
해양오염 방지를 위한 무선 측위기반 자동 모니터링 시스템 연구

문 명 호*

A Study on the Automated Positioning based Monitoring System to prevent the oceanic ecosystem destruction

Myung-Ho Moon*

요 약

전국 수역의 녹조 및 해파리 발생, 유류오염 등에 의한 해양 생태계 파괴에 따른 심각한 문제에 따라 해양의 상태를 공중과 해양에서 관측할 수 있는 방법으로 헬기나 선박을 통한 조사는 비용이 고가이고 시대의 유류비 및 인건비 등의 예산 문제로 년 중 사용회수는 극히 제한되어 있으며 일기가 좋지 않을 때에는 아예 출동조차 못하고 있는 실정이다. 이를 극복하기 위해 해양에서 발생하는 제반사항을 악천후에도 무인으로 고 품질의 해양 환경 측정 및 모니터링 조사를 자동으로 할 수 있는 무인 자동 모니터링 시스템이 유지비가 거의 들지 않고 인건비, 유류비를 절약할 수 있을 뿐만 아니라, 각 센서들의 네트워크화, 측위기반 센싱 기법을 적용할 경우 조수가 있는 해양에서 센서의 위치 변동과 현재 위치를 파악할 수 있어 조사내용의 양과 질을 높일 수 있는 장점을 갖는다.

ABSTRACT

The Oceanic ecosystem destruction caused by Water-Bloom, Jellyfish development, and Oil contamination in nation's waters becomes serious problem. For these reasons, the oceanic conditions are observed in air and on the water using helicopters and vessels. But, employing helicopters and vessels are limited on a budget, and weather conditions. To overcome these problems, an unattended automated monitoring system not only gather all sorts of the oceanic conditions in spite of bad weather, but save labor and oil costs. For each sensor connected in network and radiodetermination, location of sensors are verified in the tidal water to improve gathering informations.

키워드

모니터링 시스템, 측위 시스템, 센서네트워크, 바이오센서

I. 서 론

자연환경을 파괴하는 환경오염이 점차 심각한 문제로 대두되고 있다. 대기오염이 호흡을 통하여 직접적으로 인체에 피해를 주는 것과는 달리 해양오염은 여러 형태의 간접적 피해로서 결과가 나타난다. 그 피해는

배출되는 물질의 종류와 양, 배출되는 해역의 특성에 따라서 다르지만 주된 피해형태로는 해양생물과 서식환경을 직접적으로 파괴하는 경우와, 오염생물을 사람이 섭취함으로써 피해를 입는 경우로 크게 구분할 수 있다.[1]

1) 해양 오염의 발생원인

육상 기인 오염으로는 육상에서 기원한 물질에 의한 오염으로 인하여 급속하게 진행되고 있는 해양 환경의 파괴와 해양 자원의 손실을 막기 위해서는 지속 가능한 해양의 이용과 충분한 오폐수 처리 시설을 갖추는 것은 물론, 유역을 체계적으로 관리할 수 있는 관리 정책으로써 육상의 오염 부하를 줄여야 한다. 또한 무분별한 연안 지역의 항만 건설, 산업단지 조성, 대형 간척과 매립사업 등의 여러 개발 사업을 통해 습지가 사라지고 생태적으로 중요한 갯벌과 하구가 사라지는 환경 파괴의 문제가 일어나고 있다.

해상 기인 오염으로는 기름 유출, 선박에서 버리는 폐유나 쓰레기, 양식장에 의한 오염과 같은 직접적인 영향과 무분별한 생물자원의 남획으로 인한 해양 생태계 파괴에 따른 해양 환경의 변화와 같은 간접적인 영향으로 해양 오염 발생의 원인이 되었다.[2]

2) 해양오염의 종류

바다에서 기름 유출 사고가 발생하면 기름이 주변 어장이나 해안을 덮쳐 짧은 시간 동안 집중적인 피해를 입히곤 한다. 물 위에 떠 있는 기름은 풍속의 2~4%, 유속의 60% 정도의 힘의 벡터합으로 이동하고 수면 위에서 증발되거나 물속으로 작은 기름방울이 되어 흩어지며, 경우에 따라서는 끈적끈적한 덩어리가 된다.

육상에서 너무 많은 영양 염류가 바다로 유입되어 식물 플랑크톤이 폭발적으로 증가하여 영양 염류가 정상보다 많아져서 물 색깔을 변화시키고 자연 환경에 피해를 미치는 부영양화가 일어난다. 적조는 식물 플랑크톤이 대량 증식하여 바닷물의 색깔이 붉은색으로 변하는 현상으로 적조를 일으키는 생물은 편모조류나 규조류가 대부분이지만, 연두벌레류(Euglena)나 원생동물인 섬모충류가 적조를 일으키는 경우도 있다. 우리나라에서 발생했던 적조는 대부분 규조류에 의한 것으로 큰 피해가 없었으나, 와편모조류에 의한 적조가 발생하여 양식장에 큰 피해를 주었다. 적조는 육상으로부터 질소, 인과 같은 영양 염류가 충분하게 공급되는 해역에서 주로 일어나는데, 최근에는 먼 바다에서도 적조가 발생하여 넓은 해역으로 퍼져 나가기도 한다.

DDT와 같이 환경 내에서 잘 분해되지 않고 생물에 농축되는 지속성 유기 오염 물질인 유기 염소계 농약 이외에도 PCBs나 다이옥신 등이 비슷한 성질을 가지고 있고

생물체의 조직에 농축되는 성질을 가지고 있어서 생물들에게 나쁜 영향을 주며, 다시 수중으로 용출되어 해수와 생물들을 오염시킬 수도 있다.

이러한 오염원에 대한 환경 관리의 측면에서 보면 해양 생태계의 기능에 어떤 이상이나 자원 감소가 발견되기 전에 원인을 진단하고 치유하는 것은 매우 중요하다. 한번 파괴된 생태계를 원상 복구하는 데는 엄청난 노력과 비용과 시간이 필요하기 때문에 가능하면 문제가 발생하기 전에 예방 조치를 취하는 것이 바람직하다.

3) 환경오염 모니터링 시스템

본 논문에서는 이러한 해양오염이 확산되기 전에 경고하고 예방하여 피해를 최소화할 수 있도록 환경을 감시하는 자동 모니터링 시스템을 구현하였다.

해양 환경오염을 모니터링하는 시스템의 주요 요소는 이를 감지할 수 있는 센서의 종류 및 임계치 설정에 있다. 데이터 처리부에서는 신호를 검출 및 신호 Conditioning을 거쳐 디지털 처리를 하고 프로세서에서 디지털 신호처리 및 신호에 대한 분석을 통해 현 상황에 대하여 파라미터 임계치에 따라 판단을 하도록 구성한다.[6]

이동 궤적을 예측하는 측위는 최저 3개의 무선 비콘 신호를 RSSI(Received Signal Strength Indication)에 의한 확률통계추론에 의해 처리하여 센서의 위치와 시계열에 따라 이동궤적을 동시에 추정하는 측위엔진 소프트웨어를 사용한다.

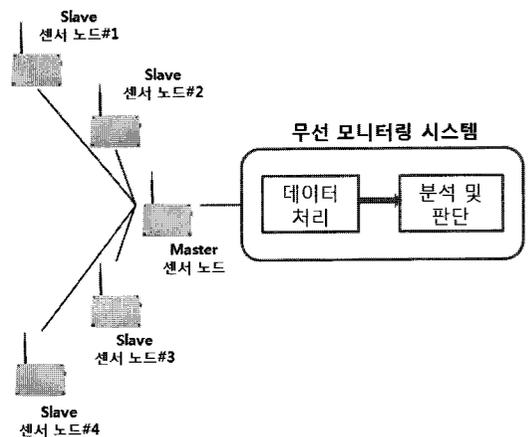


그림 1. 무선 모니터링 시스템
Fig. 1 Wireless Monitoring System

본 논문에서는 적조, 연안오염 모니터링에 적합한 센서를 사용한다. 사용할 센서의 종류로는 온도, 염분도, 광도, 해양식물플랑크톤 유래 독성물질(PSP/NSP/ASP/DSP)를 검출할 수 있는 바이오 센서들을 SOC(System On Chip)화[3][8]를 통해 소형화로 구현이 가능하다.

II. 본 론

1) 위치기반 센서네트워크

ZigBee는 저 소비 전력, 저속 무선통신 기술로 가정, 산업현장, 빌딩, 병원 등 폭 넓은 분야에서 응용이 기대되고 있다. 반경 수십 미터(Personal Area)에 있는 기기간의 통신으로써 고안된 무선통신의 신기술로서 자동화를 구현하기위한 Sensor Network 이다.

이동이 간편한 휴대 용도 일뿐만 아니라 기기나 센서를 다수 설치하는 대규모 네트워크시스템의 구축에도 유리하여 유비쿼터스 네트워크를 실현하는 유력한 무선기술이라고 일컬어지고 있습니다. 유비쿼터스 컴퓨팅의 기본은 상황인식에 의한 최적화이고, 그 중에서도 환경의 인식을 위해 센서네트워크가 중요시 되고 있다. 빌딩내의 다양한 장소에 설치한 인체 감지 센서나, 온도 센서에서 정기적인 data를 수집 할 때에 사용한다.[4] 센서는 코디네이터라 불리는 1대의 집약 서버에 데이터를 송신하고 수신 한다. 코디네이터는 수집된 데이터 설비 제어 시스템에 전송하여 조명이나, 에어컨의 제어가 가능하게 된다.

Personal Area의 무선기술로 Bluetooth나 UWB(초광대역통신)등이 있으나 ZigBee는 이들과는 다른 특징을 갖고 있다. 전파의 도달 거리가 긴 점과 광범위하게 설치되어 다수의 센서에서 코디네이터로 데이터를 집약할 수 있는 사양을 규정하고 있다는 점이다. Bluetooth 나 UWB는 전파의 도달거리가 10m이며, 기본적으로는 1:1통신을 규정하고 있다. 이것을 사용하여 센서네트워크 구축하는 데는 센서에서 전파를 받는 기기를 대량으로 설치하고, 그 기기에서 집약서버에 데이터를 받아들이도록 해야만 한다.

ZigBee 코디네이터는 반경 30m정도의 범위 내에 있는 센서 약 64,000 대와 통신 가능하다. 또한 전파가 도달하는 범위에 ZigBee의 중계 장치를 설치 센서가 중계 장치에 데이터를 송신하면 중계 장치가 코디네이터 데

이터를 전송하여 준다. 복수의 중계 장치를 경유 시키는 것도 가능하다. 스펙트럼 분산방식은 DSSS이고 액세스 제어방식에 CSMA /CA를 사용하는 것은 IEEE802. 11b와 비슷하다. 변조방식은 2.4 GHz 대는 O-QPSK, 915/868 MHz대는 BPSK를 이용한다.[5] ZigBee 및 IEEE 802. 15.4는 물리층에 유래하는 저비용, 저전력이라는 특징과 최대 약 65,000개의 노드가 되는 네트워크로 Star Topology, Peer to Peer Topology, Cluster Tree Topology 가 있다. Star형은 현재의 Bluetooth 나 IEEE802.11/Wi-Fi도 지원하고 있으나 ZigBee는 이에 추가하여 Peer to Peer형을 추가하여 지원하고 있다. Peer to Peer형의 Network에서는 데이터를 중계하는 노드가 허용되고 있고, 이들에 의해 직접 데이터 전송 불가능한 장치와의 사이에서도 데이터통신이 가능하다. 이 Peer to Peer형의 무선 네트워크를 이용하는 것으로 비교적 규모가 큰 네트워크를 간단히 구축하는 것이 가능하다.

일반적으로 유선에 의한 네트워크에 비교하여 무선 네트워크는 그 설치비용이 한 특징이 있지만, ZigBee는 이것에 더하여 대규모 네트워크를 용이하게 구축하는 것이 가능한 점을 특징으로 한다. ZigBee의 기술사양은 IEEE무선 Personal area Network의 표준화를 추진하는 802.15 working group의 task group 4 (802.15.4)를 책정하고 있다. ZigBee Network의 하위층 (PHY/MAC) 사양은 IEEE802.15.4WG에 정해져 있고, 상위층 Protocol Stack은 ZigBee Alliance에 표준화 되어 있다.

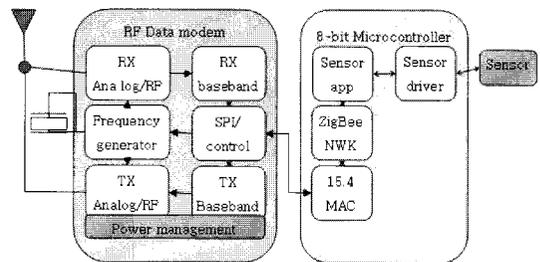


그림 2. ZigBee 하드웨어 구성도
Fig. 2 ZigBee Hardware Block Diagram

2) ZigBee의 계층 구성

IEEE 802.14.4 표준에서 정의하는 2개의 계층은 PHY/MAC계층이며

- 물리 PHY계층

- 무선(Radio Frequency)
- 매체접근제어 MAC계층
- 충돌방지

ZigBee연합에서 정의한 스펙은 NWK계층과 APS계층이다.

- 네트워크(NWK)계층
- 응용지원 ASP계층

그리고 ZigBee연합에서는 보안과 ZDO에 대해서도 표준화 하였다.

- 보안SSP(Security Service Provider)
- ZDO(ZigBee Device Object)

네트워크의 기본적인 라우팅 알고리즘은 Star, Tree, Mesh가 있으며 하나의 ZigBee 네트워크는 최대 약 65,000개의 노드로 구성되어 있으며 전원과 네트워크 대역폭의 효율성을 위해 수십~수백 개 수준의 노드로 구성되어 있다.

3) ZigBee를 이용한 무선 측위 시스템 기술

측위는 자신의 위치와 속도 등을 알기 위한 기술로 GPS(Global Positioning System)에 의해 자기의 위치를 확인하는 방법이 측위기술의 대표적인 방법이다. 여기서는 GPS를 이용하지 않는 측위 기술로 ZigBee를 이용한 무선측위 기술에 대해 기술하기 위하여 일반적인 무선측위 기술에 대해 검토한 후, 제작 방법 및 향후 발전 전망에 대해 고찰하여 본다.[9]

무선측위 기술은 기존 망을 활용하는 방향, 독자적인 새로운 망을 이용하는 방향 및 GPS를 이용하는 방향으로 진행되고 있다. 이러한 기술개발 방향에 대해 무선측위를 수행하는 일반적인 방법은 망 기반(Network-based), 노드 기반(Handset-based), 전용망에 의한 방식과 GPS를 이용하는 방식으로 분류할 수 있다.

이러한 방식에 대해 위치 측정 방법은 일반적으로 다음과 같이 분류할 수 있다. 우선 호스트에서 노드로부터 들어오는 신호의 도래 각을 측정하여 노드의 위치를 구하는 AOA(Angle of Arrival) 방법, 전파의 도달 시간을 이용하는 방법으로 전파 전달 시간을 측정하여 위치를 구하는 TOA(Time of Arrival), 그리고 두 개의 호스트로부터 전파 도달 시각의 상대적인 차를 이용하는 TDOA(Time Difference of Arrival) 방법이 있다. GPS 위성으로부터의 신호를 이용하여 위치를 알아내는 방법은 대표적인 TOA 방법이라 할 수 있다. 무선측위기술에서 위

서 언급한 기술을 한가지 만 사용하는 것이 아니라 이들을 결합한 하이브리드 방식으로 더욱 우수한 정확도와 신뢰도를 얻을 수 있다. 3 개 혹은 그 이상의 LOS(Line Of Sight) 신호성분을 쉽게 확보하기 어려운 상황을 극복할 수 있는 방식으로 TOA와 AOA, TDOA와 AOA를 결합하여 측위를 안정적이고 정밀한 거리 정보를 얻을 수 있다.

III. 위치기반 자동 모니터링 시스템 구현 및 결과

본 논문에서 제안하는 ZigBee 측위 시스템은 크게 Master 센서 노드와 Slave 센서 노드로 나눌 수 있다.

1) Master 센서 노드

Master 센서 노드는 측위 알고리즘이 내장되어져 있는 Main CPU 보드와 ZigBee 통신을 위한 ZigBee 통신보드로 구성되어진다.

Master 센서 노드의 Main CPU 주변 회로는 PXA270을 Main CPU로 사용하였으며 모든 디바이스들을 저전력 타입으로 구성하였다. 운영체제는 임베디드 리눅스(Kernel 2.6.15.7)를 사용하였으며 측위 알고리즘이 적용된 Master 프로그램이 탑재되어 있다.

개발된 측위 알고리즘과 ZigBee 프로토콜을 포함한 소스 중에서 주요 함수들에 대하여 부록 1에 정리하였고 아래의 그림 3은 제작된 Master 센서 노드 CPU 보드의 사진이미지이고 그림 4는 ZigBee 통신 보드 이미지이다.

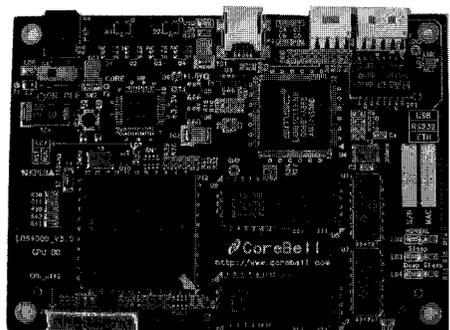


그림 3. Master 센서 노드 CPU 보드
Fig. 3 Master Sensor Node in CPU Board

4) 개발 시스템 측위 테스트 결과

본 논문에서는 측위 시스템의 여러 방법 중에서 가장 정확하게 위치를 파악할 수 있는 방법으로 하이브리드 방식을 사용하였으며 ZigBee의 통달거리 내에서 통신실험을 수행하여 통신거리에 따른 측위거리 오차를 비교하였다. 측위 결과는 아래 표 1과 같다.

표 1. 측위 테스트 결과
Table. 1 Location Test Result

연번	통신거리 (실제거리)	측위거리	데이터 전송속도	소비전력
1	50 m	40 m	520 kbps	< 100mW
2	60 m	51 m	510 kbps	< 100mW
3	70 m	60 m	508 kbps	< 100mW
4	80 m	72 m	505 kbps	< 100mW
5	90 m	80 m	500 kbps	< 100mW
6	100 m	91 m	498 kbps	< 100mW
7	150 m	143 m	495 kbps	< 100mW
8	200 m	200 m	493 kbps	< 100mW
9	250 m	246 m	492 kbps	< 100mW
10	300 m	298 m	490 kbps	< 100mW

본 테스트를 통해 통신 거리에 비례하여 데이터 전송 속도는 떨어짐을 알 수 있으며 전파의 특성상 오차 범위가 줄어드는 부분은 250 m 이상에서 정밀도가 우수한 것으로 나타났다.

IV. 결론

본 논문에서 제안하는 시스템은 ZigBee, 측위기반에 의한 센서의 이동 및 타 센서 위치 확인기술을 적용한 독립형 USN 센서 노드로서 측위 기준이 되는 Master 노드와 거리 차, 각도로 상대적 위치를 확인하는 Slave 노드로 구성된다. 앞서 명기된 측위 테스트 결과 주요한 사항들에 대해 정리하여 결론을 내린다.

ZigBee와 Sonic의 TOF를 이용하여 측위 알고리즘을 구현하였을 때 측위 정도가 근거리 (300 m 이하)에서는 그 값이 신빙성을 갖을 수 없음을 알았다는 것이 성과라고 볼 수 있다.

향후 개선 사항에서는 ZigBee의 통신 도달 거리를 늘

릴 수 있는 부분에 대한 연구와 근거리에서의 오차를 줄일 수 있는 알고리즘 보완이 필요할 것이다.[7] 또한 활용적인 측면에 대해 고려한다면 Slave 센서 노드의 소형화와 더불어 저전력화를 위한 회로 개선이 요구되어진다.

본 연구로 인해 근거리에서의 측위 시스템에 대해 솔루션을 구축할 수 있었다. 이에 개선 부분들을 개선하면 많은 활용 범위가 생성될 수 있을 것으로 기대한다.

부록 #1 측위알고리즘과 ZigBee 프로토콜을 포함한 소스

```

void ZUSER_AppInit()
{
    ZSYS_SET_IEEEAddr(HPIB.IEEEAddress);
    ZSYS_SET_Channel(&HPIB.Channel);
    ZSYS_SET_PANID(HPIB.PANID);
    ZHAL_VOLTAGE_SET(0x15);
    ZSEC_SET_SECURITY(HPIB.SecLevel,HPIB.PreConfiguredMode, HPIB.NwkKey);
    //Nework Topology Setup
    ZNWK_SetTopology(0x03); /* TREE & MESH ENABLE */
    ZNWK_Set_MaxChildren(10);
    ZNWK_Set_MaxRouter(MAXRouter);
    ZNWK_Set_MaxDepth(4);
}
ZSTATUS Start_PAN_byCoordi()
{
    NLDME_PACKET tNWKPACKET;
    UINT16 TargetPanId=0xffff;
    UINT8 ret=0;
    zPrintf(0,LOG_BIT_LEVEL_APP, "\n [ZC]
    NWK_STATE_RESET '\n");
    ret=ZNWK_RESET_REQ(1);

    //NWK_STATE_FORMATION
    {
        //zPrintf(0, LOG_BIT_LEVEL_APP, "\n [ZC]
        NWK_STATE_FORMATION : ");
        tNWKPACKET.NLME_NETWORK_FORMATION_req.B
    
```

```

eaconOrder = 0x0F;
tNWKPACKET.NLME_NETWORK_FORMATION_req.SuperframeOrder = 0x0F;
tNWKPACKET.NLME_NETWORK_FORMATION_req.ScanChannels = (UINT32)0x1<<HPIB.Channel;
    TargetPanId = HPIB.PANID[1];
    TargetPanId = (TargetPanId << 8) | HPIB.PANID[0];
tNWKPACKET.NLME_NETWORK_FORMATION_req.PANId=TargetPanId;
tNWKPACKET.NLME_NETWORK_FORMATION_req.BatteryLifeExtension = 0x0;
tNWKPACKET.NLME_NETWORK_FORMATION_req.ScanDuration = 0x02;
ret=ZNWK_NETWORK_FORMATION_REQ(&tNWKPACKET);
if(ret == cNWKS_SUCCESS) {
//zPrintf(0,LOG_BIT_LEVEL_APP, " OK \n");
//MPIB.macTransactionPersistenceTime = 60*1000;
}
else{
//zPrintf(0,LOG_BIT_LEVEL_APP, " NOK \n");
return -1; // failed
}
}
//NWK_STATE_PERMITJOIN
{ //zPrintf(0,LOG_BIT_LEVEL_APP, "[ZC]NWK_STATE_PERMITJOIN [0xFF:anytime] :");
tNWKPACKET.NLME_PERMIT_JOINING_req.PermitDuration=0xFF;
ret=ZNWK_PERMIT_JOINING_REQ(&tNWKPACKET);
if(ret == cNWKS_SUCCESS){
//zPrintf(0, LOG_BIT_LEVEL_APP, " OK \n");
}
else
{ //zPrintf(0, LOG_BIT_LEVEL_APP, " NOK \n");
return -1;
}
}
//NWK_STATE_STARTROUTER
{ //zPrintf(0, LOG_BIT_LEVEL_APP, "[ZC]

```

```

NWK_STATE_STARTROUTER ");
tNWKPACKET.NLME_START_ROUTER_req.BeaconOrder=0x0F;
tNWKPACKET.NLME_START_ROUTER_req.SuperframeOrder=0x0F;
tNWKPACKET.NLME_START_ROUTER_req.BatteryLifeExtension=0x00;
ret=ZNWK_START_ROUTER_REQ(&tNWKPACKET);
if(ret==cNWKS_SUCCESS){
//zPrintf(0,LOG_BIT_LEVEL_APP, " OK \n");
}
else{
//zPrintf(0,LOG_BIT_LEVEL_APP, " NOK \n");
return -1;
}
}
return cNWKS_SUCCESS;
}

```

참고문헌

- [1] 윤이용, “해양오염”, 동화기술교역, 2003.
- [2] 한국해양연구소 편집부, “해양오염과 지구환경”, 한국해양연구소, 1998.
- [3] 이홍석, 이상준, 이모섭, 강원국, “센서기술과 인터넷이스”, 남두도서, pp. 311-399, 2006.
- [4] Haack BN, Herold DN, Bechdol, “Photogrammetric Engineering and Remote sensing”, John Wiley, 2000.
- [5] Lillesand TM, Kiefer RW, “Remote sensing and Image Interpretation”, John Wiley, 2000.
- [6] Liu J, Teng X, Xiao J, “Remote sensing of Environment”, John Wiley, 1986.
- [7] Kalman, R.E., “A new approach to Linear filtering and prediction problems”, Journal of Basic Engineering, Vol. 82D, pp. 35-37, Mar. 1980.
- [8] Weinburg, H., “MEMS sensors are driving the Automotive Industry,” Sensors, Vol. 19, No. 2, pp.36-41, Feb. 2002.
- [9] Taylor, G., Blewitt, G. “Intelligent Positioning: GIS-GPS Unification,” Wiley, May 2006

저자소개



문명호 (Myung-Ho Moon)

1987년 12월 The Catholic Univ. of
America 전자공학과(공학석사)

1999년 2월 건국대학교 전자공학과
(공학박사)

1993년~현재 건양대학교 의공학과 부교수

※ 관심분야: 생체모니터링, 원격모니터링, 의료기개발