물들에 애드 혹 노드들을 탑재한 이동 애드 혹 네트워크와 인포스테이션을 결합하여 화재와 같은 재난에 조기 대처할 수 있는 재난 조기 경보 시스템을 제안한다. 동물들의 이동성이 노드들간의 연결성을 향상시키므로써, 합리적인 수의 동물 노드로서 원하는 조기 경보의 효과를 만들어 낼 수 있다. 우리는 또한 제안된 시스템의 성능을 시뮬레이션을 이용하여 분석하고 분석의 결과로서 시스템 구축시 필요한 파라미터를 구하였다. 따라서 제안된 시스템을 실제환경에 적용하면 산악지역에서의 화재등의 재난에 조기대응을 할 수 있을 것이며, 또한 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

Abstract

Ad hoc network does not need any preexisting network infrastructure, and it has been developed as temporal networks in the various fields. Infostation is an efficient system to transfer information which does not have delay sensitive characteristics. In this paper, we propose a disaster emergency management system using sensor attached animals' mobility combined with infostation system. 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 big forest fires which occurs frequently in Korea mountain areas.

Keywords: 애드 혹 네트워크, 동물, 재난 조기 경보 시스템, 센서 네트워크, 인포스테이션

I. 서 론

산악지형에서의 산불은 초기에 진화 되지 않으면 대

정희원, 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
(Dept. of Computer and Information Eng. Kangwon National University)

** 정희원, 강원대학교 컴퓨터학부
(Dept. of Computer Eng. Kangwon National University)

※ 본 논문은 정보통신부의 IT기초기술연구지원사업
(정보통신연구진흥원:B1220-0601-0032)으로 수행된
연구결과물입니다.

접수일자: 2006년5월17일, 수정완료일: 2007년2월14일

형 산불로 발전되며, 많은 피해를 남기도 한다. 그러므로 산불과 같은 재난의 경우 초기에 발견하여 진화하는 노력이 필수적이다. 한국의 경우에도 동해안 산악 지형에서는 매년 1-2 건의 대형 화재가 주기적으로 발생하고 있어 많은 피해를 주고 있다. 이에 한국내에서 산불의 조기 경보 시스템에 대한 여러 가지 방안이 연구 제시되고 있는 상황이나, 아직까지 경제적으로, 현실적으로 뚜렷한 효과를 내는 방안은 제시되고 있지 않다. 이에 본 논문에서는 동물들에 애드 혹 노드들을 탑재한 이동 애드 혹 네트워크와 인포스테이션^[1]을 결합한 자동화된 재난 조기 경보 시스템을 제안한다.

애드 혹 통신망은 기존의 인프라가 필요없는 네트워크로서 노드간의 원활한 데이터 전송을 위해 다중 홉 무선 링크로 구성되어 여러 개의 중간 단말기들의 데이터 포워딩/경로 설정에 의존하는 형태의 통신망이다. 각 노드들은 데이터를 송수신하는 호스트의 역할은 물론, 데이터를 중계하는 라우팅 기능을 수행하며, 주로 임시 구성용 네트워크나 군사용 망에서 많이 개발되어 왔다. 이러한 애드 혹 네트워크는 산악과 같은 고립된 지역에 설치하기가 용이하기 때문에, 산불 등 재난의 조기 경보 시스템에 이용한다면 효과적이다. 그러나 넓은 산악지역을 모두 커버할 수 있는 애드 혹 노드들을 설치 운영하는 것은 경제적으로 불가능하다. 그러므로 합리적인 수의 노드들을 사용할 수 있는 방법으로서 동물들에 애드 혹 노드를 부착한 바이오 애드 혹 네트워크를 고려한다. 즉 동물들의 이동성이 노드들의 연결성을 향상시키므로서 합리적인 수의 노드들로서 필요로 하는 정보를 원하는 시간 지연(예:10분) 내에 전달할 수가 있게 된다. 또한 인포스테이션¹⁾은 전송지연에 민감하지 않는 정보들을 적은 비용으로 효율적으로 전송할 수 있는 시스템으로서 산악지역에 최소한의 비용으로서 구축할 수 있는 네트워크 인프라 구조이다. 그러므로 동물들에 애드 혹 노드들을 탑재한 이동 애드 혹 네트워크와 인포스테이션을 결합하여 설계된 재난 조기 경보 시스템은 비용면에서 경제적이며, 성능면에서 효과적인 시스템이다. 우리는 또한 제안된 시스템의 성능을 시뮬레이션을 이용하여 분석하고 분석의 결과로서 시스템 구축시 필요한 파라미터를 구할 것이다. 따라서 제안된 시스템을 실제환경에 적용하면 산악지역에서의 화재등의 재난에 조기대응을 할 수 있을 것이며, 또한 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

동물을 이용한 애드 혹 네트워크에서 이용되는 동물은 해당 지역에 많이 서식하고 있고, 애드 혹 노드들을 설치할 수 있는 크기를 가지고 있어야 하며, 또한 이동성 및 사회성이 있는 동물이어야 한다. 본 논문의 적용 타겟이 되고 있는 한국의 산악지역에서는 멧돼지가 그와 같은 동물의 좋은 예가 된다. 한국의 산악지역에서는 멧돼지가 널리 분포하고 있고, 또한 이동성이 좋아(심지어는 도시의 거리에서도 멧돼지가 출현하여 사람을 놀라게 하는 경우도 있음) 본 제안된 재난 조기 경보 시스템의 좋은 적용 동물이 된다. 그러므로 본 논문에서는 그러한 멧돼지를 이동 노드를 부착할 동물로서 선택한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 연

구로서 멧돼지의 생태를 조사하고, 인포스테이션에 대해 살펴보고, 동물들을 이용한 애드 혹 네트워크의 사례를 살펴본다. III장에서는 본 논문에서 제안하는 바이오 애드 혹 네트워크 모델을 설계한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 바이오 애드 혹 네트워크 구축에 필요한 성능 파라미터를 분석하고 V장에서 결론을 제시한다.

II. 관련 연구

1. 멧돼지 생태

멧돼지는 국지적으로는 서식지의 수용한계를 넘어설 정도로 많은 개체수가 서식하고 있고, 국내 대부분의 산림 및 농경지의 임연부에 대부분 서식한다. 해발이 높은 곳보다는 인가를 중심으로 서식하는 경우가 많고, 혼효림-침엽수와 낙엽수가 같이 섞여 있는 산림지대-지대에 주로 서식한다. 군집생태 측면에서 보면, 한 가족이 무리를 짓고 사는 가족중심의 군집생활을 하고 있으며, 많은 경우 20마리 이상의 개체가 같이 생활하기도 하나 대부분 10마리 안팎의 개체들이 함께 생활한다.

이동형태 측면에서 보면, 휴식을 취하는 시간외에는 먹이를 찾거나 짝을 찾는데 많은 시간을 할애한다. 따라서 위험이 없는 서식지에서는 이동시에는 시간당 평균 2-3km의 속도로 이동한다. 그러나 사람이 나타났거나 개가 추격해 오는 등 위협을 느꼈을 경우에는 시속 30km이상의 속도로 질주한다. 다만 지형과 서식지 여건에 따라서 이동속도에는 변이가 많이 존재한다. 멧돼지의 행동권은 일반적으로 100ha 정도로 추정하고 있으나 서식지의 여건(먹이원이나 음수원, 보금자리의 발달정도 등)에 따라서 행동권 크기에 많은 차이가 날 수 있고, 하루 30km정도 이동하는 개체도 보고되고 있다. 국내 멧돼지의 생태에 대한 연구로서 멧돼지에 발신기를 부착하여 원격무선측정기법을 통해 멧돼지의 서식지 이용생태를 연구한 사례도 있다²⁾. 이 논문에서는 멧돼지에 발신기 부착기법을 개발하였고, 안테나 및 radio-telemetry 장치의 시험을 통하여 국내의 지형에 적합한 원격무선측정장치 및 자료수집기법을 마련하였고, 이를 통해 멧돼지의 생태학적인 정보를 수집하였다.

2. Wireless 센서 네트워크

센서 네트워크는 많은 센서 노드로 구성되고, 각 센서 노드들은 센싱, 데이터 처리, 다른 센서 노드와의 통

신 등의 기능을 수행한다^[3]. 센서 노드는 접근하기 어려운 지역이나 재난 발생지역등에 설치, 운용이 가능해야 하므로, 센서 네트워크는 self-organizing 능력이 있어야 한다. 센서네트워크의 응용분야로는 군사, 의학, 산업, 보안등 다양하다. 이런 센서 네트워크의 기능 구현에는 무선 애드 혹 네트워킹 기술이 필요하므로 센서 네트워크와 애드 혹 네트워킹은 많은 유사성을 갖는다. 그러나 센서 네트워크는 잦은 토폴로지 변화 정도, 제한적인 파워와 메모리 요구사항, 노드의 임의 배치 가능성, 네트워크 고장등에 대한 대처등의 측면에서 애드 혹 네트워킹^[4]와는 차이점을 보인다.

3. 인포스테이션

무선 네트워크에서 인포스테이션이라 불리는 저비용, 높은 전송률을 갖는 새로운 개념이 소개되었고, 전송 지연에 민감하지 않은 정보들을 위해 저 전력 기반의 새로운 시스템 구조로서 연구되어 왔다^[5,6]. 인포스테이션은 유비쿼터스 개념과는 달리 간헐적인 커버리지를 제공한다. 이 시스템들은 거리 모퉁이, 톨부스, 빌딩입구, 항공, 철도, 버스 터미널같이 차량이나 사람들이 자주 편리하게 접근하는 위치에 놓인다. 이들 인포스테이션은 설치가 간단하며, 저 전력을 사용하고 LAN 디바이스처럼 연결이 지속적이지 않아, 시스템 구축비용이 싼 장점이 있다. 그러나 radio path가 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 두가지 특성을 가진다. 이러한 점에 주목하여 응급·재난상황에서 high-bit rate의 단거리용 인포스테이션 영역에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

4. SWIM project

동물들에 센서를 부착하여 애드 혹 네트워크 모델을 적용한 많은 연구가 수행되었다^[7,8,9,10]. 이러한 연구는 주로 동물들의 서식지 혹은 생태를 모니터링 하기 위해 이루어 졌으며, GPS(Global Positioning System)나 VHF radio를 사용하여 위치 정보 확인 및 데이터 전달을 하였다.

SWIM^[7]은 인포스테이션의 개념과 애드 혹 네트워크를 통합한 모델로서 전달지연과 capacity간의 tradeoff를 저장 공간의 증가를 통해 해결하고자 한다. SWIM

모델에서는 여러 돌고래에 센서를 부착하여, 돌고래 센서들끼리 애드 혹 센서 네트워크를 구성하고, 이를 이용하여 돌고래의 이동형태 정보와 해양 생태 정보를 수집하였다. 수집된 정보들은 돌고래가 인포스테이션에 근접할 때 인포스테이션에 전달한다.

5. ZebraNet

ZebraNet^[8]에서는 야생동물(얼룩말)의 위치 추적을 위한 저전력 시스템이 제안되었다. 각 노드는 GPS를 포함하며 브로드캐스팅을 통해 통신 범위 내에 있는 노드와 데이터를 공유한다. ZebraNet은 야생동물의 위치 추적이 목적이기 때문에 전달지연에 민감하지 않아 에너지 효율적인 프로토콜의 연구가 수행되었다. 또한, 데이터 공유가 늘어날수록 capacity가 증가 하기 때문에, SWIM project에서와 마찬가지로 ZebraNet에서도 delay-capacity tradeoff가 프로토콜 설계에 중요한 문제로서 다루어졌다. 그리고 ZebraNet은 노드들 사이의 데이터 공유 프로토콜로서 history-based 프로토콜을 제안하였다. 이 프로토콜은 노드가 기지국에 근접할수록 높은 레벨을 갖도록 함으로써, 다른 노드들이 상위 레벨의 노드에게 데이터를 전송하여 기지국까지의 최소 경로를 선택하게 하였다. 그러나 네트워크가 매우 동적으로 변화하거나, 노드 혹은 기지국이 랜덤하게 이동한다면 전송지연이 더 커지는 경우도 발생한다.

본 논문에서 제시된 재난 관리 시스템 연구는 SWIM 혹은 ZebraNet에서의 생태정보 수집 및 위치 추적이라는 목적과는 달리, 재난에 대한 조기 경보 기능을 갖는 바이오 애드 혹 네트워크 설계를 목적으로 하기 때문에 전달 지연에 상당히 민감하다. 따라서 재해 정보를 갖는 데이터만이 목적지에 도달하면 되므로, 노드의 저장 공간이나 전달 지연간의 tradeoff는 의미가 없게 된다. 재난 발생이라는 데이터가 가능한 빠른 시간 내에 도달하고자 하는 것이 가장 중요한 문제가 되기에 기존의 애플리케이션과는 다른 프로토콜 및 파라미터 연구가 필요하다.

III. 제안 모델

1. 네트워크 모델

본 논문은 국내, 특히 강원도등의 넓은 지역의 산악 지역에서의 산불 감지를 대상으로 바이오 애드 혹 센서 네트워크를 모델링 한다. 소수의 인포스테이션과 다수의 센서가 부착된 동물 노드를 통해 재난 데이터가 하

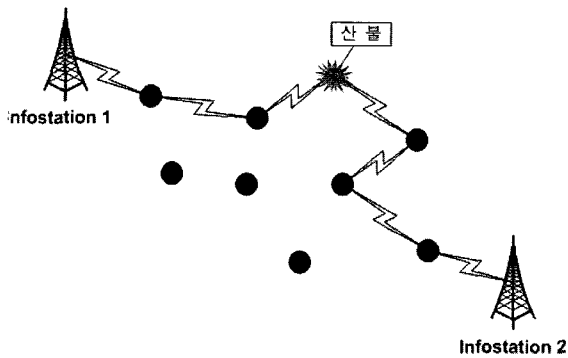


그림 1. 데이터 전달 경로
Fig. 1. Data delivery Path.

나의 인포스테이션에 도착하면 재난 발생을 인지하게 되고, 재해 관리본부에 연락이 닿아 신속하게 대처할 수 있다.

RF 안테나를 갖는 센서가 부착된 멧돼지가 노드가 되고, 각 인포스테이션은 멧돼지의 이동 형태를 고려한 멧돼지의 먹이원 혹은 보금자리등의 적당한 위치에 설치한다. 인포스테이션의 개념은 기본적으로 전송 지연에 민감하지 않은 정보들의 수집을 위해 제안되어 동물 노드를 통한 데이터의 전달은 재난의 조기 경보 측면에서 보면 적당치 않을 수 있다. 그러나 인포스테이션의 수와 동물 노드의 수가 적절하게 관리 되고, 동물 노드의 이동속도가 어느 이상이 되면 인포스테이션까지의 데이터 전달 시간을 특정 임계치 값 이하로 관리하는 것이 가능하다. 그림 1은 산불등의 재난이 발생한 경우 그 정보가 어떻게 인포스테이션까지 도달하는지를 보여 준다.

그림 1에서의 데이터 전달 과정을 보면, 산불이 발생하면 인접해 있는 동물 노드의 센서가 센싱을 통해 산불을 감지하고, 이 데이터를 저장한다. 이 데이터를 저장한 노드는 이동 중에 다른 동물 노드들을 만나면, 즉 서로의 전파 도달 영역안에 들어가면 브로드캐스팅을 통해 다른 노드에게 이 데이터가 전송된다. 그 데이터를 수신한 노드도 마찬가지로 다른 동물 노드와 인접할 경우 브로드캐스팅을 하게 된다. 이 데이터를 갖고 있는 동물 노드가 인포스테이션의 수신범위에 들어가면 자신의 데이터를 인포스테이션에 전송함으로써 산불 발생을 알리게 된다. 인포스테이션이 멧돼지로부터 수집된 정보를 적절히 저장하는 DB 역할을 하며 기존 네트워크 인프라와 연결된 정보기지가 된다.

본 논문에서는 동적인 동물 노드와 정적인 인포스테이션이 사용된다. 기존의 정적인 노드를 임의로 배치한 네트워크 모델보다 멧돼지에 센서를 부착한 동적인 노

드를 사용하여, 네트워크에 필요한 노드의 개수를 상당히 줄일 수 있다. 물론 인포스테이션 또한 이동가능 하게 한다면 동물 노드와 인포스테이션의 상대 속도가 배가되므로 데이터의 전달 시간을 단축시킬 수 있지만, 그에 관한 논의는 차후에 연구할 것이다. 그리고 인포스테이션의 위치도 전달 지연 시간에 중요한 변수가 되므로 이에 대한 분석도 필요하다.

2. Random waypoint model

제안 모델의 분석을 위해 노드의 이동성에 대해서도 고려되어야 한다. 노드의 움직임을 실제적으로 표현 할 수 없기 때문에 시뮬레이션을 위해 여러 이동성 모델중 하나를 사용한다. 본 논문에서는 동물 노드의 이동성 모델로 random waypoint model^[11]을 사용하여 시뮬레이션 한다. 즉, 동물 노드는 도달하고자하는 목적지를 임의로 선택하고, $[v_{min}, v_{max}]$ 사이에 임의의 값의 속도를 선택하여 목적지를 향하여 일정하게 움직인다. 그리고 목적지에 도착 후에는 새로운 목적지 포인터를 선택하기 전에 임의의 시간동안 휴식을 취한다. 본 논문에서는 멧돼지의 이동 속도 특성으로부터 $[v_{min}, v_{max}] = [25, 35]km/h$ 로 하였다. 산불이 났을 경우를 가정하기 때문에 최저 속도를 0으로 하지 않았고, 휴식 시간은 제외시켰다.

3. 플러딩(flooding) 프로토콜

모바일 노드들이 데이터를 공유하는 가장 간단하면서 빠른 방법이 브로드캐스트를 이용한 플러딩 방식이다. 본 논문에서는 이러한 플러딩 방식을 채택한다. 플러딩 방식에서는 동물 노드가 광범위하게 움직이며 다른 동물 노드와의 접촉률이 높아질 수록 더 빠르게 데이터가 공유된다. 노드의 전력소비등은 고려 대상에서 제외된다. 재난 조기 경보 상황이므로 보유한 모든 전원을 다 이용하여 재난 정보를 인포스테이션에 가능한 빨리 전달하는것이 필요하기 때문이다. 모든 노드가 인포스테이션에 데이터를 전송할 필요가 있는 것이 아니라, 여러 노드중 가장 빠르게 인포스테이션에 접촉하는 한 노드만이 재난 발생 데이터를 전달하면 된다. 데이터가 모든 노드에 플러딩 되기 때문에 대역폭, 에너지 낭비가 되는 단점이 있지만, 플러딩을 통해 데이터 전송률을 높일 수 있고, 인포스테이션까지 가장 빠른 전송을 할 수 있다.

IV. 성능 분석

본 논문에서 제안한 모델에 대한 성능을 시뮬레이션을 통해 측정한다. 시뮬레이션 연구를 통하여 노드 및 인포스테이션의 수와 전달 지연 시간과의 관계를 알아본다. 또한 효율적인 대처가 가능한 재난 경보 데이터 전달에 필요한 최소의 시간을 T 라고 가정하고 이에 필요한 인포스테이션의 수 및 동물 노드의 수에 대한 파라미터를 분석한다. 본 논문에서는 T 를 10분으로 가정하였으나, 임의의 다른 시간으로 지정하여 분석하는 것이 가능하다. 시뮬레이션 프로그램은 linux 환경에서 C코드로 작성되었다.

1. 시뮬레이션 환경

본 논문의 연구 배경은 일단 국내 강원도 산악지역을 가정하였다. 강원도 지역의 산악지형의 크기를 보면, 설악산 373 km², 오대산 298 km², 치악산 182 km² 정도이다. 그리고 멧돼지의 이동 속도는 산불이 발생하는 위급한 상황이므로 25-35km/h로 가정한다. 즉 노드의 속도는 5-15m/s이다. <표 1>에서 보는 것과 같이 실제 환경과 유사하게 시뮬레이션 환경을 설정하였다. 노드와 인포스테이션의 전파 수신범위는 다른 변수에 의해 달라질 수 있으나, 본 논문에서는 각각 100m, 1km로 가정한다. 노드의 이동성 모델로는 일반적으로 노드들의 움직임을 표현하는데 가장 많이 이용되는 random waypoint mobility model을 사용한다.

표 1. 실제환경과 시뮬레이션 환경 비교
Table 1. Simulation parameters compared to actual parameters.

	실제 환경	시뮬레이션 환경(m)
면적	150~400km ²	15000 x 15000
멧돼지 속도	20~35km/h (5-10m/s)	20~35km/h (5-10m/s)
노드 수신 범위	100m	100m
인포스테이션 수신 범위	1km	1km
멧돼지 이동		Random waypoint mobility model

2. 성능 측정 및 평가

먼저, 동물 노드의 수의 증가에 따른 평균 전달 지연 시간과의 관계와 인포스테이션의 수의 증가에 따른 평

균 전달 지연 시간과의 관계를 분석한다. 그리고 평균 전달 지연 시간 T를 10분으로 지정하고, 재난 데이터가 그 시간 안에 도착하기 위한 최소 인포스테이션 수와 동물 노드의 수의 관계를 살펴본다. 또한 인포스테이션의 위치와 평균 전달 지연 시간과의 관계도 살펴본다.

그림 2는 하나의 인포스테이션에 대하여 노드의 수의 증가에 따른 평균 전달 지연 시간의 관계를 나타낸 그래프이다. 인포스테이션의 위치는 현실적인 설치의 용이함을 고려하여 영역의 모서리에 위치한 경우에 대하여 분석하였다. 동물 노드의 개수가 1인 경우는 산불을 감지한 센서 노드가 직접 인포스테이션에 도달하는 경우로서 전달 지연 시간이 매우 크며, 또한 센서 노드가 산불을 감지할 확률이 현저하게 떨어진다. 그러므로 그림 2에서는 동물 노드의 수를 10 이상부터 결과를 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 노드의 수가 많아질수록 평균 전달 지연 시간이 감소하는 것을 알 수 있다. 동물노드의 수가 10인 경우에는 거의 5시간 가까이 전달지연시간이 걸리나 노드의 수가 50개 이상이 되면서부터 평균 전달 지연 시간이 100분 아래로 떨어지는 것을 알 수 있다. 그러나 동물 노드의 수가 100인 경우에도 평균 전달 지연 시간이 1시간정도 걸리므로, 우리가 목표로 하는 T=10분의 평균 전달 지연시간을 얻기 위해서는 동물 노드의 수를 계속 늘리는 것보다 인포스테이션을 증설하는 경우를 고려할 필요가 있다.

그림 3은 인포스테이션의 수의 증가에 따른 평균 전달 지연 시간을 보여준다. 동물노드를 일정한 수(10, 20, 40 70, 100개)로 고정시키고, 인포스테이션의 수를 변화시키면서 결과 값을 측정하였다. 인포스테이션의 위치는 인포스테이션의 수가 증가할 때마다 4개의 모서리로

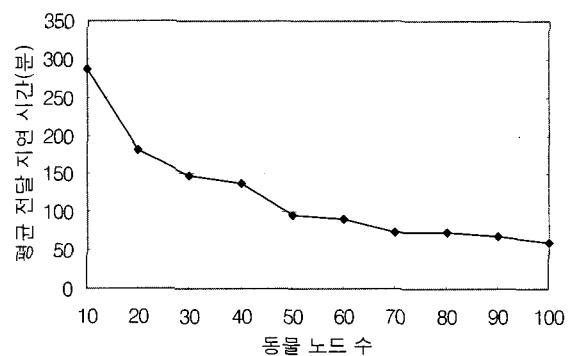


그림 2. 동물 노드 수에 따른 전달 지연 시간 (인포스테이션의 수=1)
Fig. 2. Average delivery time when node numbers vary. (No. of infostation=1)

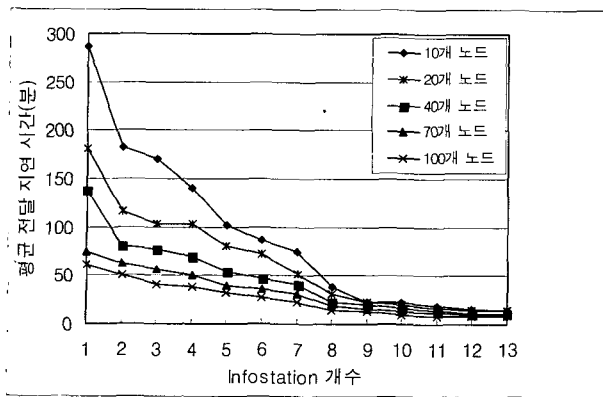


그림 3 동물 노드와 인포스테이션수에 따른 전달 지연 시간
Fig. 3. Average delivery time when numbers of node and infostation vary.

부터 시작하여 중앙위치, 중앙과 모서리의 중간위치등 영역을 균등하게 분할시키면서 배치하였다. 이 그래프에서 우리는 인포스테이션의 수가 증가할수록 데이터의 평균 전달 지연 시간이 감소함을 알 수 있다. 인포스테이션의 수가 13인 경우에는 모든 동물 노드의 수에 대하여 T=10분의 평균 전달 지연 시간의 요건에 근접하는 것을 알 수 있으나, 인포스테이션이 수가 그 이하인 경우에는 동물 노드의 수에 따라 T=10분의 요건을 만족하는 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 존재한다. 즉 우리는 재난의 조기 경보에 필요한 최소 시간 T=10분을 만족시키기 위해서는 동물노드의 수와 인포스테이션의 수사이의 tradeoff 가 존재함을 알 수 있다. 그러므로 그러한 동물 노드의 수와 인포스테이션의 수사이의 관계에 대한 그래프를 구할 필요가 있다.

그림 4는 T=10분의 평균 전달 지연 시간을 만족시키기 위한 최소 동물 노드 수와 인포스테이션의 수와의 관계를 나타내고 있다. 예상한 바와 같이 동물 노드의 수와 인포스테이션의 수는 반비례의 관계가 있다. 즉 인포스테이션의 수가 많아질수록 필요한 동물 노드의 수는 작아지게 되는 것을 볼 수 있다. 인포스테이션의 수가 10개일때의 필요한 동물 노드의 수는 100개가 되며, 인포스테이션의 수가 20개로 증설될 경우에는 필요한 동물 노드의 수는 30개로 줄어 든다. 이와 같은 그래프를 이용하여 우리는 필요시에 인포스테이션의 수와 동물 노드의 수를 결정할 수가 있게 된다. 인포스테이션의 수 및 동물 노드의 수를 결정하기 위한 추가적인 고려사항으로, 동물들의 포획 비용, 인포스테이션의 설치 비용 및 운영비용, 탑재된 센서의 전원 고갈에 따른 주기적인 동물들의 재 포획 비용, 센서 구입 비용, 재난

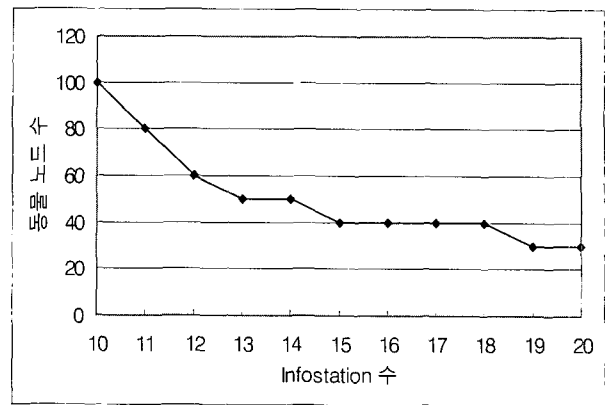


그림 4. T=10분 이내의 평균 전달 지연 시간에 대한 인포스테이션의 수 및 그에 따른 최소 동물 노드의 수
Fig. 4. Minimum number of node when number of infostation varies for 10 minutes or less of average delivery time.

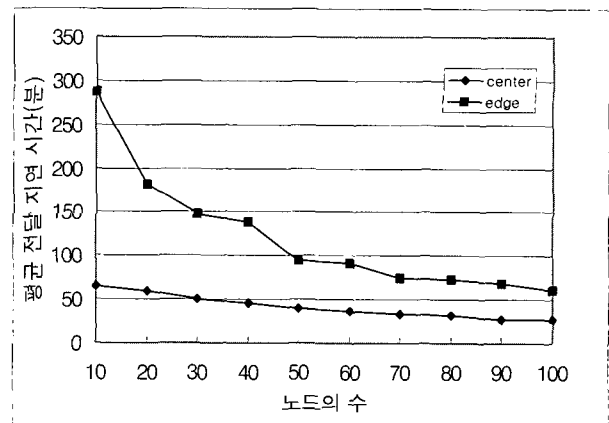


그림 5. 인포스테이션의 위치에 따른 전달 지연 시간
Fig. 5. Average delivery time when a infostation locates at the center and the edge of the area.

이 발생한 경우 센서의 전원을 모두 사용하게 되고 일부 인포스테이션은 재난으로 인하여 파손될 수 있으므로 그 경우에 대한 동물들의 재포획 비용 및 인포스테이션 재설치 비용, 재난의 발생 빈도등이 있으며 이와 같은 사항들을 고려하여 그림 4의 그래프에서 최적의 인포스테이션 수와 동물 노드의 수를 결정할 수 있다.

노드의 수와 인포스테이션의 수가 증가할수록 전달 지연 시간이 감소하지만, 그에 못지 않게 중요한 것이 인포스테이션의 위치가 된다. 그림 5는 한 개의 인포스테이션을 시뮬레이션 영역의 한가운데에 위치하는 경우와 모서리에 위치시키는 경우에 대한 분석 결과이다. 쉽게 예상할 수 있듯이 중앙에 인포스테이션을 위치시키는 경우가 전달 지연 시간이 더 적게 걸리는 것을 알 수 있다. 그러나 인포스테이션을 영역의 중앙에 설치하

였을 경우 인포스테이션의 설치 및 유지 비용이 더 소요된다는 것을 고려해야 한다. 즉 인포스테이션의 위치와 설치 및 유지비용은 tradeoff 관계에 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

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 지리적, 환경적 요인으로 대형화재와 같은 재난상황이 발생할 위험이 많은 강원도등 한국내의 산간지역을 대상으로 재난 상황에 보다 효율적으로 대처할 수 있기 위한 재난 관리용 바이오 애드 혹 네트워크를 설계해 보았다. 또한 설계된 시스템에 대한 성능분석을 시뮬레이션을 통하여 수행하였다. 성능분석의 내용으로 동물 센서 노드가 산불을 감지한 후, 다른 노드와의 데이터 공유를 통해 인포스테이션까지 도달하는 시간을 살펴보고, 인포스테이션의 수의 증가에 따른 평균 전달 지연 시간의 변화를 분석하였다. 또한 재난에 효율적으로 대처하기 위해 재난 조기 경보에 필요한 임계시간 T 를 10분으로 가정하고, 10분안에 재난 발생 데이터가 도착하기 위한 동물 노드의 수와 인포스테이션의 수사이의 관계를 알아보았다. 그리고 인포스테이션의 위치에 따른 영향도 살펴보고, 이러한 연구 분석 결과는 제안된 시스템을 실제 환경에 적용할 경우에 필요한 파라미터를 선정할 때 유용하게 이용될 것으로 판단되며 그 결과로서 산악지역에서의 화재등의 재난에 대한 조기대응 및 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

참 고 문헌

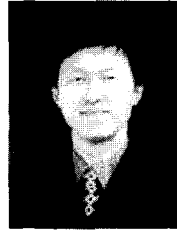
- [1] winwww.rutgers.edu/pub/docs/research/Infostations.html
- [2] 김원명, 멧돼지(*Sus scrofa coreanus* Heude)의 서식지이용연구를 위한 Radio Telemetry의 적용시험, 고려대학교 박사학위논문, 1994.
- [3] Akyildiz, I.F., W.Su, Y.Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A

- Survey," *Computer Networks*38(4):393, 2002.
- [4] C. Perkins, *Ad Hoc Networks*, Addison-Wesley, Reading, MA, 2000.
- [5] A. Iacono and C. Rose, "Infostations: New Perspectives on Wireless Data Networks", WINLAB technical document, Rutgers University, 2000.
- [6] 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
- [7] T. Small and Z.J. Haas, "The Shared Wireless Infostation Model - A New Ad Hoc Networking Paradigm (or Where there is a Whale, there is a Way)," in *Proceedings of the ACM MobiHoc 2003 conference*, Annapolis, Maryland, June 1-3, 2003.
- [8] Philo Juang, Hide Oki, Yong Wang, Margaret Martonosi, Li-Shiuan Peh, Daniel Rubenstein, "Energy-Efficient Computing for Wildlife Tracking: Design Tradeoffs and Early Experiences with ZebraNet", in *Proceedings of ASPLOSX*, San Jose, October 2002.
- [9] Lotek Corp, <http://www.lotek.com>, 2002.
- [10] Carribean Conservation Corporation, <http://www.cccturtle.org/satwelc.htm>, 2002.
- [11] C. Bettstetter, "Smooth is Better than Sharp: A Random Mobility Model for Simulation of Wireless Networks," *MSWiM*, July 2001.
- [12] T. Small, Z.J. Haas, A. Purgue, and K.Frstrup, "A Sensor Network for Biological Data Acquisition," in *Handbook on Sensor Networks*, M. Ilyas, editor, CRC Press, 2004.
- [13] Fred Brauer and Carlos Castillo-Chavez "Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology" Springer-Verlag New York, Inc.,2001.

저 자 소 개



이 동 은(정회원)
 2005년 강원대학교
 정보통신공학과 (학사)
 2005년~현재 강원대학교 컴퓨터
 정보통신공학과 석사과정
 <주관심분야 : 네트워크, 정보보
 호, ad hoc 네트워크>



이 구 연(정회원)-교신저자
 1988년 KAIST 전기및전자공학과
 (석사)
 1993년 KAIST 전기및전자공학과
 (박사)
 1993년~1996년 디지콤정보통신
 연구소

1996년 삼성전자
 1997년~현재 강원대학교 컴퓨터학부 교수
 <주관심분야 : 이동통신, 네트워크보안, 초고속통
 신망, ad-hoc 네트워크>