

## 국방 센서네트워크의 핵심요소 기술

박상준 | 박현 | 함영환  
한국전자통신연구원

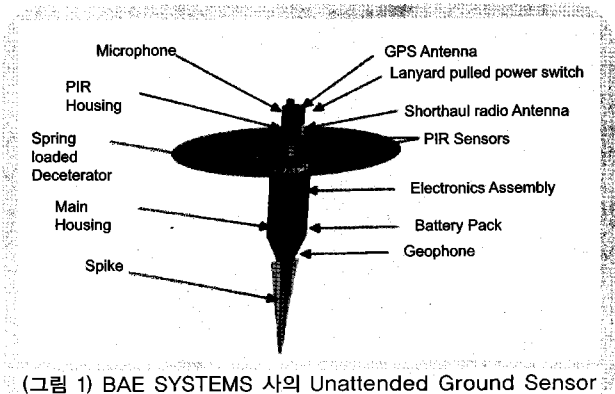
### 요 약

본고에서는 센서네트워크 기술의 역사와 배경 그리고 국방분야에 적용 가능한 센서네트워크 시스템에 대해서 기술한다. 국방 센서네트워크 시스템은 다른 센서네트워크 응용분야에 비해 유선 망 및 이동통신망 시스템에서 요구하는 신뢰성 있는 정보전달, 실시간 지원 등을 요구하고 있으며 또한 다중센서를 복합적으로 이용하여 적의 침입 또는 이벤트 발생을 100% 탐지하고 오보율 낮출 수 있는 기능을 요구한다. 본고에서는 이러한 국방 센서네트워크 시스템에서 요구하는 사항들을 만족시키기 위해 시스템의 주요 구성 요소들에서 수행해야 할 기술들, 센서 신호처리 및 식별 기술, 신뢰성 있는 패킷 전달을 위한 섹터안테나 및 섹터안테나 기반의 MAC 기술 그리고 실시간과 신뢰성 보장을 위한 라우팅 기술에 대해 논의한다.

### 1. 서 론

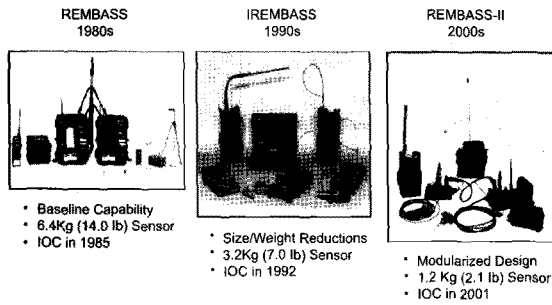
무선 센서네트워크 기술은 1980년경 군사적인 목적으로 미국 DARPA(Defense Advanced Research Project Agency)에서 DSN(Distributed Sensor Networks)이라는 프로그램으로 시작되었다. 이 프로그램은 적군감시를 위해 땅 위, 물속, 공중의 다양한 환경에 통신 가능한 소형센서들을 배치하고, 이 소형센서들이 적군의 움직임을 탐지하고 보고하는 형태의 시스템을 개발했다.

BAE SYSTEMS, L3 Communications, Textron과 같은 외국 회사들은 군사용 목적으로 1980년 초부터 개발하였고 각 제품들의 특징은 다음과 같다. (그림 1)은 BAE SYSTEMS에서 개발하고 있는 UGS(Unattended Ground Sensor)라고 부르는 시스템으로 음향, 진동, 적외선 센서를 내장하고 있고 운용기간은 약 2주정도이다. (그림 2)는 L3 Communications사의 REMBASS 시리즈 장비의 발전 형태를 볼 수 있다. 음향, 진동, 적외선 센서들은 개별모듈로 구성되어 있고 메인 장비와 유선으로 연결되어 있다. (그림 3)은 Textron Defense Systems사의 시가전등에서 사용할 목적으로 개발한 UGS 시스템과 전술용 UGS 시스템의 형상을 나타낸다.

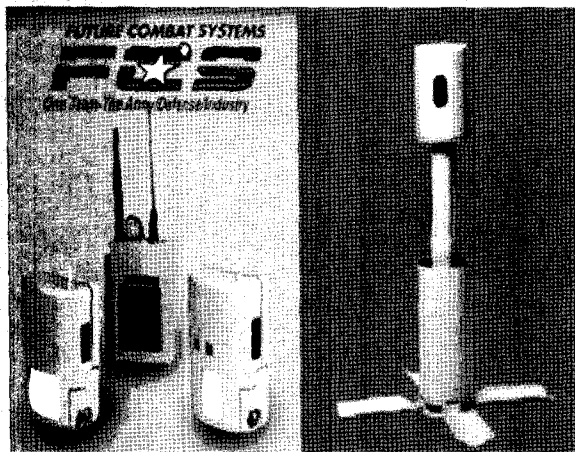


(그림 1) BAE SYSTEMS 사의 Unattended Ground Sensor

센서네트워크 기술은 국방분야에서 NBC(Nuclear, Biological, Chemical) 공격 탐지, 감시 및 경계, 적지 정찰 등의 작전에 적용가능하며 그에 따라 개발되어야 할 요소 기술들도 달라진다. 본 고에서는 감시 및 경계 분야에 센서네



(그림 2) L3 Communications 사의REMBASS 시리즈



(그림 3) Textron사의 UGS

트위크 기술을 적용할 경우 이에 필요한 요구사항들과 이를 만족시키기 위한 기술들에 대해 언급을 한다.

## II. 본 론

### 2.1 감시 및 경계 센서네트워크시스템 요구사항

작전에 실패한 지휘관은 용서할 수 있어도 경계에 실패한 지휘관은 용서할 수 없다는 격언처럼 감시 및 경계는 매우 중요한 사항이다. 북한과 대치하고 있는 상황에서 수 많은 병력과 장비들이 감시 및 경계 임무를 수행하고 있다. 그러나 현재의 감시 및 경계업무는 CCTV, 열상장비 및 외곽 경계병 등 대부분 사람에 의존하고 있는 시스템들로 운용되고 있어 24시간 높은 수준의 임무 수행에는 한계가 있다. 감시

및 경계 시스템에 무선 센서네트워크 기술을 적용할 경우 진동, 음향, Passive Infra Red(PIR), 자기센서, 영상 센서 등을 이용하여 적 침입을 탐지하고 센서 노드 사이의 무선 통신을 이용하여 종합상황실에 알려줌으로써 신속히 대응할 수 있도록 하여 최소의 외곽 경계병력으로 최대의 임무수행을 가능하게 해준다.

감시 및 경계업무에 센서네트워크 기술을 적용하기 위해서는 다음과 같은 요구 사항들을 만족할 수 있도록 하여야 한다

- 1) 설치된 센서네트워크 영역 내로 적이 침입하였을 경우, 100% 탐지하여 종합상황실로 알려줄 수 있어야 한다
- 2) 바람, 나뭇잎, 새, 동물 또는 센서의 오작동에 의해 적이 침입이 잘못 보고되는 오보율이 최소화 되어야 한다
- 3) 실외에서 배터리로 동작되어야 하므로 전력소모가 최소화 되어야 한다
- 4) 탐지된 표적 정보는 무선 센서네트워크를 통해 다중 홉 종합상황실에 전달하게 되는데 이 전달과정에서 손실이 발생되어서는 안 된다. 즉 신뢰성 있는 무선 센서네트워크가 보장되어야 한다.
- 5) 센서필드에서 수집된 정보는 무선 센서네트워크 망을 통하여 원거리 통신망 및 군 전술 통신망을 통해 지휘통제소로 전달되고 또한 지휘통제소에서 결정한 명령 등은 센서필드의 센서노드까지 전달되어야 하므로 군 전술통신망 장치와의 연동이 가능하여야 한다.
- 6) 수집된 정보와 지휘통제소에서 전달하는 메시지 등은 무선통신망을 통해 전달되므로 적으로부터의 무선통신 감청이 되지 않도록 동작되어야 한다

### 2.2 핵심 요소 기술

본장에서는 휴전선 철책선 주위 또는 주요 시설물 보호를 위해 무단 침입하는 적을 탐지하고 식별하기 위한 감시 및 경계 센서네트워크 시스템의 요구 사항을 만족시키기 위한 요소 기술들에 대해서 알아본다.

#### 2.2.1 센서데이터 처리/탐지/식별 기술

감시 및 경계시스템은 적의 침입이나 특정 이벤트 발생시 100%의 정보가 손실 없이 종합상황실로 통보되어야 한다. 또한 새, 동물, 외부환경 및 센서의 오작동으로 인한 false

alarm이 발생되어서도 안 된다.

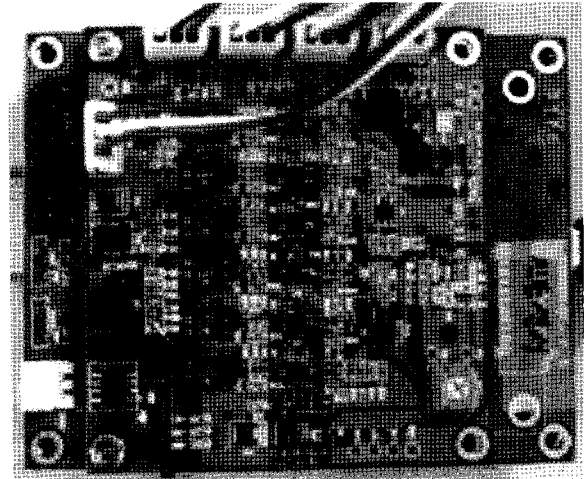
기존의 감시 및 경계시스템은 철조망에 진동센서를 부착하여 철조망 통과를 감지하거나 적외선 센서를 이용하여 이동물체 감지 또는 경계선 통과를 감지하는 방식이며 대부분 단일센서의 정보가 의존하는 방식이다. 또한 센서로부터 수집된 신호의 세기가 특정 임계치 이상이 되면 물체 유무를 판단하는 방식이다. 이러한 방식은 새, 짐승뿐만 아니라 바람, 비, 번개, 천둥 등 기후에 큰 영향을 받게 되어 잦은 false alarm을 발생시키게 되어 시스템의 신뢰도를 떨어뜨리게 된다.

신뢰성 있는 탐지와 오보율을 줄이기 위해서는 복합 센서로부터 수집된 정보를 분석하고 판단하여 탐지를 결정할 수 있는 방식이 필요로 하다. 감시 및 경계 응용에서 표적을 탐지하고 식별하기 위해서는 다음과 같은 센서들을 이용한다.

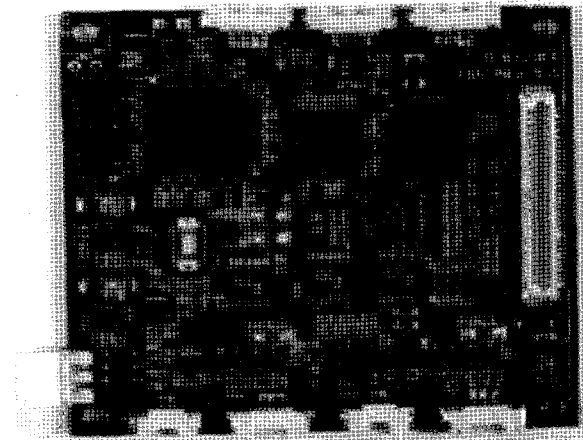
- 1) 진동센서: 표적에서 발생하는 진동을 감지한다
- 2) 음향센서: 표적에서 발생하는 소리를 감지한다.
- 3) 자기센서: 자동차, 탱크와 같이 강한 자성을 가지고 있는 물체에 의한 전자기장의 변화를 감지한다.
- 4) 적외선 센서: 이동하는 물체를 감지한다

(그림 4)와 (그림 5)는 한국전자통신연구원에서 개발중인 센싱모듈로 용도에 따라 저전력 센싱모듈 과 고성능 센싱모듈로 나누어 진다. (그림 4)는 저전력 센싱모듈으로써 3V로 동작하는 센서(3축 진동, 3축 자기, 2개의 음향, 4개의 Passive Infra Red(PIR))들로 구성되어 있고 환경 감지를 위한 온도, 습도, 조도센서로 구성되어 있다. 사용자가 개별센서 회로의 gain을 조정할 수 있을 뿐만 아니라 저전력 구현을 위해 필요한 센서를 선정하여 구동 시킬 수 있도록 설계하였다. 또한 이벤트를 센싱하는 부분은 polling 또는 인터럽트 방식으로 구현할 수 있도록 하였다.

(그림 5)는 고성능 센서모듈로 5V~10V범위에서 동작하는 고 감도 센서모듈들로 구성되어 있고 신호처리 및 주파수영역 분석 등과 같이 복잡한 처리 등을 수행하기 위한 DSP 칩이 내장되어 있다. 이 모듈은 저전력 센서모듈에 비해 전력 소모는 크지만 50~300% 센싱 감도가 좋다. 저전력 센싱모듈은 수집된 정보를 MCU(Micro Controller Unit) 장치로 보내어 MCU에서 amplitude 기반의 탐지 및 식별기능을 수행하는 반면 고성능 센서모듈에서는 내장되어 있는 DSP칩에



(그림 4) 저전력 센싱 모듈



(그림 5) 고성능 센싱 모듈

서 복잡한 신호처리 및 주파수 영역 분석을 실시한 후 MCU 장치로 처리된 결과만 보내 준다.

표적에 대한 센서의 반응은 기후, 계절, 시간대별, 센서의 노후화 상태 그리고 센서 주변의 나무, 건물 등 방해물 유무에 따라 달라진다. 그러므로 시스템 운용자는 센싱회로의 gain이나 주요 파라미터들을 적절히 조정하여야 한다. 개별 센서 주변의 환경정보는 센서에 내장된 온도, 조도 및 습도 센서를 이용한다. 센싱회로의 gain이나 주요 파라미터들은 탐지 및 식별 성능에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 이러한 값들을 선정하기 위하여 센서노드 배치 후 오랜 기간 동안 운용하면서 각 센서별로 수집된 값들을 데이터 베이스화 해야 한다.

단일 센서노드에서의 탐지 및 식별처리만으로는 100% 탐지를 수행하고 오보율을 0% 가까이로 줄이기에는 한계가 있다. 현재 개발하고 있는 감시정찰 센서네트워크 시스템에서는 센싱 정보가 전달되는 과정에 있는 주요 구성품들, 즉 센서노드, 클러스터 헤드, Task manager 에서 각각 다른 수준의 탐지 및 식별 기능을 수행하도록 하였으며 각 구성품별 수행하는 기능은 다음과 같다.

- 1) 센서 노드 : 각 센서 노드에서는 다중센서들로부터 수집된 정보들에 대해 잡음 제거 과정을 거친 후 복합센서 정보를 융합하여 탐지 및 식별 기능을 수행한다. 이 과정에서 대상 표적의 종류(사람, 차량), 그리고 탐지 또는 식별단계에 따라 다중 센서 중 어떤 센서를 주 센서 또는 보조센서로 사용할 것인지를 결정한다.
- 2) 클러스터 헤드 : 센서노드가 적 주위에 여러 개 설치되어 있을 경우에는 다수의 센서노드가 동시에 적의 침입을 탐지하게 된다. 이때 센서노드들은 표적과의 거리, 주변환경, 배치상태가 다르기 때문에 각 센서들로부터 수집되는 값들은 동일정보에 대해서 각각 다른 값들을 가지게 된다. 클러스터 헤드는 다수의 센서노드로부터 수집된 다양한 표적정보를 이용하여 데이터 융합을 수행하게 되고 이 결과를 바탕으로 탐지 및 식별을 수행하게 됨으로 센서노드에 비해 높은 수준의 탐지 및 식별 기능을 수행하게 된다.
- 3) Task Manager : Task manager는 센서노드 및 클러스터 헤드에 비해 대용량 저장장치와 고성능의 프로세스가 탑재되어 있기 때문에 배치된 각 센서들의 특성 및 대상 표적들에 대해 특징들을 사전에 수집하여 데이터 베이스화 할 수 있다. 획득된 표적 정보의 이동경로에 대한 패턴분석을 통한 식별 기능을 수행할 수 있고 또한 아군의 예정된 이동경로 정보를 활용하여 피아 식별 수행이 가능하다. Task Manager는 센서노드나 클러스터헤드에 비해 보다 복잡하고 다양한 탐지 및 식별기능을 수행하게 된다.

## 2.2.2 실시간 및 신뢰성 있는 데이터 전달을 지원하는

### 라우팅 기술

감시정찰센서네트워크 시스템에서는 개별 센서 노드에서 수집된 정보가 중간 센서노드들을 통해서 클러스터 헤드로

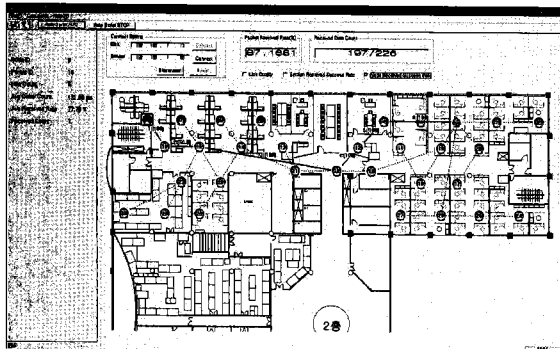
전달되고 중간 클러스터헤드를 통해 최종 Task manager로 전달된다. 이러한 과정에서 시스템의 각 구성요소들에서는 서로 다른 수준의 탐지 및 식별 기능을 수행하게 된다. 각 구성품에서 수행하게 될 탐지 및 식별 기능이 정상적으로 수행되기 위해서는 센서노드에서 획득한 정보들이 Task Manager로 전달되는 과정에서 패킷의 손실이 최소화 되어야 한다.

과연 기존의 라우팅 알고리즘들은 어느 정도의 데이터 전달 성능을 가지고 있을까? 기존 라우팅 알고리즘에 대한 성능분석을 실시하기 위하여 한국전자통신연구원 7연구동에 (그림 6)과 같은 테스트베드 환경을 구축하였다. 사무실과 실험실 천정에 약 32개 가량의 센서노드를 설치하고 센서노드에서 싱크노드까지의 홉수는 최대 7-8홉이 되도록 구성하였다. 이 테스트베드에서 사용하고 있는 센서노드는 Crossbow사 916MHz(Mica2) 및 2.45GHz(MicaZ, TelosB, Tmote-Sky)제품 그리고 한국전자통신연구원에서 개발한 감시정찰센서네트워크용 센서노드들이며 TinyOS 및 NanoQplus 운영 체제를 지원할 수 있도록 개발되어 있다.

CSMA기반의 MAC에 센서네트워크의 대표적 라우팅 알고리즘 3가지를 올려 성능분석을 실시하였으며 각 알고리즘에 대한 특징은 다음과 같다

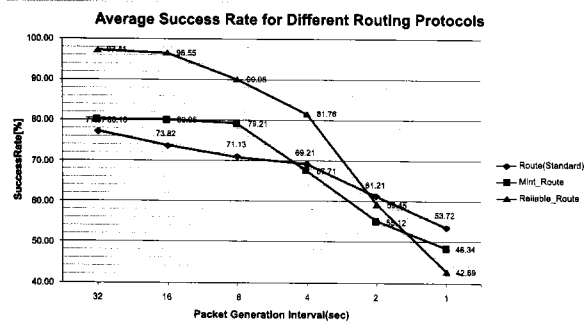
- 1) 최소 홉 기반 라우팅: 각 센서노드에서 싱크노드로 가는 경로 설정 시 홉 카운터가 최소가 되는 경로를 찾아가는 방식이다.
- 2) 링크의 품질 기반 라우팅: 무선통신에서 거리가 짧은 경로보다는 센서노드와 싱크노드간의 경로 중 전파 송수신 세기 또는 패킷 교환 성공률이 좋은 경로를 선정하는 방식이다.
- 3) 링크의 품질 + 응답 기반 라우팅: 위의 2)항 품질기반 라우팅 방식에 송신 측에서 데이터 보낼 때마다 수신 측의 응답(Acknowledgement)을 받는 방식이다.

센서노드에서 발생하는 패킷량이 증가됨에 따라 싱크노드까지의 패킷이 얼마나 성공적으로 전달되는 가를 3가지의 라우팅 알고리즘에 대해서 성능 비교를 실시하였다. 시험조건은 32개의 센서노드가 32/16/8/4/2/1초마다 1개씩의 패킷을 발생하여 싱크노드로 전송하도록 하였다. 모든 노드에서의 패킷 전송이 동기가 될 경우에는 패킷 전송시 손실이 발



(그림 6) 테스트베드 환경

생될 수 있기 때문에 이를 방지하기 위하여 각 노드별로 랜덤지연을 발생시켰다.



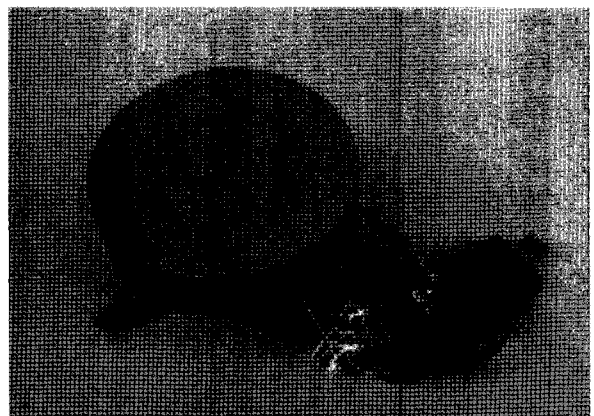
(그림 7) 라우팅 방식별 패킷전달 성공률

(그림 7)에서 X축은 각 노드에서 발생하는 패킷의 시간 간격을 나타내고 Y축은 센서노드에서 생성된 패킷이 싱크노드까지 손실 없이 어느 정도 전달되었는지를 나타낸다. 시험결과 매우 흥미로운 결과를 발견 할 수 있었다. 첫째, 각 노드에서 발생하는 패킷의 간격이 클 경우, 즉 센서망에서 발생하는 패킷의 수가 적을 경우에는 “링크의 품질+응답 기반 라우팅 방식”은 98% 수준의 패킷전달 성공률을 나타내었다. 그리고 다음은 “링크의 품질기반 라우팅” 이었고 역시 최소홉 기반 라우팅은 가장 낮은 패킷전달 성공 율을 나타내었다. 둘째, 각 노드에서 발생하는 패킷의 간격이 줄어들 경우, 즉 센서 망에서 발생하는 패킷의 수가 많아질 수록 점차적으로 “링크의 품질 + 응답기반 라우팅 방식”의 패킷 전달 성공 율이 40%까지 떨어지면서 가장 성능이 나빴으며

오히려 “최소 홉 기반 라우팅”의 성능이 상대적으로 가장 좋은 결과를 나타내었다. 이러한 현상은 “링크의 품질 + 응답기반 라우팅 방식”의 경우 보다 신뢰성 있는 패킷전송을 위해 수신 측에서 송신하는 응답신호가 오히려 센서네트워크상에서 전달되는 전체 패킷 흐름에 방해가 되기 때문이다. 이에 비해 오히려 “최소 홉 기반 라우팅”은 다른 방식들에 비해 전체노드에서 발생하는 패킷의 양이 적기 때문에 오히려 성능의 저하가 작게 발생되었다. 이러한 원인의 가장 큰 이유는 라우팅 방식의 차이보다는 경쟁방식의MAC인 CSMA를 사용하였기 때문이다. 32개의 센서노드가 1초간격으로 패킷을 발생시킬 경우 단지 40~50% 정도의 패킷만이 싱크까지 성공적으로 도달하게 된다.

감시정찰센서네트워크 시스템에서는 클러스터헤드에 장착된 카메라가 수집한 정지영상 정보, 마이크로부터 수집한 음성정보 등 짧은 시간 동안 많은 양의 패킷이 전달되어야 한다. 이러한 상황에서도 중요한 이벤트 정보나 Task manager에서 전달하는 명령 정보를 포함한 패킷들에 대해서는 손실이 발생되어서는 안 된다. 또한 정해진 시간 내에 목적지까지 전달되어야 한다. 이러한 요구사항들을 만족시키기 위해서는 기존의 센서네트워크에서 접근하는 방식과는 다른 새로운 방식의 접근이 필요로 하다. 이에 따라 섹터 안테나 개발, 섹터 안테나 기반의 MAC 기술 개발 그리고 신뢰성 있는 패킷 전달과 실시간 패킷 전달을 지원하는 라우팅 알고리즘 기술 개발이 필요로 하다.

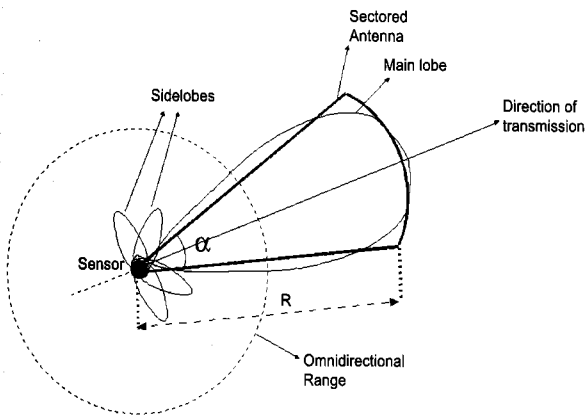
Omni안테나는 360도 전 방향으로 송수신이 가능하다. 이에 비해 섹터안테나는 지향성을 가지게 되어 특정 각도 범



(그림 8) 6섹터 안테나 및 센서노드

위 내에서만 송수신이 가능하다. 예를 들어 2섹터 안테나는 한 개의 섹터가 각각 180도 지향성을 가지고 4섹터의 경우는 각 섹터당 90도 범위 내에서 송수신이 가능하다. 섹터의 개수는 시스템의 복잡도와 성능에 영향을 주기 때문에 시스템 측면에서 결정되어야 한다. (그림 8)은 각 섹터가 60도 범위로 지향성을 가지는 6섹터 안테나 예를 보여주고 있다.

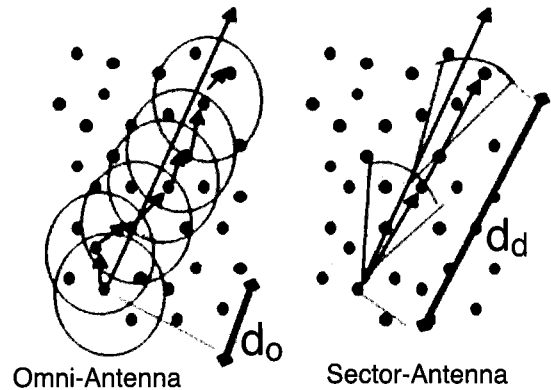
Omni 안테나는 (그림 9)에서와 같이 센서노드가 패킷을 전송할 경우, 이 노드의 전파반경 범위 내에 있는 센서노드는 송신을 할 수가 없다(경쟁 기반의 MAC을 사용할 경우). 이에 비해 지향성 안테나는 특정 방향으로만 송신을 하기 때문에 송신되지 않는 영역에 존재하는 센서노드들은 송신이 가능하다. 즉 공간 재사용성에 의해 센서 네트워크 망의 성능이 크게 향상된다.



(그림 9) Omni-안테나 대 섹터안테나

섹터안테나의 지향성 특성이 가지는 또 하나의 장점은 Omni-안테나에 비해 동일한 송신출력으로 보다 먼 거리를 보낼 수 있다는 점이다. (그림 10)에서와 같이 동일거리에 있는 두 노드간의 통신에 Omni-안테나를 사용할 경우에는 6홉이 소요되는 반면 섹터안테나를 사용할 경우에는 2홉으로 패킷 전달이 가능함을 보여준다.

Omni-안테나 대신 섹터안테나의 지향성특성을 이용할 경우 송수신 거리가 증가하고 공간 재사용에 따라 센서네트워크 throughput 이 증가 하게 된다. 하지만 저전력을 요구하는 센서노드에 섹터안테나 기술을 적용하기 위해서는 다음과 같은 요구사항들을 고려하여야 한다.



(그림 10) Omni-안테나와 섹터안테나 송신거리 비교

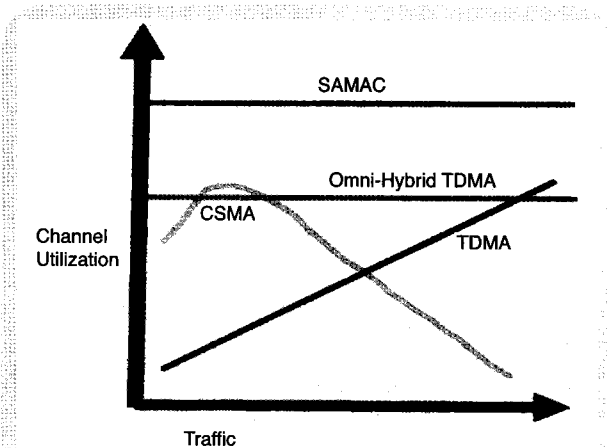
- 1) 단일 RF칩을 이용하여 섹터안테나를 제어해야 하기 때문에 여러 개의 섹터가 동시에 송수신 할 수 없고 오직 한 개만의 섹터가 동작하여야 한다.
- 2) 저전력으로 설계되어야 하므로 수동 소자들로만 설계되어야 한다
- 3) 섹터 빔을 이용하여 방향제어 프로세싱을 단순하게 하여야 한다.

앞에서 언급한 것과 같이 섹터안테나는 Omni-안테나에 비해 많은 장점을 가지고 있으나 기존의 Omni-안테나용 MAC으로는 동작할 수가 없어 새로운 개념의 MAC개발을 필요로 한다. 센서노드의 각 섹터들이 순차적으로 동작하기 때문에 이웃노드들과 통신을 하기 위해서는 서로 통신이 가능한 섹터들끼리 동기화가 되어 동작되어야 한다. 그러므로 각 노드들은 배치 후 노드의 각 섹터들 사이에 Hello 패킷을 교환 하면서 이웃 노드들의 어느 섹터와 통신이 가능한지를 찾아내는 Neighbor Discovery과정을 수행하여야 한다. 모든 센서노드들은 Neighbor Discovery 결과를 클러스터 헤드로 보내어 주고 클러스터헤드는 수집한 모든 센서 노드들 사이의 통신 가능한 섹터들이 동시에 동작할 수 있도록 스케줄링을 하고 이 스케줄에 따라 모든 센서노드들이 동작할 수 있도록 스케줄 정보를 배포 하여야 한다. 또한 스케줄링 방식으로 MAC을 동작시키기 위해서는 센서 노드간의 시각 동기화가 되어야 한다.

일반적으로 MAC은 경쟁기반의 CSMA MAC, 스케줄 기반의 TDMA MAC 그리고 스케줄과 경쟁 방식을 혼합한

Hybrid MAC등 3가지로 분류가 가능하다. (그림 11)은 3가지 MAC방식들이 traffic의 변화에 따라 Throughput변화를 나타낸다. X축이 센서네트워크에서의 traffic량을 나타내고 Y축이 센서네트워크에서의 throughput을 나타낸다. 경쟁기반 방식은 traffic이 작을 경우에는 데이터를 효율적으로 잘 보내다가 traffic이 증가하면서 간섭의 증가로 인하여 Throughput이 점점 감소하게 된다.

TDMA방식은 traffic이 적을 경우 활용되지 않고 있는 슬롯이 많아 낮은 Throughput을 보이고 traffic이 증가하면서 최대 가능한 Throughput까지 도달하여 유지하게 된다. 섹터안테나 기반의 MAC(Sector Antenna-based MAC: SAMAC)은 앞에서 언급한 바와 같이 송수신 거리가 증가하고 공간 재사용에 의해 비교적 높은 throughput 이 가능하다.



(그림 11) MAC 방식 별 센서네트워크 Throughput

섹터안테나를 사용함으로써 센서네트워크에서의 throughput이 증가되어 센서에서 발생된 패킷이 클러스터 헤드를 통해 Task manager까지 전달할 수 있는 확률은 향상되었지만 60kByte크기의 대용량 영상정보 등이 전달되고 동시에 많은 이벤트와 명령이 발생될 경우에도 여전히 중요한 이벤트 정보가 포함된 메시지나 명령메시지가 손실 없이 전달되는 것을 보장할 수는 없다.

감시정찰 센서네트워크 과제에서는 중요한 정보가 포함된 패킷들은 손실 없이 그리고 정의된 시간 안에 목적지까지 전달될 수 있도록 하기 위하여 다음과 같은 기능을 구현하고 있다

- 1) 센서네트워크에서 교환되는 패킷들에 대해 우선 순위를 부여하는 기능이다. 주요 이벤트나 명령 등은 최상위 우선순위 패킷, 일반 데이터들은 중간순위 패킷, 영상 정보와 같이 어느 정도의 패킷이 손실되어도 운용자가 판단하는데 큰 영향이 없는 패킷들은 하위 우선순위로 분류한다. 각 노드에서는 새로운 패킷이 수신될 때마다 현재 큐에 있는 패킷들에 대해 우선 순위가 높은 패킷들이 먼저 전송될 수 항상 sorting을 실시하여 정렬한다.
- 2) 패킷 발생시 타임 스탬프를 부여하고 각 노드에서는 패킷 생성 후 얼마나 시간경과가 되었는지를 유지시킨다. 최상위 우선 순위 패킷중 시간 경과가 오래된 패킷에 대해서는 우선적으로 보낼 수 있도록 큐 관리를 한다.
- 3) 모든 센서노드는 부모노드의 큐 상태를 모니터링 하여 큐에 여유가 없거나 긴 지연이 예상될 경우 라우팅 경로를 수정하여 큐가 여유가 있고 예상 지연이 짧은 경로를 필요에 따라 변경 할 수 있도록 하는 기능을 수행한다.
- 4) 각 노드들은 우선 순위가 낮은 패킷으로 큐에 여유가 없을 경우 임계치를 정하고 우선 순위가 낮은 패킷은 큐에서 삭제하여 우선 순위가 높은 패킷들이 들어올 수 있는 자리를 미리 만들어 준다. 그러므로 우선 순위 높은 패킷이 라우팅 중에 손실되는 것을 사전에 방지할 수 있다.

### III. 결 론

본 고에서는 국방 센서네트워크에서 가장 중요시 요구하고 있는 100% 탐지와 신뢰성 있는 식별 그리고 오보율을 줄이기 위해 필요로 하는 기술들에 대해서 논의하였다. 기존의 단일 센서에 의존한 탐지 방식만으로는 100% 탐지확률을 보장하고 오보율을 줄이기에는 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여서는 센싱정보가 전달되는 과정에 있는 주요 구성 품들인 센서노드, 클러스터 헤드, Task manager에서 단계별 다른 수준의 탐지 및 식별 과정을 수행하게 된다.

각 구성 품에서의 탐지 및 식별이 수행되기 위해서는 개별 센서노드에서 획득한 정보들이 패킷의 손실 없이 Task manager까지 전달될 수 있도록 신뢰성 있는 센서네트워크

가 제공되어야 한다. 이를 지원하기 위하여 섹터안테나와 섹터안테나 기반의 MAC 기술을 이용하여 센서네트워크의 throughput증가시키는 기술에 대해서 논의하였다. 또한 센서네트워크상에서 패킷의 발생이 동시에 많이 발생되었을 경우에도 중요한 이벤트 정보나 명령들을 포함하고 있는 패킷들이 손실 없이 전달될 수 있는 라우팅 기술에 대해서 논의하였다.

**참고 문헌**

[1] T. He, J. Stankovic, C. Lu, and T. Abdelzاهر, "A Spatiotemporal Communication Protocol for Wireless Sensor Networks," IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 16, NO. 10, OCTOBER 2005.

[2] Emad Felemban, Chang-Gun Lee, and Eylem Ekici, "MMSPEED: Multipath Multi-SPEED Protocol for QoS Guarantee of Reliability and Timeliness in Wireless Sensor Networks," IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, VOL. 5, NO. 6, JUNE 2006.

[3] <http://www.tinyos.net/>

**약 력**



**박 상 준**

1988년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1990년 경북대학교 전자공학과 대학원 졸업  
 (공학석사, 제어계측 전공)  
 1990년 ~ 2001년 국방과학연구소 선임연구원, 단거리 지대공 무기체계(천마) 시격통제장치 개발, 중거리 지대공 무기체계 (M-SAM) 지휘통제장치 개발  
 1999년 ~ 2001년 차세대 장거리 지대공 무기체계 획득사업 추진위원(국방부), 차세대 장거리 지대공 무기체계 획득사업 시험평가 위원(대한민국 공군)

2006년 North Carolina State University 컴퓨터 사이언스와 졸업(공학 박사)  
 [논문] Performance Analysis of Data Aggregation Schemes for Wireless Sensor Networks

2006년 ~ 현재 한국전자통신연구원 감시정찰센서네트워크연구팀 팀장  
 관심분야: 센서네트워크, Multi-sensor data fusion 및 target tracking, Hardware-In-The-Loop Simulator for Wireless Sensor Network



**박 현**

1985년 전남대학교 전산통계학과 학사  
 1987년 서울대학교 계산통계학과 석사  
 2005년 충남대학교 컴퓨터공학과 이학박사  
 1988년 ~ 현재 한국전자통신연구원, 책임연구원  
 관심분야: USN 라우팅, Cross-Layer Protocol Design, Wireless Mesh Networks



**함 영 환**

1994년 성균관대학교 정보공학과 공학사  
 1996년 성균관대학교 정보공학과 공학석사  
 2006년 성균관대학교 컴퓨터공학 박사수료  
 1995년 ~ 1998년 한국전자통신연구원 슈퍼컴퓨터 연구원  
 2000년 ~ 2001년 이니텍(주) 연구원  
 2001년 ~ 현재 한국전자통신연구원 RFID/USN연구본부 선임연구원

관심분야: 센서 네트워크 네트워크, 센서 네트워크 보안

