creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공 학 석 사 학 위 논 문

USN 서비스를 위한
센서 네트워크 이동성 지원 기술 연구

2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

천 현 수

공 학 석 사 학 위 논 문

USN 서비스를 위한
센서 네트워크 이동성 지원 기술 연구

지도교수 김 성 운

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

정보통신공학과

천 현 수

천현수의 공학석사 학위논문을 인준함

2011년 2월 23일

주 심 공학박사 박 규 칠 인

위 원 공학박사 주 문 갑 인

위 원 공학박사 김 성 운 인

목 차

Ⅰ. 서 론 1

Ⅱ. 관련 연구 4

1. 유비쿼터스 센서 네트워크 서비스 4

1.1. USN 서비스의 정의 및 필요성 4
1.2. USN 대상 서비스 종류 7

2. 센서 네트워크 이동성 18

2.1. 센서 네트워크 소개 18
2.2. 센서 네트워크의 이동성 분류 23
2.3. 센서 네트워크 이동성 지원 환경 26

3. 센서 네트워크 이동성 지원 기술 동향 28

3.1. 이동성 지원 관련 연구 동향 28
3.2. IP 기반 이동성 지원 기술 동향 31

Ⅲ. USN 서비스를 위한 센서 네트워크 이동성 지원 기술 제안 41

1. 기존 이동성 지원 기술 적용 이슈 43

1.1. 개별 센서 노드 단위 이동 센서 네트워크 모델 43
1.2. 네트워크 단위 이동 센서 네트워크 모델 45

2. IP 기반 센서 네트워크 이동성 지원 기술 47

2.1. IPv4 기반 개별 센서 노드 단위 이동성 지원 기술 47
2.2. IPv6 기반 네트워크 단위 이동성 지원 기술 61

Ⅳ. 동작 평가 80

1. IPv4 기반 개별 노드 단위 이동성 지원 기술 동작 평가 80

1.1. 시뮬레이션 환경 80
1.2. 동작 평가 82

Ⅵ. 결론 87

참고문헌 89

그림 목차

[그림 2-1] USN 서비스 개념도 5
[그림 2-2] USN 서비스 구조 6
[그림 2-3] WBAN 서비스 구조 9
[그림 2-4] IT 기술과 융합된 U-HEALTH 12
[그림 2-5] ZIGBEE 네트워크의 기본 구조 15
[그림 2-6] 3차원 수중 센서 네트워크 17
[그림 2-7] 센서 네트워크 통신 구조 19
[그림 2-8] 센서 네트워크의 프로토콜 스택 구조 20
[그림 2-9] 싱크의 이동성 및 데이터 전달 라우팅 24
[그림 2-10] 센서 노드의 이동에 의한 데이터 전달 경로 변화 26
[그림 2-11] 유무선통합 망으로의 진화 29
[그림 2-12] 차세대 유무선통합 망 구조 30
[그림 2-13] NODE MOBILITY에서 노드 기반 및 네트워크 기반 이동성 기술 33
[그림 2-14] IPV6 기술 도식화 35
[그림 2-15] MIPV6 전체 동작 37
[그림 2-16] PMIPV6 전체 동작 과정 39
[그림 3-1] 다양한 USN 서비스를 위한 센서 네트워크 활용 개념 42
[그림 3-2] IP 기반 센서 네트워크의 이동성 분류 개념 43
[그림 3-3] 개별 센서 노드 단위 이동성 센서 네트워크 모델 44
[그림 3-4] 네트워크 단위 이동성 센서 네트워크 모델 46
[그림 3-5] 개별 노드 단위 이동성 지원 모델 49
[그림 3-6] NS-2 기반 ISMP 전체 구성도 50
[그림 3-7] ISMP에서 설정한 이동성 지원 토폴로지 모델 51
[그림 3-8] ISMP 프로토타입의 전체적인 시뮬레이션 동작 과정 53
[그림 3-9] 개발 모듈 범위 54
[그림 3-10] PHY 계층 전체 모듈 동작 순서도 55
[그림 3-11] MAC 부계층 전체 모듈 동작 순서도 55

[그림 3-12] SSCS 부계층 전체 모듈 동작 순서도 56
[그림 3-13] 센서 노드 이동성 지원 서비스 계층 전체 모듈 동작 순서도 56
[그림 3-14] 이벤트 발생 중인 센서 노드가 타 영역으로 이동 과정 도식 57
[그림 3-15] 센서 노드가 이벤트 발생 후 다른 영역으로 이동 과정 MSC 60
[그림 3-16] 센서 노드가 이벤트 발생 후 게이트웨이의 타이머 만기 시의 동작 과정 MSC 60
[그림 3-17] 네트워크 단위 이동성 지원 모델 64
[그림 3-18] 6LOWPAN 프레임 형식 66
[그림 3-19] MOBILITY HEADER 66
[그림 3-20] MOBILITY HEADER COMPRESSED 67
[그림 3-21] BINDING REFRESH REQUEST MESSAGE 68
[그림 3-22] HOTI(HOME TEST INIT) MESSAGE 69
[그림 3-23] COTI(CARE-OF TEST INIT) MESSAGE 69
[그림 3-24] HOTIC 및 COTIC MESSAGE 70
[그림 3-25] HOT(HOME TEST) MESSAGE 70
[그림 3-26] COT(CARE-OF TEST) MESSAGE 71
[그림 3-27] HOTC 및 COTC MESSAGE 71
[그림 3-28] BINDING UPDATE MESSAGE 72
[그림 3-29] BUC MESSAGE 72
[그림 3-30] BINDING ACKNOWLEDGEMENT MESSAGE 73
[그림 3-31] BAC MESSAGE 75
[그림 3-32] BINDING ERROR MESSAGE 76
[그림 3-33] 네트워크 단위 센서네트워크 이동 전체 동작 과정 77
[그림 3-34] 네트워크 단위 센서네트워크 이동성 전체 동작 과정 MSC 79
[그림 4-1] ISMP 시뮬레이터의 각종 소스 코드들 간의 연관 관계 82
[그림 4-2] 게이트웨이1 노드 영역 내 존재하는 센서 노드 상황 캡처 83
[그림 4-3] 게이트웨이1 및 2 노드 영역을 모두 벗어난 때의 상황 캡처 84
[그림 4-4] 게이트웨이2노드 영역으로 이동한 센서 노드가 중간 라우터 까지 패킷을 전송하는 상황 캡처 85
[그림 4-5] 이동한 센서 노드에서 발생된 CBR 패킷이 응용 서버까지 전송되는 상황 캡처 86

표 목차

[표 2-1] HR-WPAN 및 WR-LPAN 비교 8
[표 2-2] 의료용 서비스 특성 1 0
[표 2-3] 비 의료용 서비스 특성 1 0
[표 2-4] 각 노드 및 URC 센서 네트워크에서의 역할.................................... 1 5
[표 2-5] 센서 네트워크 프로토콜 구조의 역할... 2 1
[표 2-6] IPV4와 IPV6 비교 2 8
[표 2-7] IPV6 기반 이동성 지원 기술 분류.. 3 4
[표 2-8] MIPV6의 전체 동작 과정 및 장점 및 단점....................................... 3 7
[표 2-9] PMIPV6의 전체 동작 과정 및 장점 및 단점...................................... 4 0
[표 3-1] 개별 센서 노드 단위 형태의 센서 네트워크 이동성 지원 기술 개발 접근 방향 및 해당 이슈.. 4 8
[표 3-2] 네트워크 단위 형태의 센서 네트워크 이동성 지원 기술 개발 접근 방향 및 해당 이슈6 3
[표 3-3] DISPATCH HEADER 패턴 6 5
[표 3-4] MIPV6 MH TYPE 6 8
[표 3-5] STATUS 값에 따른 응답 유형 7 4
[표 3-6] BAC STATUS 7 5

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

A Study on the Sensor Network Mobility Supporting Technology for Ubiquitous Sensor Network Services

Hyeon-Su Cheon

Department of Telecommunication Engineering, The Graduate School, Pukyong National University

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY

Abstract

USN(Ubiquitous Sensor Network) services over the Internet are gaining increased acceptance due to the generation of the application services in a wide range of civilian and military fields, including ensuring safety and security, environment and habitat monitoring and real-time healthcare. These services are based on IP(Internet Protocol) and the intelligent sensor nodes that could be deployed "anywhere, anytime, by anyone and anything".

One of the critical issues in USN services is the mobility supporting function that is embossed as very important and plays a key role in deploying IP-based USN application services.

In this thesis, we propose two mobility supporting technologies. First, the node-based mobility supporting technology is envisaged. This is based on LR-WPAN and IPv4, and it is simulated on NS-2 simulator. Second, the network-based

mobility supporting technology is suggested conceptually. The proposed concept is based on 6LowPAN and IPv6.

These research efforts are expected to improve the mobility supporting technology in achieving convergence among USN services and IP-based networking, and research results will help expedite the deployment of USN services.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Ⅰ. 서 론

USN(Ubiquitous Sensor Network) 서비스란 사물 및 장소에 부착된 센서로부터 각종 유비쿼터스 정보를 감지 그리고 광 대역 통합 망을 통한 전달 및 가공 처리하여 인간 생활에 폭넓게 활용하는 서비스로서, 즉 언제 어디서나 단말 및 네트워크에 구애 받지 않으며 첨단 유비쿼터스 서비스를 지원하는 개념이다.

이러한 USN 서비스의 효율적인 실현을 위해, 저 전력이며 제한된 시스템 자원 및 메모리, 또한 배터리의 수명 등의 제약 조건을 가지는 센서 네트워크의 이동성 지원에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

현실적으로 센서 노드[1-3]는 사람, 교통수단, 로봇, 동물 등과 같이 기동력을 갖는 개체에 의존하여 이동성을 갖는다. 특히, 센서 노드가 에너지 공급, 통신 및 저장 능력에 제한적인 특성을 가지는 다량 분포 저비용의 소형 장치임을 고려한다면, 센서 노드들은 스스로 기동력을 갖기란 현실적으로 어렵다. 그러나 응용에 따라서는 센서 노드의 이동이 필요하고 센서 노드의 이동은 노드들 간의 통신 링크의 연결성을 변화시키므로 센서 노드들의 이동 형태에 따라 노드들 간의 통신 경로는 계속적으로 갱신되어야 한다.

다른 한편으로 이동 싱크 노드[4]는 자신의 기능을 수행함과 동시에

자신의 위치도 변경할 수 있다. 또한 센서로부터 감지된 데이터는 센서 노드들에 의해 버퍼링 없이 이동 싱크에게 전달되는데 싱크 노드의 이동성은 센서 망의 에너지 소비를 균등화 하도록 유도한다. 만약 싱크 노드가 고정되어 있다면 싱크 노드에 근접한 중간 센서 노드들은 근접하지 않은 센서 노드들에 비해 많은 데이터 전달을 한다. 이로 인해 전송을 위한 에너지 소비가 더 큰 근접 노드들이 수명이 짧아져 더 이상 데이터 전달을 하지 못하기 때문에 센서 망의 기능을 마비시킬 수 있다.

결과적으로 USN 서비스 기반에서 센서 네트워크로써의 기능을 다하기 위해서는 센서 네트워크의 이동성 지원이 매우 중요한 사안[5]이고, 특히 USN 서비스의 효과적인 실현을 위해서는 IP 기반의 네트워크 환경에서 센서 네트워크의 이동이 필수적인 요구사항이다.

따라서 본 연구에서는 센서 네트워크를 크게 두 가지 유형으로 일반적인 노드 단위로 이동하는 특성을 가진 개별 노드 단위 센서 네트워크와 WBAN(Wireless Body Area Network)과 같이 네트워크 단위로 이동하는 센서 네트워크로 구분하여 기존의 IP 기반 이동성 기술을 각 센서 네트워크 유형에 적용 시 발생하는 이슈들을 분석 후 각 형태에 상응하는 이동성 지원 방법에 대해 기술한다.

이를 위해 먼저 본 연구의 2 장에서는 USN 서비스의 정의 및 필요성과 종류에 대한 분석과 센서 네트워크의 간단한 소개 및 이동성 지원 환경 그리고 기존의 IP 기반 센서 네트워크의 이동성을 지원하는

기술 동향에 대해 기술한다.

다음으로 3 장에서는 USN 서비스를 위해 센서 네트워크 이동성 지원 모델을 크게 두 가지로 분류하여 기존의 IP 기반의 이동성 지원 기술을 적용 시 발생되는 이슈를 분석한 후 각 모델에 상응하는 IP 기반의 이동성 지원 응용 기술을 제안하고, 4 장에서 제안한 기술에 대한 동작 평가 및 효율성을 분석 후, 마지막으로 5 장에서 본 연구의 결론으로 끝을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

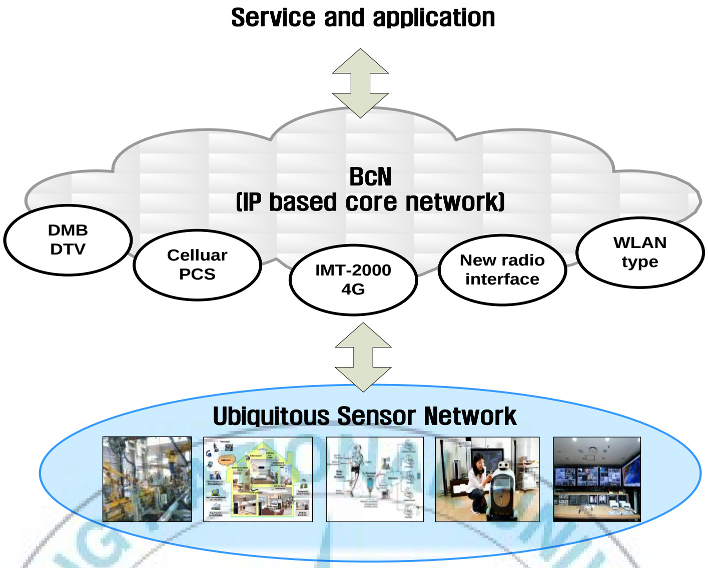
1. 유비쿼터스 센서 네트워크 서비스

1.1. USN 서비스의 정의 및 필요성

최근 IT 패러다임은 인터넷 중심에서 인간과 사물, 컴퓨터가 융합되는 기술로 급속히 전환 중에 있다. 이를 위해 인간과 사물간, 사물과 사물간 네트워크화를 위해 유비쿼터스 센서 네트워크 분야가 핵심 IT 산업 군을 형성하고 있다.

USN 서비스는 사물 및 장소에 부착된 센서로부터 각종 유비쿼터스 정보를 감지 그리고 광 대역 통합 망을 통한 전달 및 가공 처리하여 인간 생활에 폭넓게 활용하는 첨단 5 Any(Anytime, Anywhere, Anydevice, Anynetwork, Anyservice)를 실현하는 서비스이다. 즉 언제 어디서나 단말 및 네트워크에 구애 받지 않으면서 첨단 유비쿼터스 서비스를 지원하는 개념이다. 아래 [그림 2-1]은 이러한 USN 서비스의 개념을 도식화한 그림이다.

아래 [그림 2-1]과 같이 USN 형태의 기술을 통해 수집된 다양한 정보들이 IP 기반의 BcN(Broadband convergence Network) 백본 망을 통해 사용자들에게 실질적인 응용 서비스 형태로 제공되고 있음을 확인할 수 있다.



[그림 2-1] USN 서비스 개념도

이러한 USN 서비스의 경우, 현재는 건물의 안전과 같은 공공의 목적, 적지 정찰과 같은 군용 목적, 생태계나 환경 오염의 관측과 같은 과학적인 목적에 주로 응용 서비스 기술이 개발되고 있으나, 점차 댁 내 안전, 편리성, 나아가서는 인간의 생체에 응용될 수 있는 상황 인지의 지능형 서비스로 발전할 전망이다. 또한 농업, 광업, 어업, 상업, 건설 등 산업 전반의 생산 공정에 USN 서비스를 활용함에 따라 원자재 관리, 생산 자동화 및 상품이력 관리로 생산성 및 효율성 증대에 기여하고 환경, 기상, 생태계, 재해 예측 및 방재, 시설 제어, 의료, 복지 등 광범위한 분야에 USN 서비스가 실현됨으로써 국민의 복지 수준이 향상될 수 있다.

아래 [그림 2-2]는 위에서 설명한 USN 서비스의 전체 구조를 나타낸 그림이다.

[그림 2-2] USN 서비스 구조

[그림 2-2]의 맨 아래 계층은 센서를 활용한 데이터 수집 및 센서 간 통신을 담당하는 USN 정보자원 계층이고, 그 위의 계층인 BcN 백본 및 액세스 네트워크 계층은 IP 기반의 BcN 구조 기반으로 백본 및 액세스 기술을 제공한다. 그 다음 계층은 USN 미들웨어 계층으로 수집된 데이터 가공 처리 기술을 담당하며, 제일 위 계층인 응용 서비스 계층은 사용자에게 실질적 응용 제공을 담당한다.

1.2. USN 대상 서비스 종류

위 1.1 소절 에서 설명된 USN 서비스 정의를 기반으로 [그림 2-2]의 USN 응용 서비스 계층에서 제공되는 실질적인 USN 응용 서비스에는 어떤 것이 있는지 구체적으로 살펴본다.

(1) WPAN(Wireless Personal Area Network)

WPAN 은 무선 기반의 편리성과 이동성을 보장하고 언제, 어디서나 사용자 맞춤형 서비스를 제공하는 네트워킹 기술이다. 이 기술은 10m 내외의 비교적 단거리에서의 디바이스들 간의 무선 연결을 통하여 다양한 정보를 전달할 수 있다. 특히, 저 전력, 소형, 저 가격으로 저속(Kbps)에서부터 초고속(Gbps)에 이르기까지 다양한 형태의 속도를 제공하며 홈, 사무실, 병원 등과 같은 실내 환경뿐 만 아니라 외부 망과 연동되어 원격지에서도 사용자의 필요에 의해 원하는 서비스 제공이 가능한 인프라를 제공해 준다[6].

WPAN 기술은 속도의 차이를 기준으로 저속의 무선센서네트워킹 기술과 고속의 미디어데이터 전송기술로 구분 할 수 있으며, 센서 네트워크의 이동성 지원 서비스 환경을 고려한다면 저속 WPAN 기술이 적절하다.

저속 WPAN(IEEE 802.15.4) 기술[7]은 250Kbps 의 낮은 전송 속도와 저렴한 비용, 그리고 장시간의 배터리 수명과 간결한 구조 및 연결성을 제공하며, 무선 센서네트워크에 주로 응용되어 모든 사물에 내재되거나

혹은 부착, 착용할 수 있는 소형, 경량, 저비용, 저전력 및 간편한 휴대 등의 특성을 갖춘 센서 노드들 간의 네트워킹을 제공한다. 유비쿼터스 시대는 존재하는 모든 사물에 센서 노드의 부착이 가능 하고 이들 간의 유기적인 네트워킹을 통해 맞춤형 서비스 제공이 가능하므로 저속 WPAN 기술은 센서 네트워크에 대한 서비스 지원이 효율적이라 할 수 있다. 아래 [표 2-1]은 저속 WPAN과 고속 WPAN 기술을 비교한 것이다.

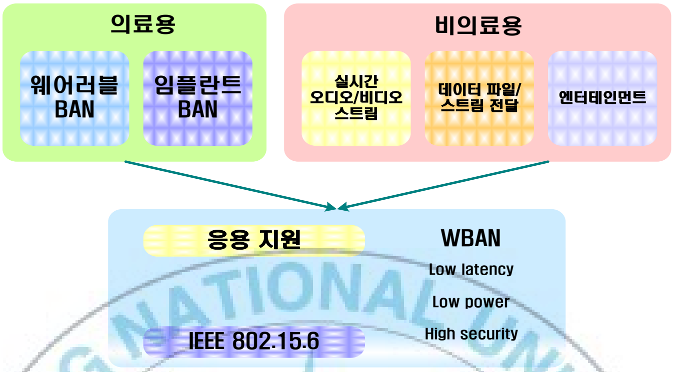
[표 2-1] HR-WPAN 및 WR-LPAN 비교

구분	High Rate – WPAN	Low Rate – WPAN
범위	10m	10m
데이터 전송율	400 Mbps 이상	≤ 0.25 Mbps
전력 소비	저전력	초저전력
크기	소형	초소형
비용 / 복잡성	저비용	초저비용
표준화 기구	802.15.3	802.15.4

(2) WBAN

WBAN은 사람이 착용하는 옷이나 인체 내부 혹은 외부에 있는 여러 장치들을 상호 연결하여 통신할 수 있는 무선통신 기술로서 용도에 따라 의료용(Medical WBAN)뿐만 아니라 비의료용(Non-Medical WBAN)

분야에 활용된다. 아래 [그림 2-3]은 WBAN 의 서비스 구조를 나타낸다[8].



[그림 2-3] WBAN 서비스 구조

[그림 2-3]과 같이 WBAN 은 PHY 와 MAC 표준을 제공하며, 의료용 서비스 및 비 의료용 서비스를 위한 인터페이스를 지원한다. 의료용 서비스는 다시 체내 이식형 및 체외 착용형으로 구분되며, 비 의료용 서비스는 음성이나 영상 스트림 전달, 데이터 스트림 전달, 게임 등 엔터테인먼트 서비스를 제공한다. 이러한 서비스를 제공하기 위해 WBAN 장치는 체내에 이식되어 운용되거나 개인의 의료정보를 전달하는 기능을 수행하므로 저전력, 보안 등의 특성이 요구된다.

WBAN 장치는 사람의 체내에 이식되는 경우 배터리 재충전이나 교체가 쉽지 않기 때문에 저전력 기술이 매우 중요시 된다. 저전력 PHY 기술은 인체에서의 신호 감쇄, 채널 모델, 전송 거리 등을 고려하며,

저전력 MAC 기술은 CCA(Clear Channel Assessment)를 이용한 패킷의 충돌 회피, 수신 대기시간, MAC 제어 패킷의 최소화 등을 고려하여 결정된다[9-11]. 또한 소모 전력의 절약을 위해 최소 기능만 동작하는 sleep 상태와 외부와 통신 등 필요한 기능이 동작되는 active 상태로 운용된다. 이러한 상태 제어는 MAC 에서 수행하며 WBAN MAC 은 전송 속도, duty cycle, latency 와 밀접한 관련을 갖는다. 아래의 [표 2-2]와 [표 2-3]은 의료용 서비스 및 비 의료용 서비스에 대한 특성을 나타낸 것이다[8].

[표 2-2] 의료용 서비스 특성

서비스	전자파 비흡수율(SAR) 안전성	데이터 전송 비율	장치 수	순환 주기 (%)	응답 속도 민감성	셋업 시간
뇌파 검사(EEG)	가장 높음	-	> 24	< 10	Yes	< 3s
심전도 검사(ECG)	높음	3kbps/Ch	< 24	< 10	Yes	< 30s
환자 감시 장치	높음	< 10kbps	< 12	< 1	-	< 30s
산소 포화도 측정기(Sp02)	높음	< 32bps	< 12	< 1	Yes	< 30s
보청기(대화형)	-	10kbps	< 12	< 1	low	< 1s
보청기(간이형)	-	256kbps	< 12	100	100ms	< 3s
포도당 / 뇌수 약물 전달 캡슐	높음	-	< 12	< 1	-	< 3s
내시경 캡슐	높음	> 2Mbps	< 6	< 50	Yes	< 3s
뇌와 컴퓨터간 인터페이스	-	-	> 24	< 50	Yes	< 1s
심박 조율기 / 인공심장박동기 / 액츄레이터 / 인슐린 펌프	-	-	< 12	< 1	-	< 3s

[표 2-3] 비 의료용 서비스 특성

서비스	데이터 전송 비율	장치 수	순환 주기 (%)	응답 속도 민감성	셋업 시간
비디오 스트리밍	10~20Mbps	< 12	높음	Yes	< 1s
3D 비디오	100Mbps	< 12	높음	Yes	< 1s
음성 통신	256kbps	< 12	높음	Yes	< 3s
사운드 트랙	5Mbps	< 12	높음	Yes	< 3s
파일 전송	10Mbps	< 12	높음	-	< 3s
게임 애플리케이션	200kbps~2Mbps	12 to 24	< 30%	높음	< 1s

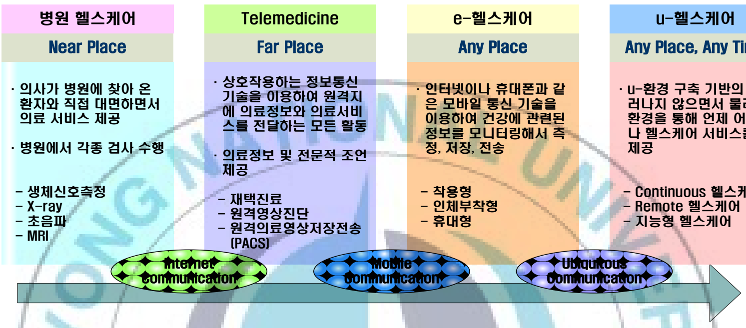
WBAN 은 사람이 이동함에 따라 각 센서 노드들의 이동성을 제공하며 개인 휴대단말을 통하여 자신의 현재 및 과거의 건강 상태를 확인할 수 있다. 개인 휴대 단말은 WBAN 에 가입된 장치의 데이터를 수집하여 분석하는 기능과 원격의 메디컬 서버에 저장된 자신의 건강 정보를 조회하는 기능을 수행한다. 네트워크는 개인의 의료 데이터를 전달하기 위하여 안정된 전송 품질 및 보안 기법을 제공해야 한다.

(3) u-Health

u-Health 는 환자가 병원을 찾지 않더라도 언제 어디서나 질병의 예방, 진단, 치료, 사후관리를 받을 수 있는 의료 서비스를 말한다. u-Health 는 현대 의학의 발전과 더불어 질병이 발생된 후 치료와 사후관리에 중점을 둔 기존의 의료개념에서 사전 진단 및 예방을 통해 조기에 질병을 탐색하고 대처하며, 의료 서비스 질의 향상 및 효율성을 제고하여 건강한 삶을 오랫동안 유지할 수 있는 확대된 개념으로 발전되고 있다.

기존의 의료서비스는 IT 발전과 함께 첨단 기술의 의료 장치와 함께 점차 개인의 생활공간에서 적용이 됨으로써 더 나은 생활을 위한 새로운 패러다임으로 급부상 하고 있다[12]. 유비쿼터스 환경에서는 사용자의 위치, 건강, 환경 정보를 제공하는 센서 노드 및 장치들로부터 수집된 상황 정보에 대한 인식과정을 통해 사용자가 위치한 영역의 적합한 장치로 건강을 보호할 수 있는 상황정보 서비스가 제공되며, 센서 노드를 통한 생체신호 센싱 기술 및 유무선 네트워크 기술을 기반으로 환자,

병원, 의료정보제공자 등이 유기적으로 연계되어 실시간으로 국민의 건강 상태를 체크하여 삶의 질을 향상 시켜줄 수 있다. 아래 [그림 2-4]는 기존의 의료 서비스가 IT 기술과 접목되면서 단순히 원격진료 단계를 거쳐 e-Health 에서 u-Health 로 단계적인 진전이 이루어지고 있는 과정이다.



[그림 2-4] IT 기술과 융합된 u-Health

u-Health 서비스 영역은 크게 의료기관 내, 의료기관과 의료기관 사이, 의료기관과 개인 사이에서 건강관리 관련 정보 및 서비스를 제공하는 영역으로 나누어진다[13].

첫째, 의료기관 내에서의 u-Health 영역은 의료기관의 이용 편리성 및 관리의 효율성을 높이기 위한 것으로 주로 처방 전달 시스템(Order Communication System), 병원정보 시스템(Hospital Information System), 전자의무기록(Electronic Medical Record) 등의 기관 내의 어떤 위치에서든 서비스가 가능한 의료 정보화 사업 위주로 진행되고 있으며, 최근에는

스마트카드, RFID 를 이용한 환자, 약품, 자산 관리 등의 영역으로 확대되고 있다.

둘째, 의료기관과 의료기관 사이에서는 주로 병원과 병원, 병원과 약국, 병원과 보건소 등 종래의 의료기관 사이의 의료 정보교환 및 전송에 중점을 두고 있다.

마지막으로, 의료기관과 개인 사이의 영역은 u-Health 의 대표적인 서비스 분야로서 기존 의료 서비스 형태에서 사용자에게 가장 많은 변화와 발전이 이루어지는 부분이다. 의료 서비스가 이동성 기술과 융합이 되어 원격지에서 유무선 네트워크 기술을 기반으로 새로운 형태의 개인 맞춤형 의료 서비스가 가능하다. 센서 노드를 이용한 네트워크 단위 기반의 u-Health 서비스는 광 대역 통신망과 홈 네트워크의 고도화를 통해 일반대상자, 고령자 및 만성 질환자 등의 자유로운 이동 시에도 건강관리를 위해 원격지에서 편리하게 개인의 사생활과 자율성이 보장되는 환경에서의 의료 서비스를 제공할 수 있다.

(4) u-Home

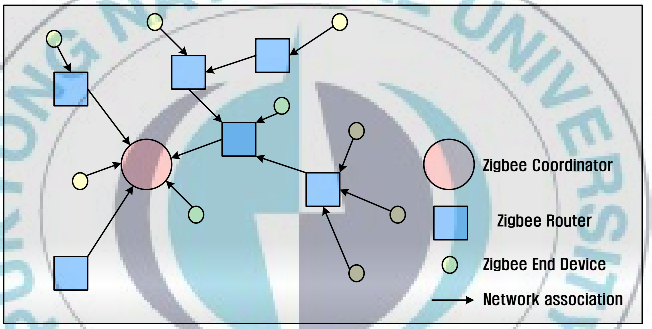
u-Home 기술은 기존의 가전기기나 센서에 CPU 및 소프트웨어, 네트워킹 기능을 추가하여 지능화된 정보 가전기기를 제공하는 기술로서 홈 네트워크 서비스를 편리하게 이용할 수 있도록 u-Home 환경에서 음성, 제스처, 오감, 감성을 이용하여 자연스러운 서비스 이용 수단을 제공하기 위한 사용자와 기기 간의 다양한 형태의 사용자 인터페이스를 제공한다.

이 기술 분야는 DMB, 스마트폰, PDA 등 이동성이 강조되고 있는 유비쿼터스 홈에서 미디어 효과를 극대화할 수 있으며, 기존 시스템과의 연계성을 가짐으로 인하여 유비쿼터스 홈 시스템을 구축하기 위한 비용을 획기적으로 줄일 수 있고 이는 센서 네트워크를 적용하는 데에도 효율적이다. u-Home 이 활성화될 경우, 보편적인 예로 가정이 IP 네트워크 기반의 개인 방송국의 역할을 하고 홈 네트워크를 외부의 센서 네트워크 망과 연동하여 센서 노드 기반의 이동 단말들에게 자신이 제작한 컨텐츠를 실시간으로 전송하는 서비스가 가능하다[14].

(5) 지능형 로봇

URC(Ubiquitous Robotic Companion)는 기존의 서비스 로봇과는 달리 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 상호 연동을 통해 다양한 상황 인지 서비스를 제공하는 것을 기본으로 하고 있으며 서비스 환경 상에 존재하는 다양한 센서로 구성되는 센서 네트워크와의 연동이 이루어져 있다[15]. 기존의 센서 네트워크 라우팅 프로토콜의 경우 센서 노드의 이동성이 있는 동적인 환경에는 부적합하며, MANET(Mobile Ad Hoc Network) 프로토콜을 그대로 URC 용 센서 네트워크에 적용할 경우 전체 노드의 이동성 고려로 인한 통신상의 오버헤드 및 전체적인 센서 노드 전력의 불필요한 사용이 일어난다. 따라서 URC 서비스 환경에 적합하며 다양한 플랫폼을 갖는 URC 와 센서 네트워크 환경과의 연동성을 향상시켜 센서 네트워크의 이동성 서비스를 지원하고 있다. 현재 지능형 로봇 기술은 표준 저전력

센서 네트워크 라우팅 프로토콜인 Zigbee 1.0 의 서비스 프리미티브를 기반으로 서비스 환경에 설치된 무선 센서 노드들과 이동하는 로봇간의 데이터 패킷 송수신을 위하여 센서 네트워크상의 로봇 이동성 관리 프로토콜 표준을 통해 서비스가 이루어진다. [그림 2-5]는 Zigbee 네트워크의 기본 tree 구조를 보여주고 있으며, [표 2-4]는 각 노드 및 URC 센서 네트워크에서의 역할을 나타낸 것이다.



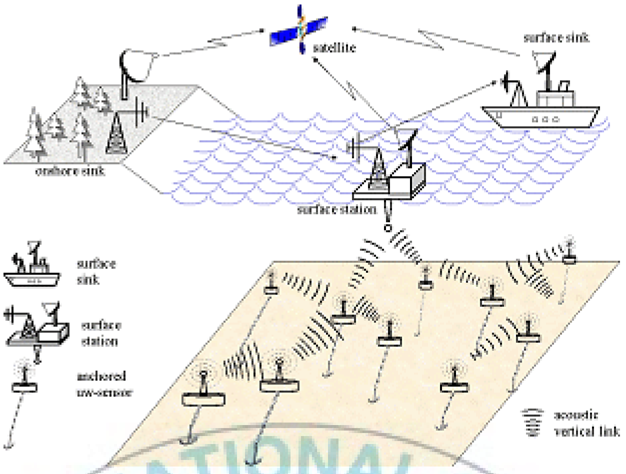
[그림 2-5] Zigbee 네트워크의 기본 구조

[표 2-4] 각 노드 및 URC 센서 네트워크에서의 역할

노드의 종류	Device Type	역 할
코디네이터 (Zigbee Coordinator)	Full Function Device	센서 노드
라우터 (Zigbee Router)	Full Function Device	센서 노드
단말 장치 (Zigbee End Device)	Reduced Functionality Device	센서 노드 / 모바일 로봇(URC)

(6) 수중 센서 네트워크 환경

기존의 3 차원 수중 센서 네트워크 토폴로지는 해수면에 떠 있는 부표(buoy)에 센서 노드를 매달아 수중에 설치하는 방식을 사용하였는데 선박에 의해 부표가 파괴 되거나, 군사작전과 같은 임무 수행 시에는 발각되기 쉽다는 단점이 발생하였다. 그리하여 최근에는 해양 바닥에 닻(anchor)을 설치하여 매다는 방식을 사용하고 펌프(pump)를 설치하여, 닻을 따라 상하로 이동이 가능하게 한 3 차원 토폴로지가 사용되고 있다[16]. 3 차원 수중 센서 네트워크는 [그림 2-6]에서와 같이 UW(Under Water)-sink 가 존재하지 않고, 각 센서 노드는 해양 바닥에 설치된 닻에 매달려 수집한 데이터를 전송하는 방식으로 수면 기지국까지 전달한다[17]. 그러나 센서 노드가 닻에 매달려 있기 때문에, 조류에 의해 센서 노드가 의도하지 않은 곳으로 이동할 가능성은 존재한다.



[그림 2-6] 3 차원 수중 센서 네트워크

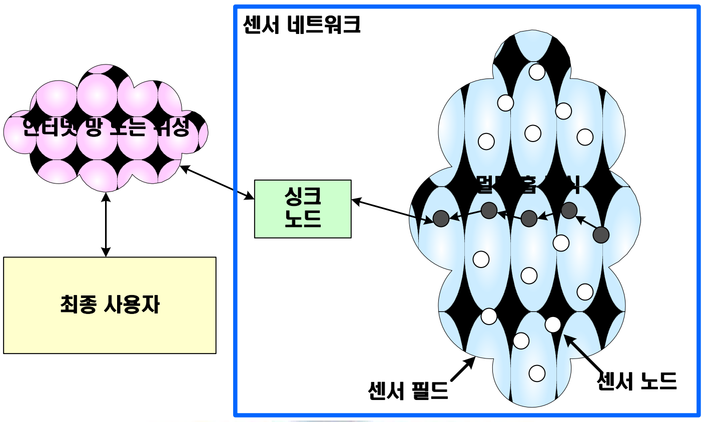
분산되고 확장 가능한 무선 센서 네트워크를 3 차원 수중 공간에 배치함으로써 각각의 수중 센서들은 지역적으로 환경적인 이벤트를 관찰하고 탐지할 수 있고 이러한 것들은 고정된 센서들에 의해서 성취될 수 있다. 그러나 해양 시스템은 동적인 해류 속에서 동작함으로 이동성이 있는 동적인 관찰 시스템이 이상적이다. 또한 해양의 네트워크에서는 해저 바닥의 일부 완전히 고정된 노드를 제외하고는 이동성의 요소를 지닌다. 가장 큰 이동 요소를 지니고 있는 것은 해수면 위에 존재하는 부표이며 최대 3~6km/h 의 이동성을 가진다[16]. 또한 네트워크에 고정되어 있는 노드도 해저에서의 모래폭풍 등의 영향으로 이동하거나 유실될 가능성이 있다.

2. 센서 네트워크 이동성

2.1. 센서 네트워크 소개

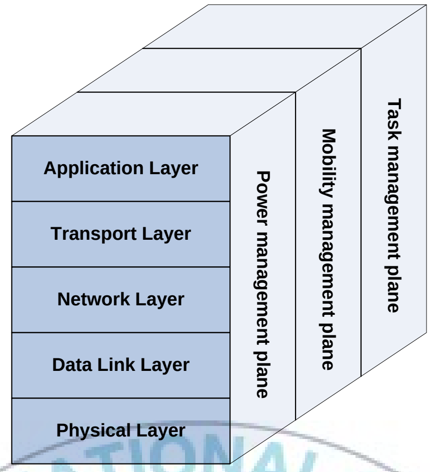
센서 네트워크[18]는 무선 통신, 통신 프로토콜, 디지털 전자공학, MEMS(MICRO-Electo- Mechanical System), 로보틱스, 센서 등의 다양한 분야를 접목시켜 구성한 네트워크로서, 가정, 군사, 환경, 보건, 행정 등에 응용하기 위해 무선으로 연결된 센서 노드들을 이용하여 주변 환경의 현상을 감지하고 정보를 수집하여 최종 사용자에게 수집된 데이터를 전송하는 데 사용되는 네트워크이다.

일반적인 센서 네트워크의 구성은 [그림 2-7]과 같다. 하나의 센서 네트워크는 많은 센서 노드들로 구성되며, 센서 노드는 보통 센서 필드 안에 뿔뿔이 흩어져 있고, 각각 분산된 센서 노드는 싱크 노드에 데이터를 전달하는 경로 선정 및 데이터를 수집하기 위한 능력을 가지고 있다. 데이터는 [그림 2-7]과 같이 그 싱크 노드를 통하여 멀티 홉 하부구조에 의하여 싱크 노드에 전달되어진다. 그리고 싱크 노드는 인터넷 망 및 위성 등을 경유하여 최종 사용자(task manager node)에 전파한다.



[그림 2-7] 센서 네트워크 통신 구조

센서 네트워크의 프로토콜 스택 구성은 [그림 2-8]과 같이 physical layer, data link layer, network layer, transport layer, application layer 를 대상으로 power management plane, mobility management plane 그리고 task management plane 으로 구성된다.



[그림 2-8] 센서 네트워크의 프로토콜 스택 구조

프로토콜 구조는 전력과 라우팅 정보를 포함한 데이터를 네트워크 전송 프로토콜을 활용하여 데이터를 통합하고, 무선 매체를 통하여 전력을 효율적으로 사용하여 통신하며, 센서 노드들의 공동 작업을 촉진하는 형태로 프로토콜 기능을 활용한다.

센서 네트워크 계층별 프로토콜 기능 및 plane 별 역할을 간단히 요약하면 [표 2-5]와 같다.

[표 2-5] 센서 네트워크 프로토콜 구조의 역할

<table>
<tr><th colspan="2">계 층</th><th>역 할</th></tr>
<tr><td colspan="2">Application Layer</td><td>감지 작업 수행 및 응용 관련 소프트웨어 기능</td></tr>
<tr><td colspan="2">Transport Layer</td><td>종단 간의 데이터 흐름 유지 기능</td></tr>
<tr><td colspan="2">Network Layer</td><td>Transport Layer에서 제공되는 데이터 라우팅 및 데이터 통합 기능</td></tr>
<tr><td colspan="2">Data link Layer</td><td>노드 간 데이터 흐름 관리, 데이터 프레임 검출, 매체 접속, 에러 제어 기능</td></tr>
<tr><td colspan="2">Physical Layer</td><td>주파수 선택, 반송파 생성, 신호 검출, 변조, 데이터 암호화 수행</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Management Planes</td><td>Power</td><td>센서 노드의 전력 효율적인 사용 관리</td></tr>
<tr><td>Mobility</td><td>센서 노드 간의 위치 인식</td></tr>
<tr><td>Task</td><td>모든 Layer 및 Management plane들을
상호 연계하여 주어진 작업 조절 및 관리</td></tr>
</table>

대부분의 센서 네트워크의 응용 예 사이에서는 아래와 같은 특징들을 공유한다. 이러한 특징들은 센서 네트워크 응용에 있어 적절한 알고리즘 또는 프로토콜을 설계하는데 도움을 준다.

(1) 저전력, 저지연 및 fault tolerance 를 위한 경로 선택

센서 네트워크의 특징 상 센서 노드의 전력 부족에 대비한 저전력 소모 경로 선택 및 짧은 홉 수, 수많은 경로 상에서 혼잡하지 않은 경로를 선택하여 지연을 줄이는 라우팅 기법이 효율적이라 할 수 있다.

(2) 센서 노드의 deployment

센서 노드가 사람에 의한 설치 및 배치와는 달리, 센서 노드의 이동이 자유로운 유포에 의한 배치 시에는 여러 개의 센서 노드들이 같은 지역의 정보를 획득하는 센서 필드 겹침 문제가 발생하게 된다. 이는

라우팅을 하는 데 있어 불필요한 자원 및 전력 낭비를 유발하는 등 비효율적인 형태를 지니게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 중복되는 정보는 하나의 노드에서 전송되도록 하여 불필요한 전송을 막는 라우팅 개발이 필요하다.

(3) 센서 노드의 lifetime 고려 및 에너지 효율적인 이동성 지원

센서 노드는 데이터를 전송하고 받는데 가장 많은 에너지를 소모하게 되며, 또한 이동성을 가지는 노드는 라우팅 테이블 갱신 및 이동 전력 소비 등 제한되어 있는 자원 및 전력 등에 비해 많은 에너지 소비가 일어나게 된다. 효율적인 라우팅 개발을 위해서는 이러한 점을 고려하여 센서 노드의 lifetime 을 연장할 수 있는 방향으로 에너지 효율적인 이동성을 지원하는 라우팅 기법이 개발되어야 한다.

(4) 환경적 요소

센서 노드들은 매우 가깝게 또는 관찰된 현장 내에 직접적으로 밀집하여 배치되므로 센서 노드들은 대개 먼 지역에 내버려 둔 채 작동된다. 또한 센서 노드 들은 큰 기계의 내부, 해저의 표면, 생물학적 또는 화학적으로 오염된 지역, 적지의 전쟁터, 집 또는 큰 건물에서 작동 가능하다. 결과적으로 설치된 위치의 환경적 요소 역시 고려되어야 한다.

(5) 생산 비용

일반적으로 센서 네트워크는 많은 수의 노드로 구성되기 때문에

하나의 노드의 비용은 그 네트워크의 전체 비용 판단에 있어 매우 중요하다. 만약 어떤 응용을 위한 센서 네트워크의 비용이 전통적인 센서 활용 보다 더 비싸다면 그 센서 네트워크는 비용 적으로 경제성이 없다. 결과적으로 각 센서 노드의 생산 비용은 낮아야 한다.

(6) 센서 네트워크 내 실시간 이벤트 데이터 전송을 위한 간단한 구조의 이동성 지원 모델

데이터를 보낼 싱크 노드로의 경로 탐색 및 유효한 기간 내 데이터 전송 등 이동한 센서 노드에서 발생되는 실시간 이벤트는 적절한 이동성 지원 라우팅 기법을 통해 손실 없는 이벤트 데이터 전송이 가능한 간단한 지원 모델이 요구된다.

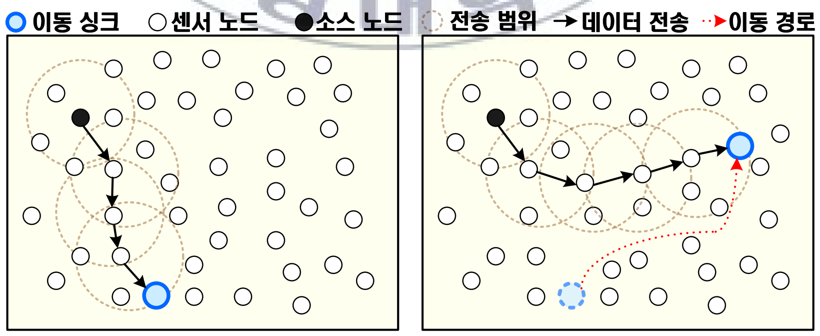
2.2. 센서 네트워크의 이동성 분류

(1) 싱크 노드 및 센서 노드들의 네트워크 단위 이동성

이동 싱크 노드는 자신의 기능을 수행함과 동시에 자신의 위치도 변경할 수 있다. 또한 분포된 센서 노드들로부터 감지된 데이터는 단방향성의 특성을 가지는 센서 노드들에 의해 다중 홉 통신을 통하여 이동 싱크에게 전달된다[18]. 아래 [그림 2-9]는 이러한 예를 보여주고 있다. 싱크 노드의 이동성은 센서 망의 에너지 소비를 균등화 하도록 유도한다[4][19].

만약 싱크 노드가 고정되어 있다면 싱크 노드에 근접한 중간 센서 노드들은 근접하지 않은 센서 노드들에 비해 많은 데이터 전달을 한다. 이로 인해 전송을 위한 에너지 소비가 더 큰 근접 노드들이 수명이 짧아져 더 이상 데이터 전달을 하지 못하기 때문에 센서 망의 기능을 마비시킬 수 있다. 이와 같은 현상을 핫스팟(hotspot) 문제라고 한다[19].

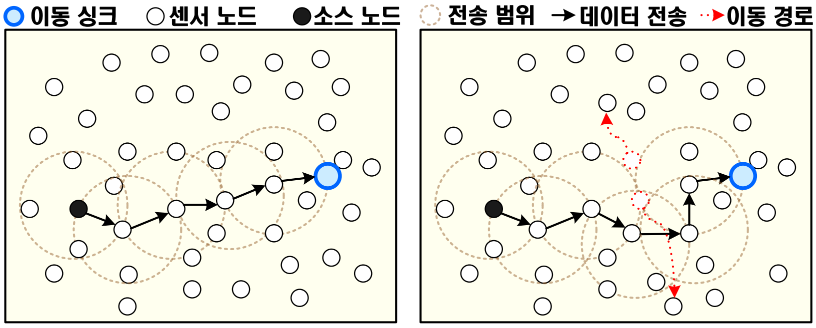
반면에 이동 싱크 노드는 위치를 변경하기 때문에 싱크 노드로부터 근접해 있는 노드들 역시 변경이 된다. 이를 통해 핫스팟 문제는 개선될 수 있다. 그러나 싱크 노드의 잦은 이동은 센서 노드의 라우팅 테이블의 잦은 갱신을 유발하며, 제한된 자원 및 전력을 가지는 센서 네트워크에서 이러한 과정은 단점이 된다. 또한, 싱크 노드가 이동함으로써 베이스 스테이션과의 정보 송·수신에도 영향을 주게 되며, 싱크 노드 하에 센서 노드들이 네트워크 단위로 구성된 경우 싱크 노드의 역할은 더욱 중요시 되므로 센서 네트워크에서 싱크 노드 및 네트워크 단위의 이동성 지원은 반드시 필요하다.



[그림 2-9] 싱크의 이동성 및 데이터 전달 라우팅

(2) 개별 센서 노드의 이동성

센서 노드들의 이동은 센서 노드들 간의 통신 링크의 연결성을 변화시키므로 센서 노드들의 이동 형태에 따라 노드들 간의 통신 경로는 계속적으로 갱신되어야 한다[20]. 아래 [그림 2-10]은 이동 센서 노드에 따라 데이터 전달 라우팅 경로의 변화의 예를 보인 것이다. 이러한 연결성의 변화는 싱크 노드와 센서 노드들 간의 쿼리 및 응답 시 데이터 전달에 소요되는 지연 시간 및 싱크 노드까지 전달되는 정보의 정확성에 영향을 주게 된다[21]. 또한 센서 노드들은 자신의 위치 파악을 위한 활성 상태 전이 여부 및 이동 감지를 위해 필요한 주기적인 메시지 교환 등에 따라 에너지 소모가 일어나게 된다. 즉, 노드 이동의 빈도가 증가할수록 그에 따른 에너지 소모도 증가한다는 것이다. 이러한 센서 노드의 이동은 네트워크 연결에도 상당한 영향을 미친다. 노드의 이동이 없을 경우에는 단 한 번의 라우팅 갱신을 통하여 연결성 확보가 가능하지만 노드가 자주 이동하는 환경에서는 데이터 흐름의 유지를 위해 이동 후의 새로운 주소 할당에 대한 유연성, 제한된 자원 및 전력 등을 고려한 경로 회복이 필요하다.



[그림 2-10] 센서 노드의 이동에 의한 데이터 전달 경로 변화

2.3. 센서 네트워크 이동성 지원 환경

지능적인 무선 센서들이 대량 생산됨으로써 무선 센서 네트워크의 활용이 확대됨에 따라 가까운 미래에는 여러 가지 유비쿼터스 응용 서비스들이 제공 될 것으로 예측된다. 이러한 서비스 환경의 변화에 따라 3 세대 이후의 차세대 이동통신의 환경을 고려한 IP 멀티미디어 서비스를 위해 센서 네트워크에 대한 이동 단말 및 사용자에 대한 이동성 관리는 필수적이라 할 수 있다.

IPv4 주소 공간이 구성된 1970 년대 후반에는 그 공간이 고갈되지 않을 것이라는 가정 하에 구성이 이루어 졌다. 32 비트 IPv4 주소는 약 43 억 개의 주소 생성이 가능하지만 급속도로 확산된 최근의 인터넷 호스트를 예상하지 못했던 할당 관행 및 기술의 변화 및 비효율적인 할당과 신규 IP 주소의 수요가 증가하여 IPv4 주소 공간은 빠른 속도로 고갈되어 가고 있으며, 2013 년경에는 주소 부족 문제가 대두될 것으로 예상되고

있다[22]. 또한 무선단말을 활용한 인터넷 제공 및 인터넷 정보가전의 활성화 등으로 2010 년에는 추가적으로 최소한 2 억 개 이상의 IP 주소가 필요할 것으로 전망되었다. 이러한 문제점을 해결하고 인터넷에 확장성과 데이터 보안을 강화하기 위해 IPv6 가 제안되었다.

기본적으로 IPv6 의 주소는[23] 기존에 사용 중인 IPv4 의 주소 길이를 4 배 확장하여 만든 128 비트 주소 체계를 사용한다. 4 배 늘어난 주소에 의해 제공되는 주소 공간은 기존의 IPv4 에 비해 4 제곱 배나 넓으며, 무선인터넷, 정보가전 등 폭발적으로 늘어나는 인터넷 주소 수요로 인한 주소 부족 문제에 대한 궁극적인 해결책으로 인식되고 있다. 또한 IPv6 라는 새로운 주소체계의 보급을 통하여 기존 IPv4 주소의 절대적인 수적 부족 문제뿐 만 아니라 비효율적인 주소 분배에서 나타나는 여러 파생적인 문제점들에서 벗어날 수 있으며, 품질제어, 보안, 자동 네트워킹 등의 새로운 기술에 대해 다양한 응용 및 서비스 제공의 용이함을 기대할 수 있다.

특히, 기존의 인터넷보다 보안성이 뛰어나고 이동성을 지원하며 품질에 대한 고려가 가능하기 때문에, 음성・데이터 및 유・무선 통합과 통신・방송의 융합을 추진하는 BcN 의 구축을 가능케 하는 기반을 조성할 수 있다. 이 외에도 아래 [표 2-6]과 같이 IPv6 는 IPv4 에 비해 여러 가지 뛰어난 특징을 가지고 있다.

[표 2-6] IPv4 와 IPv6 비교

구분	IPv4	IPv6
주소 길이	32 비트	64 비트
주소 개수	약 43억개	약 3.4 × 10^{38}개 (거의 무한대)
품질 제어	품질 보장 곤란 (일부 QoS 특성 지원)	프로토콜 레벨에서 등급별, 서비스별로 패킷을 구분할 수 있어 품질 보장 용이
보안 기능	IPsec 프로토콜 별도 설치	확장 기능에서 기본으로 제공
자동 네트워킹	곤란	자체 자동설정(Auto Configuration) 기능 제공
이동성 지원	곤란 (비효율적)	용이 (효율적)

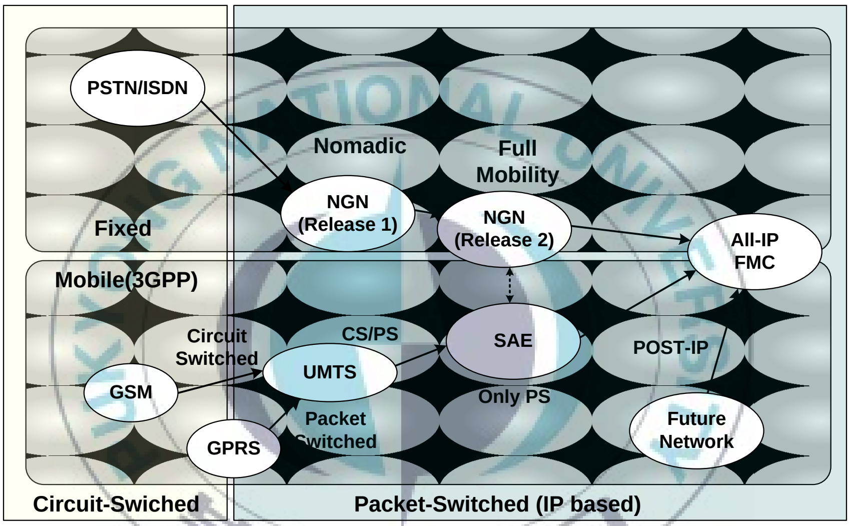
2010 년 7 월 기준, 국가별 IPv4 의 보유 수를 살펴보면 미국이 1,511,489,536 개로 가장 많으며, 우리나라는 92,834,816 개가 할당되어 사용되고 있으며, 전 세계에서 5 위를 차지하고 있다. 이에 반해 IPv6 의 경우 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 개의 주소 가운데 21,110,250 개의 주소만 전 세계에 할당되어 사용 중이고, 이 중에 20,971,520 개의 주소는 특수 목적용으로 할당 되어 있으므로 실제 138,370 개의 주소만 실제로 사용되고 있는 것이다. 우리나라에서는 5,207 개의 IPv6 주소를 할당 받아 사용 중에 있다[24].

3. 센서 네트워크 이동성 지원 기술 동향

3.1. 이동성 지원 관련 연구 동향

현재 우리가 살아가는데 있어 필수요소라고 할 수 있는 유선통신망과

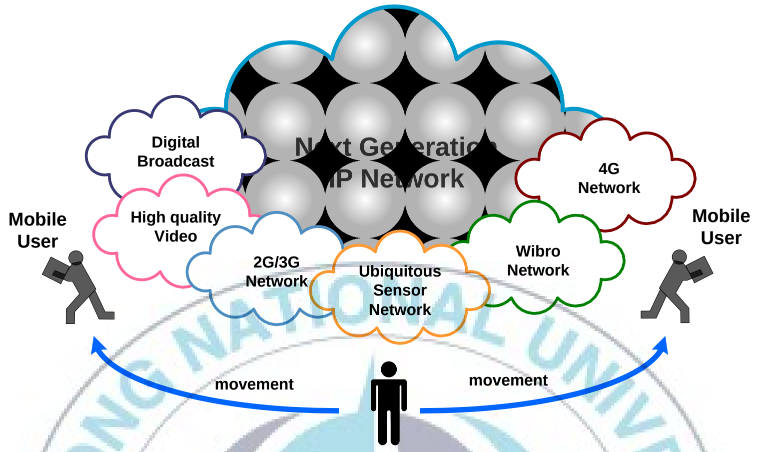
사용자에게 언제 어디서나 자유로운 통신을 보장해 주는 이동통신망은 그 동안 개별적으로 발전되어 왔으나 망 운영자의 설비투자비용 및 영업비용의 절감에 대한 요구가 점차 증가함에 따라 아래 [그림 2-11]과 같이 유무선통합 망으로 발전해가고 있다.



[그림 2-11] 유무선통합 망으로의 진화

유선통신망의 경우 음성 서비스 위주의 PSTN(Public Switched Telephone Network)에서 데이터 기반의 멀티미디어 서비스 제공이 가능한 NGN(Next Generation Network) 망으로 발전하고 있으며, 기존의 고정 사용자뿐 아니라 이동하는 사용자에 대한 지원까지를 포함하는 것을 목표로 하고 있다. 위의 [그림 2-11]에서와 같이 유선통신망 및 이동통신망은 모두

회선 교환 기반의 망에서 패킷 교환 기반의 IP 망으로 발전해가고 있는 것을 보여준다.



[그림 2-12] 차세대 유무선통합 망 구조

위의 [그림 2-12]와 같이 차세대 통신망은 IP 기반의 All-IP 망[25]으로서 사용자는 유선과 무선을 모두 포함하는 다양한 액세스 망을 통해 자유롭게 접속하며 단일한 IP 기반의 핵심 망 및 IMS(IP Multimedia Sub-system)와 같은 이종 망 통합 기술 기반의 서비스가 제공이 예상된다. 또한 무선 액세스가 활성화되고 있는 현재를 고려했을 때, 고정 사용자보다는 이동 사용자가 주가 되는 망이 될 것이고, 따라서 사용자는 다양한 액세스 망을 자유롭게 이동하고 서비스를 제공받아야 할 필요성이 있다.

다양한 액세스 망간의 이동은 대부분의 경우 IP 서브넷의 변경을 필요로 하며 또한 액세스 망간의 서로 다른 액세스 기술을 사용하므로 Mobile IP[26]의 지원을 기본적으로 필요로 한다. 최근에는 Mobile IP 기술에 대한 관심이 증대되고 있으며 IP 기술의 대표적인 표준화 기관인 IETF(Internet Engineering Task Force)[27] 뿐만 아니라 유선통신망 및 이동통신망의 대표적 표준화 기관인 ITU-T, 3GPP 에서도 관련 표준화가 활발히 이루어지고 있다[28][29].

또한, Wireless LAN, WCMA/HSDPA, 휴대 인터넷 와이브로 등 각종 초고속 이동통신 기술이 상용화되면서 Mobile 서비스가 화두로 부상했다. 즉, 이동 단말 사용자들은 이종 망을 넘나들면서도 이동성에 제약 받지 않는 끊김 없는 서비스를 요구하게 되었으며, 이를 실현하기 위해 각종 액세스 망을 통합하여 관리 및 운용할 수 있는 공통적인 IP 기반의 이동성 기술이 필요한 것이다. 다시 말하면, IMS 와 같은 이종 망 통합 기술의 진화에 따라 차세대 통신망은 IP 기반으로 계속적으로 진화해 나가게 되며, 따라서 다양한 종류의 액세스 망을 수용하는 형태로 발전이 예상된다.

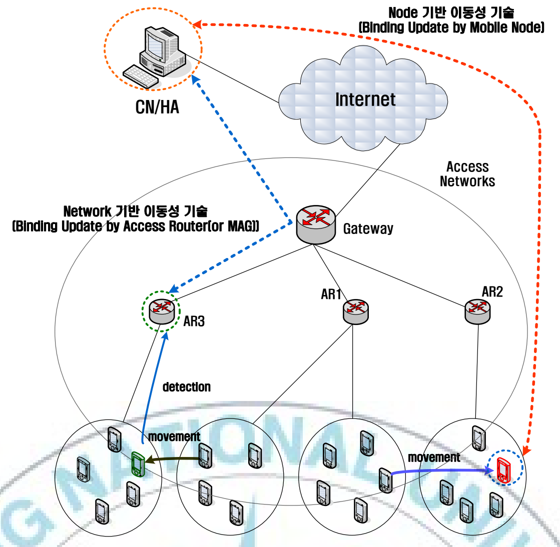
3.2. IP 기반 이동성 지원 기술 동향

이동성 지원 기술에 대한 연구 및 표준화는 현재 ITU-T. 3GPP. IETF 등에서 진행되고 있다. 그 중에서도 IP 기반의 이동성을 지원하는 기술 표준화 및 제안 문서의 기고는 IETF 에서 가장 활발히 이루어지고

있으며, IPv4 주소 공간이 고갈되어 감에 따라 대부분의 표준화에 대한 연구가 IPv6 를 기반으로 진행되고 있다. IPv6 기반 이동성 지원 기술은 이동의 주체 및 범위에 따라 구분 가능하다. 이동의 주체가 작동이 되는 휴대폰, PDA 등과 같은 개인 이동 통신 장비와 같이 하나의 개별적인 노드일 수 있는 반면, 사람이나 교통수단 등에 구축된 소규모 네트워크의 이동 통신과 같이 네트워크 단위로 이동이 이루어질 수도 있다. 이와 같이 이동하는 개체가 무엇인가에 따라 크게 노드의 이동성(Node Mobility) 및 네트워크 이동성(Network Mobility)로 구분할 수 있다.

먼저, Node Mobility 에서는 노드의 이동이 일어나게 되면 이동한 개체는 반드시 자신이 이동했음을 홈 에이전트 또는 통신 중인 상대 노드에게 바인딩 업데이트를 통해 알려야 한다. 이러한 과정은 개별 노드에서 직접 이루어질 수도 있지만 개별 노드들을 관리하는 개체에 의해 이루어 질 수도 있다. 이를 구분하기 위해 바인딩 업데이트를 하는 주체가 개별적인 노드인 경우를 노드 기반 이동성 기술이라 하며, 바인딩 업데이트가 노드들을 관리하는 개체에서 이루어지는 경우를 네트워크 기반 이동성 기술이라 한다. 아래 [그림 2-13]은 노드 기반 이동성 기술 및 네트워크 기반 이동성 기술을 분류한 것이다.

BUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교



[그림 2-13] Node mobility 에서 노드 기반 및 네트워크 기반 이동성 기술

노드 기반 이동성 기술 내에서도 노드가 이동을 하는 범위[30]에 따라 글로벌한 이동성을 지원하는 Macro Mobility 지원 기술(예로 MIPv6[31][32]) 및 로컬한 이동성을 지원하는 Micro Mobility 지원 기술(예로 HMIPv6[31][33] 또는 FMIPv6[31][34])로 구분할 수 있으며 네트워크 기반 이동성 기술에는 Micro Mobility 지원 기술(예로 PMIPv6[31][35])만이 있다.

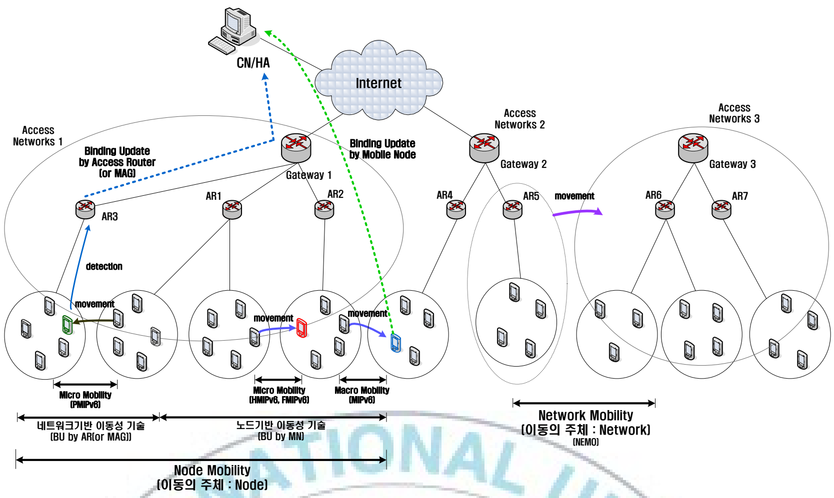
Network Mobility 는 네트워크를 하나의 단위로 보고 이동성을 지원하는 기술로서 배와 비행기 같은 교통수단 내에서 하나의 IP 네트워크가 구성되어 이동하면서 네트워크 서비스가 이루어지는 것을 예로 들 수 있다. Node Mobility 처럼 별도의 분류는 이루어지지 않는다(예로

NEMO[31][36]).

아래의 [표 2-7]은 IPv6 기반 이동성 지원 기술을 위에서 언급한 분류에 따라 구분한 것이며, [그림 2-14]는 이러한 분류를 전체적으로 도식화한 것이다.

[표 2-7] IPv6 기반 이동성 지원 기술 분류

이동의 범위 / 이동의 주체	IP 기반 이동성 지원 기술	
노드 이동성	노드 기반 이동성 기술 (바인딩 업데이트 주체 = 노드)	
	Macro(Global) 이동성	MIPv6 : Mobile IPv6 (MEXT WG)
	Micro(Local) 이동성	HMIPv6 : Hierarchical MIPv6 (MIPSHOP WG) FMIPv6 : Fast handovers for MIPv6 (MIPSHOP WG)
	네트워크 기반 이동성 기술 (바인딩 업데이트 주체 = 네트워크)	
	Micro(Local) 이동성	PMIPv6 : Proxy MIPv6 (NETLMM WG)
네트워크 이동성	NEMO : Network Mobility (MEXT WG)	



[그림 2-14] IPv6 기술 도식화

이 중에서도 노드 기반의 글로벌한 이동성을 지원하는 대표적 기술인 MIPv6 기술과 네트워크 기반의 로컬한 이동성을 지원하는 대표적 기술인 PMIPv6 기술에 대해 살펴보면 다음과 같다.

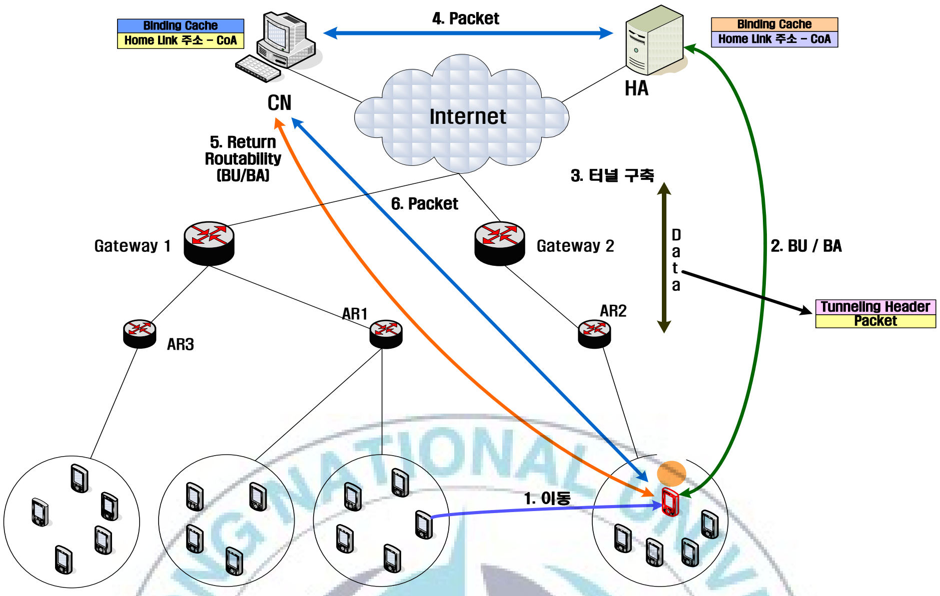
(1) Mobile IPv6

Mobile IPv6[32]는 위치를 이동하여 인터넷 접속점을 변경하는 노드가 인터넷상의 다른 노드들과 통신을 계속할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 개발되었으며, 이러한 이동은 모든 접속 환경의 동적인 연결유지가 자동적으로 이루어져야 한다는 것을 의미한다. 또한 이러한 이동성 지원을 IP 계층에서 제공함으로써 트랜스포트 계층 이상에서의 연결을 투명하게 유지한 상태에서 물리적 접속을 변경할 수 있도록 한다.

Mobile IPv6 는 IPv6 에서 크게 수정된 프로토콜이 아닌 IPv6 의 기능들을 그대로 이용하면서 이동성을 제공하고자 하기 때문에 실시간 데이터 이용에 한계 및 다양한 어플리케이션 구현 불가에 대한 단점을 지니던 Mobile IPv4 보다 효과적으로 이동성을 지원할 수 있으며 탁월한 규모 확장성을 지니고 있다. 즉, 이웃 탐색(Neighbor Discovery) 기능 및 주소 자동설정(Address Auto-Configuration) 기능을 이용하여 이동 단말이 이동하였을 때 자동으로 자신의 위치 정보를 구성할 수 있도록 하였으며, 자신의 변한 위치정보를 필요한 노드들에게 알릴 수 있도록 목적지 옵션을 추가함으로써, Mobile IPv4 에서 존재할 수밖에 없었던 일부 시그널 메시지들과 에이전트에 대한 제거가 가능해졌다. 또한 경로 최적화를 위한 프로토콜이 기본 기능으로 제공되고 있다.

MIPv6 는 무한대의 주소공간을 가지므로 모든 인터넷 단말에 모두 IP 주소 할당이 가능하고, 주소 자동설정 기능을 통해 별도의 에이전트 없이 이동 노드가 직접 임시 주소를 생성하여 사용한다. 그러나 MIPv6 서비스를 위해 이동 노드에 자원 및 전력 사용량이 증가하게 되고, 또한 IPv6 프로토콜 스택에 MIPv6 기능을 가져야만 하는 단점을 가진다.

아래 [그림 2-15]는 MIPv6 전체 동작 과정을 도식화한 것이며, 아래 [표 2-8]은 MIPv6 의 전체 동작 과정 및 장 · 단점을 요약한 것이다.



[그림 2-15] MIPv6 전체 동작

[표 2-8] MIPv6 의 전체 동작 과정 및 장점 및 단점

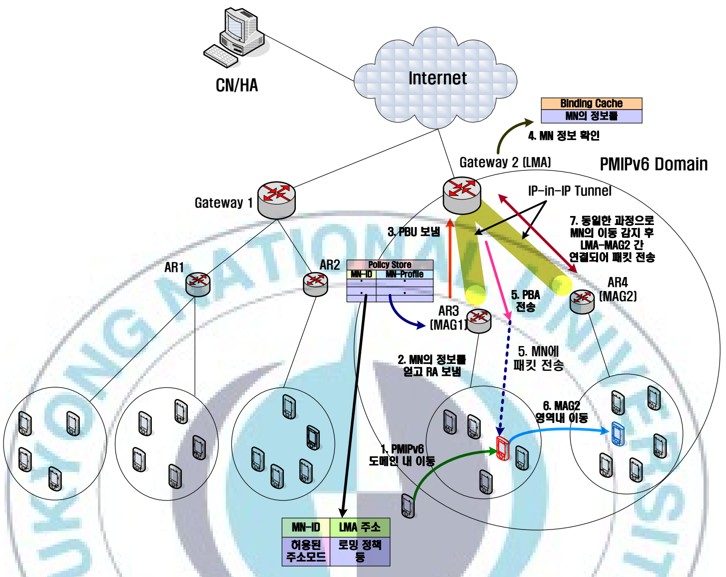
이동성 지원 기술	동작 과정	장단점
Mobile IPv6 (MEXT WG)	1. 이동 노드가 외부 링크로 이동 2. 이동 노드는 임시 주소(CoA)를 얻게 되며 바인딩 업데이트 메시지를 통해 임시 주소를 홈 에이전트에 등록 3. 이동 노드와 홈 에이전트 간에 터널링 형성 4. 상대 노드에서 패킷 송신 시 홈 에이전트에서 먼저 수신하여 임시 주소로 목적지를 변경하여 이동 노드에게 전송 5. 이동 노드에서 패킷 송신 시 RR 방식을 통해 상대 노드에게 이동 노드의 임시 주소를 등록 6. 임시 주소 등록 이후 부터는 홈 에이전트를 거치지 않고 상대 노드와 이동 노드간의 패킷을 직접 송 · 수신 함	▶ 장점 - 간단, 이동성에 대한 효율적 지원 - 무한대의 주소 공간 - 이동 노드가 임시 주소를 직접 생성하므로 MIPv4에서의 외부 에이전트와 같은 개체는 필요 없음 ▶ 단점 - 이동노드의 IPv6 프로토콜스택에 MIPv6 기능을 가져야만 지원 가능

(2) Proxy Mobile IPv6

기존의 Mobile IPv6 는 IPv6 의 이동성을 지원하며, 이를 위해 각 이동 노드의 IPv6 스택에는 Mobile IPv6 의 기능이 추가되어 있어야만 했다. 또한 이 추가된 기능을 통해 이동 노드와 홈 에이전트 사이의 시그널링을 이용하여 홈 주소 및 임시 주소에 관한 바인딩 생성 및 유지가 가능하였다. 하지만 현재 대부분의 이동 노드 단말기에는 Mobile IPv6 기능이 갖춰져 있지 않으며, 앞으로도 IPv6 스택에 Mobile IPv6 기능이 추가될 것이라고 기대하기는 어렵다. 따라서 이러한 Mobile IPv6 기능이 추가됨과 관계없이 어떠한 IPv6 단말기라도 IPv6 의 이동성을 지원하도록 하는 것이 바람직하다.

이를 위해, 네트워크 내에 Proxy Mobile Agent 라는 것을 활용하여 기존 Mobile IPv6 시그널링을 확장하고 홈 에이전트를 재사용하여 IPv6 단말에 대한 이동성을 지원하는 방법이 있다. 이는 이동성 관리를 위한 시그널링 교환 작업에 이동 노드가 참여하지 않고 Proxy Mobile Agent 가 그러한 시그널링을 수행하고 이동 노드를 대신하여 이동성을 관리하는 방법이다. 이와 같이 기존의 Mobile IPv6 의 시그널링과 홈 에이전트의 기능을 그대로 사용하거나 확장한 개념이므로 이러한 Proxy Mobile Agent 를 통한 이동성 관리 프로토콜을 Proxy Mobile IPv6(PMIPv6)[35]라고 부른다. PMIPv6 에서는 MIPv6 기능이 없는 이동 노드가 이동성을 가질 수 있도록 이동 노드를 대신해 PMIPv6 시그널링 메시지를 보낼 수 있는 MAG(Mobile Access Gateway)라는 특별한 요소와 이동 노드의 접속 상태를

관리하고 MIPv6 의 홈 에이전트 기능을 하는 LMA(Local Mobile Anchor)가 도입되었다. PMIPv6 의 전체 동작 과정은 아래 [그림 2-16]과 같으며, 아래 [표 2-9]는 PMIPv6 의 전체 동작 과정 및 장 · 단점을 요약한 것이다.



[그림 2-16] PMIPv6 전체 동작 과정

[표 2-9] PMIPv6 의 전체 동작 과정 및 장점 및 단점

이동성 지원 기술	동작 과정	장단점
Proxy Mobile IPv6 (NETLMM WG)	1. 이동 노드가 PMIPv6 도메인으로 이동 2. MAG는 Policy Store로부터 이동 노드의 정보를 얻고, 이를 이용하여 이동 노드에게 네트워크 프리픽스에 대한 라우터 광고 메시지를 보냄 3. MAG는 이동 노드의 정보를 프록시 바인딩 업데이트(PBU) 메시지에 실어 LMA에 보냄 4. LMA는 바인딩 캐쉬엔트리에 이동 노드의 정보가 있는지 확인 후 이동 노드 정보 추가 5. LMA는 MAG의 주소 정보를 이용해 터널을 설정하여 해당 이동 노드에게 패킷 전송 6. 이동 노드가 다른 MAG로 이동 7.동일한 과정을 통해 LMA는 이동 노드가 이동했음을 감지 후 터널 경로 변경	► 장점 - Network 기반 이동성 지원으로 이동노드에게 이동성을 위한 프로토콜을 요구하지 않음 - 네트워크 설정 및 관리가 서비스 제공자에 의해 이루어져 서비스 품질 보장이 뛰어남 - MIPv6 기능을 갖지 못한 이동노드들 까지 지원 ► 단점 - 항상 LMA를 통과하여 패킷이 전송되므로 패킷 전송 비용 증가

위에서 설명된 기술들을 바탕으로 더 효율적인 이동성 지원을 위한 제안 문서들이 지속적으로 기고되고 있으며, IETF 내의 여러 워킹 그룹들이 IP 기반 이동성 지원 기술 표준화를 위해 노력 중에 있다[37].

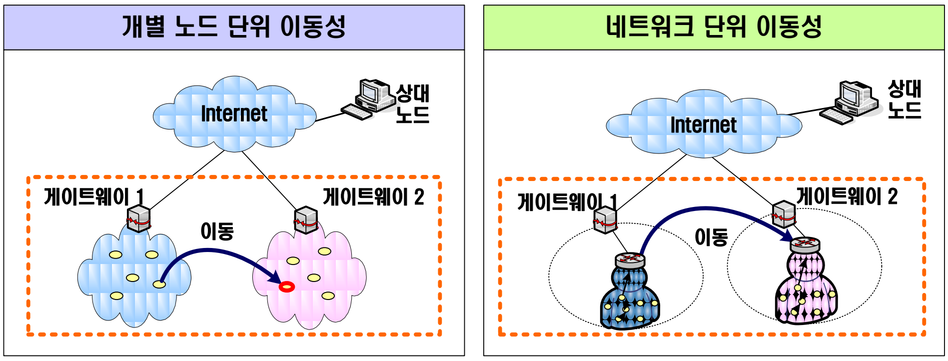
Ⅲ. USN 서비스를 위한 센서 네트워크 이동성 지원 기술 제안

USN 서비스는 사물 및 장소에 부착된 센서로부터 각종 유비쿼터스 정보를 감지 그리고 광대역 통합망을 통한 전달 및 가공 처리하여 인간 생활에 폭넓게 활용하는 첨단 5 Any(Anytime, Anywhere, Anydevice, Anynetwork, Anyservice)를 실현하는 서비스로서, 언제 어디서나 단말 및 네트워크에 구애 받지 않으면서 첨단 유비쿼터스 서비스를 지원한다.

아래 [그림 3-1]은 다양한 USN 서비스 즉, 지능형 이동 로봇에 장착된 센서의 자료 수집, u-Home 모니터링에서 이동 센서 활용 자료 수집, u-Health 모니터링에서 이동 센서 활용 자료 수집, 수중 이동 센서 자료 수집 등 대부분이 센서 네트워크의 이동성 지원을 요구하고 있음을 나타낸 것이다.

[그림 3-1] 다양한 USN 서비스를 위한 센서 네트워크 활용 개념

USN 서비스의 효과적인 실현을 위해서는 IP 기반의 네트워크 환경에서 센서 네트워크 내의 센서의 이동이 필수적인 사항으로, 일반적으로 센서 네트워크의 이동성 지원은 다음의 [그림 3-2]와 같이 개별 노드 단위 이동성 지원과 네트워크 단위 이동성 지원으로 분류된다.



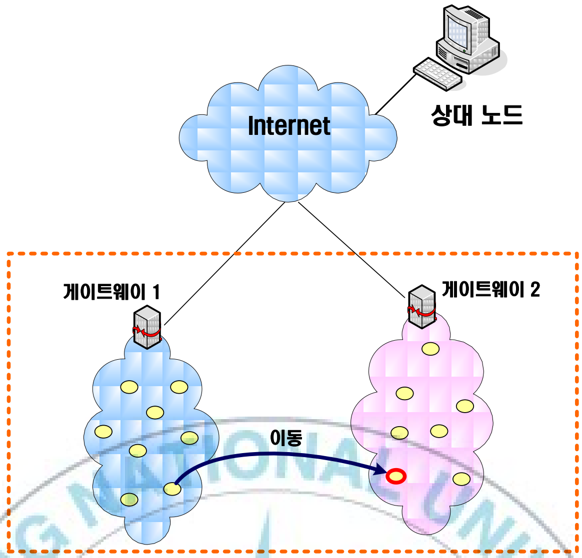
[그림 3-2] IP 기반 센서 네트워크의 이동성 분류 개념

따라서 본 연구에서는 센서 네트워크의 특징에 따라 구분된 개별 센서 노드 단위 이동 센서 네트워크 및 네트워크 단위 이동 센서 네트워크의 이동성 지원을 위해 기존의 이동성 지원 기술 적용 시 이슈를 분석하고 각 모델에 가장 효율적인 이동성 지원 기술을 개발 및 제안한다.

1. 기존 이동성 지원 기술 적용 이슈

1.1. 개별 센서 노드 단위 이동 센서 네트워크 모델

아래 [그림 3-3]과 같이 개별 센서 노드 단위 이동 센서 네트워크 모델은 센서가 장착된 팔찌나 무기, 기타 전자 제품들과 같이 센서 노드가 개별적인 단위로 이동하는 형태를 나타낸다.



[그림 3-3] 개별 센서 노드 단위 이동성 센서 네트워크 모델

이러한 형태의 센서네트워크는 네트워크의 형태의 이동이 아닌 각 개별 센서 노드들에 대한 이동 형태이므로 글로벌한 이동은 의미가 없으며 각 센서 노드가 액세스 망 내에서 로컬한 지속 이동을 하므로 Node 기반의 Micro Mobility 를 지원하는 IPv6 기반의 PMIPv6, 6LoWPAN(IPv6 over Low power WPAN) 과 WPAN 기술을 활용하는 것이 가장 효율적이다.

그러나 IPv4 에 맞도록 설계 되어 있는 수많은 센서 노드 기반의 하드웨어나 소프트웨어를 IPv6 에 맞도록 변경 혹은 호환 시키는 데는 아직까지 많은 시간과 비용이 들기 때문에 IPv6 망 활용의 제한이 생기며, 이동성 지원을 위한 PMIPv6 및 6LoWPAN 등의 기술을 각각의 센서

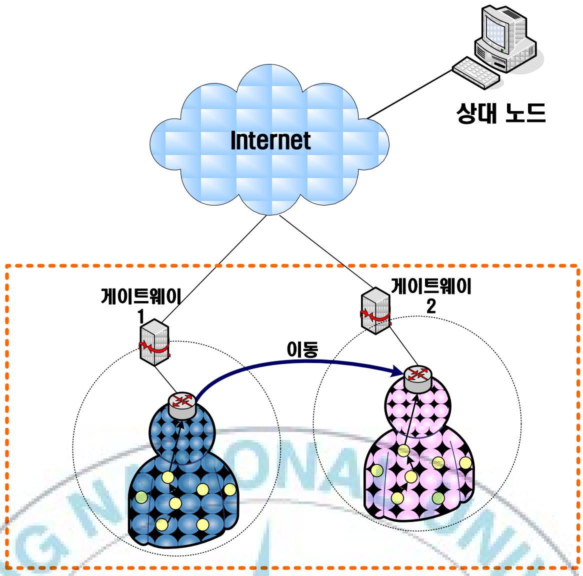
노드에 장착하는 것은 실시간 센싱 데이터의 빠른 전송이나 센서의 생명주기의 에너지 효율성 측면에서 문제점이 발생한다.

따라서 개별 센서 노드 단위 이동 센서 네트워크 모델에 가장 효율적인 IPv4 기반의 이동성 지원 기술이 필요하다.

1.2. 네트워크 단위 이동 센서 네트워크 모델

아래 [그림 3-4]와 같이 네트워크 단위 이동 센서 네트워크 모델은 WBAN 과 같이 움직이는 차량이나 운송 수단 및 사람의 신체에 센서 노드들이 고정적으로 부착되어 센서 노드들에 대한 이동은 존재하지 않고, 이러한 센서 노드들의 데이터를 관리하는 싱크 노드 하부의 단위 센서 네트워크가 네트워크 단위로 이동하는 형태를 나타낸다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교



[그림 3-4] 네트워크 단위 이동성 센서 네트워크 모델

이러한 형태의 센서네트워크는 개별적인 센서 노드의 이동이 아닌 네트워크 이동 형태이므로 로컬한 이동은 의미가 없으며 싱크 노드가 액세스 망간의 글로벌한 이동을 하므로 Node mobility 기반의 Macro mobility 를 지원하는 MIPv6 를 적용시키는 것이 가장 효율적이다.

그러나 센서 노드 뿐만 아니라 싱크 노드 역시 센서 형태이므로 제한된 전력 및 시스템 자원, 메모리, 배터리 등의 특징을 가지는 센서 노드에 큰 메모리 형태의 IPv6 를 적용하기 위해서는 적절한 기술 응용이 필요하며, 이를 통해 MIPv6 를 활용한 효율적 네트워크 단위 이동성 지원이 가능해진다.

따라서 네트워크 단위 이동 센서 네트워크 모델에 가장 효율적인 이동성 지원을 위한 기술이 응용된 IPv6 기반의 이동성 지원 기술이 필요하다.

2. IP 기반 센서 네트워크 이동성 지원 기술

2.1. IPv4 기반 개별 센서 노드 단위 이동성 지원 기술

(1) 요구 사항 분석

위 1.1 소절에서와 같이 개별 센서 노드 단위 이동 센서 네트워크 모델 및 기존의 IP 기반 이동성 지원 기술을 적용 시 이슈를 분석한 결과 먼저 센서 네트워크를 지원할 수 있는 기술이 기반이 되어야 하며, 기존에 IPv6 기반의 기술들은 센서 네트워크에 적용하는 데 많은 문제점이 있다는 것으로 확인할 수 있었다. 따라서 이러한 문제점을 극복하면서 효율적인 개별 센서 노드 단위 이동성 지원을 위해 현재의 인터넷 환경에서 간단한 이동성 모델인 LR-WPAN(Low Rate-WPAN, IEEE 802.15.4)[10]과 IPv4 에 기반한 간단한 형태의 노드 이동성 지원 하는 라우팅 프로토타입을 개발하고 그 내용을 NS-2(Network Simulator-2) 환경[22]에서의 시뮬레이션 구현으로 접근하고자 한다.

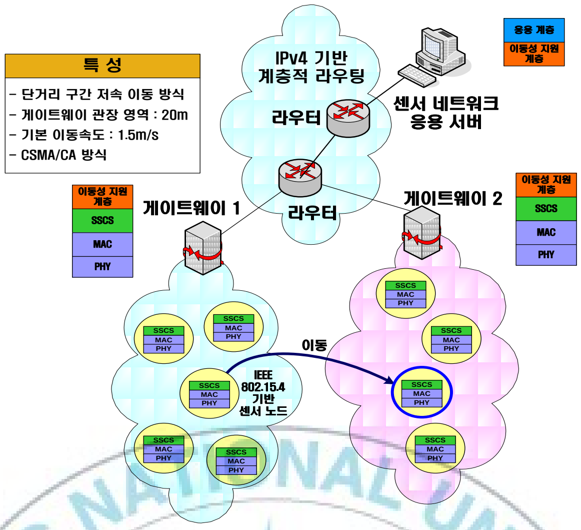
개별 노드 이동성 지원 기술 개발을 위한 연구 추진 사항은 아래의 [표

3-1]과 같이 해당 모델의 이동성 지원을 위해 IEEE 802.15.4 적용 및 IPv4 에 기반한 간단한 형태의 노드 이동성 지원 기술 개발과 NS-2 환경에서의 시뮬레이션 구현이 주 내용이다. 항목별 접근 방향 및 해당 이슈들은 아래와 같이 정리된다.

[표 3-1] 개별 센서 노드 단위 형태의 센서 네트워크 이동성 지원 기술 개발 접근 방향 및 해당 이슈

센서 네트워크 형태	접근 방향	해당 이슈
개별 센서 노드로 구성된 센서 네트워크에서의 이동성 지원	• 센서 네트워크 지원이 가능한 IEEE 802.15.4 기반이 되어야 함 • Node Mobility 기반의 Micro Mobility 기술로 접근 • IPv4 기반 라우팅 기술 적용 및 응용 • NS-2를 이용하여 개발된 프로토타입 시뮬레이션을 실행	• IPv4 기반의 Micro Mobility 제공을 위한 적용 방안 • IEEE 802.15.4와 IPv4 간의 연동 방안 • NS-2 관련 프로그래밍 언어를 이용한 IEEE 802.15.4 기반의 IPv4를 지원하는 프로토타입 도구 개발

위의 [표 3-1]의 접근 방향 및 해당 이슈를 토대로 하여 개발하고자 하는 대상 모델은 아래 [그림 3-5]와 같다. 즉, IEEE 802.15.4 기반의 PHY 계층, MAC 부계층 및 SSCS(Service Specific Convergence Sublayer) 부계층으로 구성된 개별 센서 노드가 게이트웨이 영역 간을 이동하면서 IPv4 기반의 계층적 라우팅 방식을 통해 라우터를 거쳐 센서 네트워크 응용 서버까지 이벤트 데이터를 끊김 없이 전송하고자 하는 것이다.



[그림 3-5] 개별 노드 단위 이동성 지원 모델

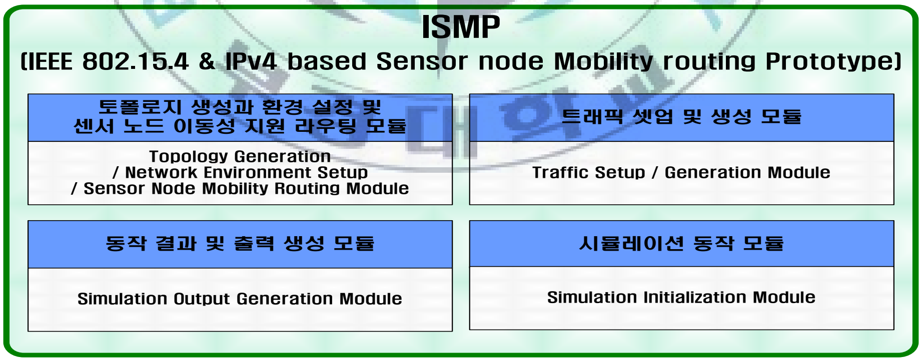
위 [그림 3-5]와 같이 개별 노드 단위 이동성 지원 모델의 구성 요소에는 개별 센서 네트워크와 센서 노드, 싱크 역할을 하는 게이트웨이, 라우터 기반의 인터넷 및 센서 네트워크 응용 서버로 이루어져 있음을 확인할 수 있다. 또한 각 해당 요소들의 프로토콜 스택은, 먼저 센서 노드는 LR-WPAN(IEEE 802.15.4) 기반의 물리계층과 무선 액세스를 위한 CSMA/CA(Carrier S ense Multiple Access/Collision Avoid) 기반의 MAC 부계층 및 서비스 융합(SSCS) 부계층으로 구성 하였고, 게이트웨이 및 라우터 그리고 응용 서버는 이동성 지원 서비스 계층을 개발하여 구현하였다.

해당 모델은 USN 응용 타겟 서비스로서 사람이나 로봇 등이 단거리

구간에서 저속 이동하는 모델인 LR-WPAN 을 적용하여 [그림 3-5]의 왼쪽 상단 부분과 같이 게이트웨이가 관장하는 영역은 약 20m 내외이며 이동속도는 1.5m/s 를 기본으로 하고 있다.

(2) 라우팅 프로토타입 전체 구조

앞에서 분석한 요구사항을 기반으로 개발하고자 하는 NS-2 기반의 센서 노드 이동성을 지원하는 프로토타입 시뮬레이터 프로그램은 아래 [그림 3-6]과 같이 구성되어 있으며, 본 프로토타입 시뮬레이터 프로그램명을 ISMP(IEEE 802.15.4 & IPv4 based Sensor node Mobility routing Prototype)로 정하였다. ISMP 프로토타입은 NS-2 올인원 패키지 중 하나인 패키지 2.29 버전으로 구현을 하였으며, 리눅스 환경에서 개발되었다[38].



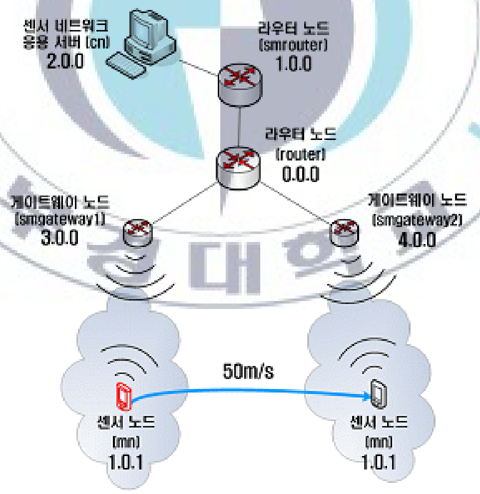
[그림 3-6] NS-2 기반 ISMP 전체 구성도

본 프로토타입 시뮬레이터 즉, ISMP 는 크게 4 개의 모듈로 구성되어

있으며 각 모듈의 역할 및 특징은 다음과 같다.

1) 토폴로지 생성과 환경 설정 및 센서 노드 이동성 지원 라우팅 모듈

“토폴로지 생성과 환경 설정 및 센서 노드 이동성 지원 라우팅 모듈”은 NS-2 의 OTcl(Object Tool command language) 코드를 이용하여 IEEE 802.15.4 PHY 계층 및 MAC 부계층과 IPv4 기반으로 [그림 3-7]의 토폴로지를 생성하고, 그리고 이러한 토폴로지 구성 노드 간의 대역폭 및 위치 그리고 주소 지정과 안테나 종류 선택 등의 환경을 설정하며, 마지막으로 이들 간에 개별 센서 노드 단위로 이동성을 지원하는 라우팅 부 모듈로 구성이 되어 있다.



[그림 3-7] ISMP 에서 설정한 이동성 지원 토폴로지 모델

일반적으로 NS-2 에서는 OTcl 코드를 활용하여 원하는 토폴로지를 설정할 수 있다. 해당 모듈 중 “센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈”은 내용이 많으므로 따로 분리하여 설명한다.

2) 트래픽 셋업 및 생성 모듈

“트래픽 셋업 및 생성 모듈”에서는 “센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈”이 동작되는 상황에서, 센서 노드가 이동을 하면서 수집된 데이터를 센서 네트워크 응용 서버로 끊김 없이 전송하는 것을 확인하기 위해 이동 센서 노드에서 50byte 의 고정 크기 패킷을 주기적으로 발생하도록 하는 CBR(Constant Bit Rate) 트래픽을 생성하는 역할을 한다.

3) 동작 결과 및 출력 생성 모듈

트래픽이 이동 센서 노드에서 이벤트 데이터(즉, 실시간 감지 데이터로 주기적으로 센서 노드에서 발생하는 데이터 패킷)의 종류와 발생 시간 및 노드의 이동 속도 등을 설정하여 ISMP 시뮬레이터 전체를 실제로 구동시키는 “시뮬레이션 동작 모듈”이 동작한다. 이 과정에 앞서 시뮬레이터 구동의 결과로 이동성 지원에 대한 정확성을 판단하기 위해 최종적인 ISMP 시뮬레이터 구동 후, 시뮬레이션의 동작 결과를 기록하는 함수와 시뮬레이션의 결과 파일인 트레이스 파일(“out.tr” 파일, “throughput.out” 파일, “out.nam” 파일)을 생성하여 사용자가 시뮬레이션 결과 및 최종 출력을 확인할 수 있도록 설정하는 역할을 하는 것이 “동작 결과 및 출력 생성 모듈”이다.

4) 시뮬레이션 동작 모듈

“시뮬레이션 동작 모듈”은 생성된 토폴로지의 환경 설정, 트래픽 셋업과 생성 및 시뮬레이션의 동작 결과와 출력 생성 설정을 기반으로 하여 실제로 시뮬레이션의 동작을 시행하는 모듈이다.

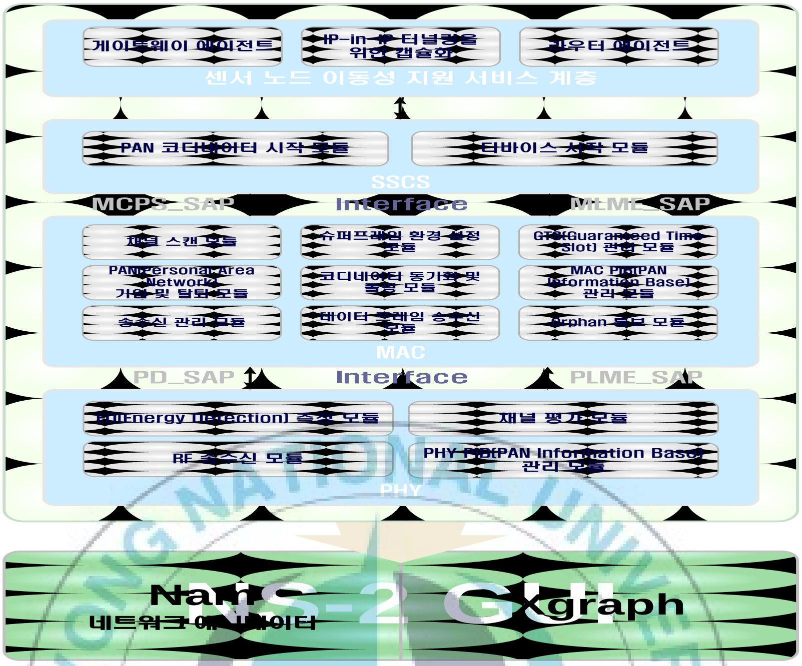
아래 [그림 3-8]은 ISMP 프로토타입의 전체적인 동작 과정을 나타내며 실제로는 “시뮬레이션 동작 모듈”에 해당된다.

```
ISMP procedure{
    Topology Generation/Network Environment Setup/Sensor Node Mobility Routing Module():
            // 토폴로지 생성과 환경 설정 및 센서 노드 이동성 지원 라우팅 모듈
          Traffic Setup/Generation Module():
            // 트래픽 셋업 및 생성 모듈
          Simulation Output Generation Module():
            // 동작 결과 및 출력 생성 모듈
          Simulation Initialization Module():
            // 시뮬레이션 동작 모듈
}
```

[그림 3-8] ISMP 프로토타입의 전체적인 시뮬레이션 동작 과정

(3) 센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈

“토폴로지 생성과 환경 설정 및 센서 노드 이동성 지원 라우팅 모듈(Topology Generation/Network Environment Setup/Sensor Node Mobility Routing Module)” 중 “센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈”에 관해 설명한다. 아래 [그림 3-9]는 “센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈” 내에 해당 프로토콜 계층별 모듈이 NS-2 시뮬레이터에서 구현된 내용을 나타낸다.

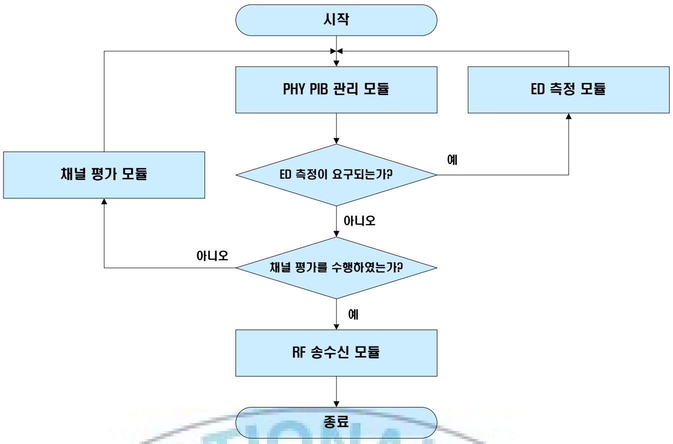


[그림 3-9] 개발 모듈 범위

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY

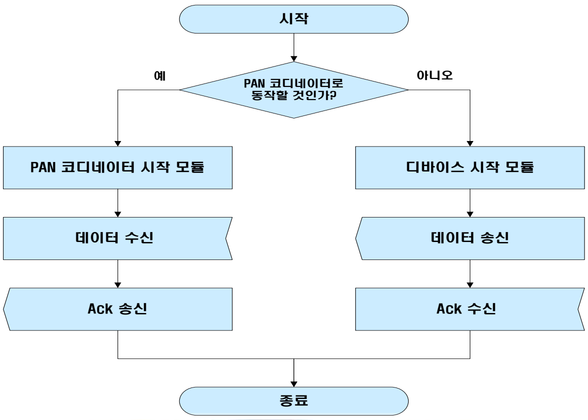
위의 각 계층들은 서로 간의 인터페이스를 통해 라우팅 모듈의 구현이 이루어지며 GUI(Graphic User Interface)를 제공하는 NS-2 의 시각화 도구인 Nam 애니메이터와 Xgraph 를 활용하여 최종적으로 개별 센서 노드의 이동성 지원에 대한 동작의 확인이 이루어진다.

아래 [그림 3-10], [그림 3-11], [그림 3-12] 및 [그림 3-13]은 “센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈” 내에 해당 프로토콜 계층별 모듈 내의 각 계층인 PHY 계층, MAC 부계층, SSCS 부계층 및 센서 노드 이동성 지원 서비스 계층의 전체 동작 순서도를 각각 나타낸 것이다.

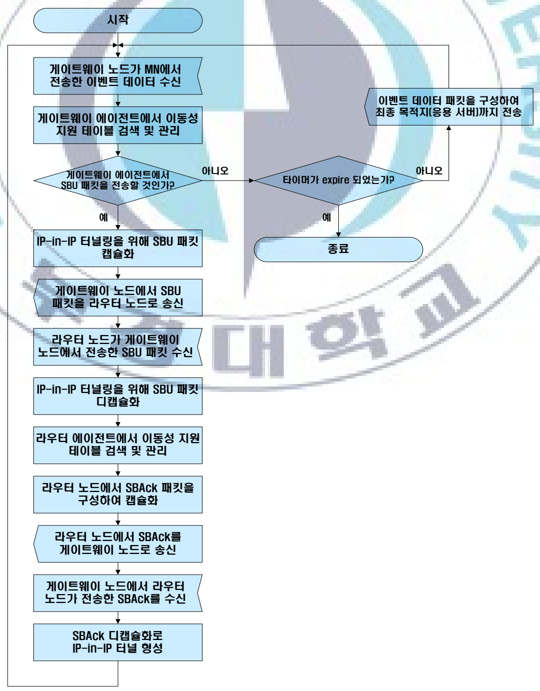


[그림 3-10] PHY 계층 전체 모듈 동작 순서도

[그림 3-11] MAC 부계층 전체 모듈 동작 순서도



[그림 3-12] SSCS 부계층 전체 모듈 동작 순서도

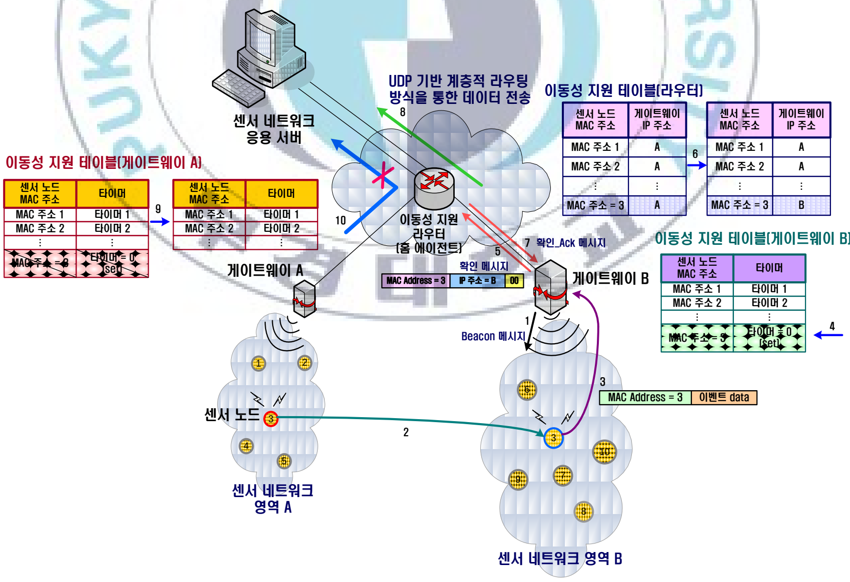


[그림 3-13] 센서 노드 이동성 지원 서비스 계층 전체 모듈 동작 순서도

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

(4) 전체 동작 과정

위에서 분석한 요구 사항 및 이를 토대로 센서 노드 이동성 지원 모델의 이동 범위 및 환경을 기반으로 정립한 개별 센서 노드 이동성 지원 모델의 실제 동작 과정을 설명하고자 한다. 동작 과정은 크게 3 가지 즉, 센서 노드가 처음 이벤트를 발생시킨 경우, 이벤트를 발생 중이던 센서 노드가 이동한 경우, 게이트웨이의 타이머가 expired 된 경우로 구분한다. 아래 [그림 3-14]는 센서 노드 단위 이동성 지원 과정을 나타내기 위해 이동성 지원 과정에서 가장 핵심이 되는 이벤트 발생 중인 센서 노드가 이동한 경우에 대한 도식이고, 이에 대한 순서적 동작과정은 아래 설명과 같다.



[그림 3-14] 이벤트 발생 중인 센서 노드가 타 영역으로 이동 과정 도식

1) 게이트웨이 B 는 자신이 관장 하는 센서 네트워크 영역 B 내에 존재하는 모든 센서 노드들에게 주기적으로 “Beacon 메시지”를 브로드캐스팅 한다.

2) MAC 주소가 “3”인 이벤트를 발생 센서 노드가 기존의 게이트웨이 A 영역에서 게이트웨이 B 영역으로 이동을 한다.

3) 이벤트 발생 센서 노드는 게이트웨이 B 에서 브로드캐스팅하는 “Beacon 메시지"를 수신하며, 자신의 MAC 주소 및 이벤트 데이터를 실은 “이벤트 메시지"를 게이트웨이 B에 전송한다.

4) “이벤트 메시지”를 수신한 게이트웨이 B 는 자신의 이동성 지원 테이블 내에 이벤트 발생 센서 노드의 MAC 주소가 등록 되어 있는지를 확인 후 없을경우 해당 MAC 주소를 등록하고 타이머를 “0”으로 세팅한다.

5) 자신의 이동성 지원 테이블 갱신을 마친 게이트웨이 B 는 이벤트 발생 센서노드의 MAC 주소 및 자신의 IP 주소를 “확인 메시지”에 실어 라우터(홈 에이전트)로 계층적 라우팅을 활용하여 전송한다.

6) “확인 메시지”를 수신한 라우터(홈 에이전트)는 자신의 이동성 지원 테이블내에 메시지 정보인 이벤트 발생 센서 노드의 MAC 주소와 게이트웨이 A 의 IP 주소 쌍이 등록 되어 있는 지를 확인 한다. 이 때,

기존의 게이트웨이 A 에서 전송했던 “확인 메시지”에 의해 해당 센서 노드에 대한 MAC 주소가 라우터(홈 에이전트)의 이동성 지원 테이블에 이미 저장되어 있으므로 기존의 주소 쌍 정보에서 게이트웨이 A 의 IP 주소를 게이트웨이 B 의 IP 주소로 수정한다.

7) 라우터(홈 에이전트)는 자신의 이동성 지원 테이블을 갱신 후에 “확인 메시지”에 대한 응답으로 게이트웨이 B 에게 “확인_Ack 메시지”를 계층적 라우팅을 활용하여 전송한다.

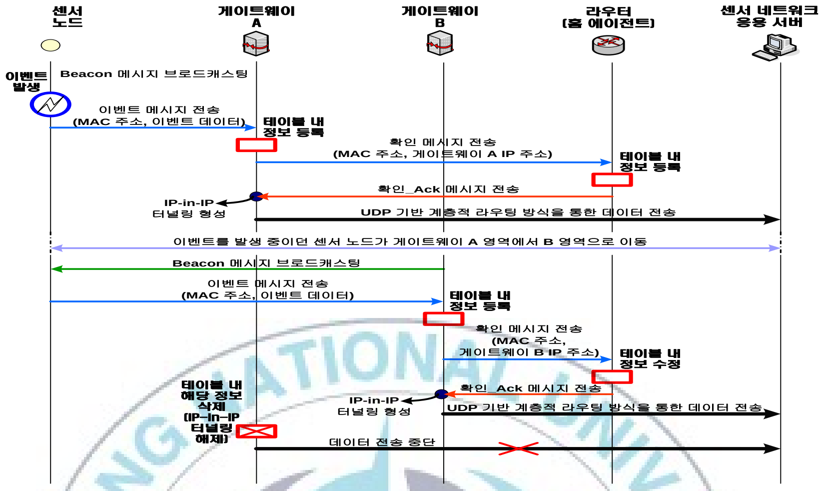
8) 게이트웨이 B 및 라우터(홈 에이전트) 각각의 이동성 지원 테이블 갱신이 모두 완료되면, 게이트웨이 B 는 UDP(User Datagram Protocol) 기반의 계층적 라우팅 방식으로 라우터(홈 에이전트)를 거쳐 센서 네트워크 응용 서버에 이벤트 데이터가 포함된 “IP(UDP_Data_Trans) 메시지"를 전송한다.

9) 또한 게이트웨이 A 는 자신의 이동성 지원 테이블 내에 게이트웨이 B 영역으로 이동한 MAC 주소가 “3”인 이동 노드의 정보를 삭제한다.

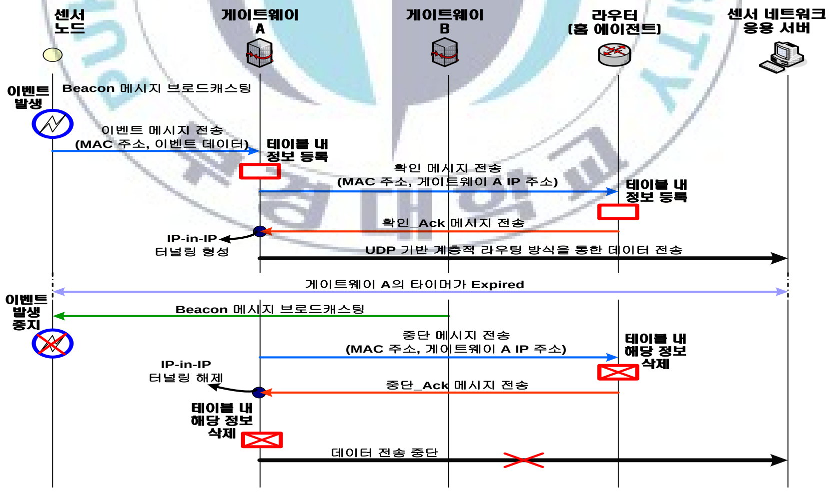
10) 게이트웨이 A 는 자신이 관장하는 영역 내에 이벤트 발생 센서 노드가 더 이상 존재하지 않으므로 센서 네트워크 응용 서버로의 데이터 전송은 일어나지 않는다.

아래 [그림 3-15]는 처음 이벤트를 발생시킨 센서 노드가 이동한 경우의 동작 과정의 MSC 를 나타낸 것이며, [그림 3-16]은 게이트웨이의 타이머가 expired 된 경우의 전체 동작 과정에 대한 MSC(Message Sequence

Chart)를 나타낸 것이다.



[그림 3-15] 센서 노드가 이벤트 발생 후 다른 영역으로 이동 과정 MSC



[그림 3-16] 센서 노드가 이벤트 발생 후 게이트웨이의 타이머 만기 시의 동작 과정 MSC

2.2. IPv6 기반 네트워크 단위 이동성 지원 기술

(1) 요구 사항 분석

위 1.2 소절에서와 같이 네트워크 단위 이동 센서 네트워크 모델 및 기존의 IP 기반 이동성 지원 기술을 적용 시 이슈를 분석한 결과 네트워크 단위의 센서 네트워크 이동성 지원에 가장 효율적인 기술은 도메인 간 넓은 영역의 이동성을 지원하는 MIPv6 이라는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 싱크 노드 하부에 단위 센서 네트워크를 구성하고 있는 모든 센서 노드들에 MIPv6 기능을 탑재하는 것은 현실적으로 무리가 있으며, 또한 이들을 관리하는 싱크 노드 역시 센서 형태이므로 이를 고려하여 지원할 수 있는 효율적인 기술 응용이 필요하다[39][40].

먼저, 센서 형태를 가지는 센서 노드 및 싱크 노드에 IPv6 기반의 MIPv6 기술을 적용하기 위해서는 6LoWPAN 기술의 적용이 필요하다. 6LoWPAN 이란 저전력 센서 네트워크 기반 기술인 LoWPAN(Low power Wireless Personal Area Network)에 IPv6 를 적용하기 위해 IETF 의 6LoWPAN WG 에서 표준화 활동이 활발히 진행중인 기술로서, 저전력, 20~250kbps 의 데이터 전송률, 900~2400MHz 의 주파수 대역에서 최소형 메모리와 최소형 프로세서만을 장착한 센서 응용을 대상으로 하는 기술이므로 센서 노드 및 싱크 노드는 모두 6LoWPAN 기반이 되는 것이 가장 효율적이다.

또한 센서 노드들은 단방향성을 가지므로 멀티 홉 통신을 통하여 싱크 노드에게 데이터를 전달하기만 하며, 이러한 데이터를 수집 및 관리하여

최종 사용자에게 전달하는 싱크 노드에만 MIPv6 기능을 포함시킴으로써 효율적인 전력 사용이 가능하고, WBAN 과 같이 사람의 신체 또는 운송 수단 등에 부착이 되는 형태이므로 많은 수의 센서 노드가 필요치 않기 때문에 비용이 적게 드는 장점을 지닌다.

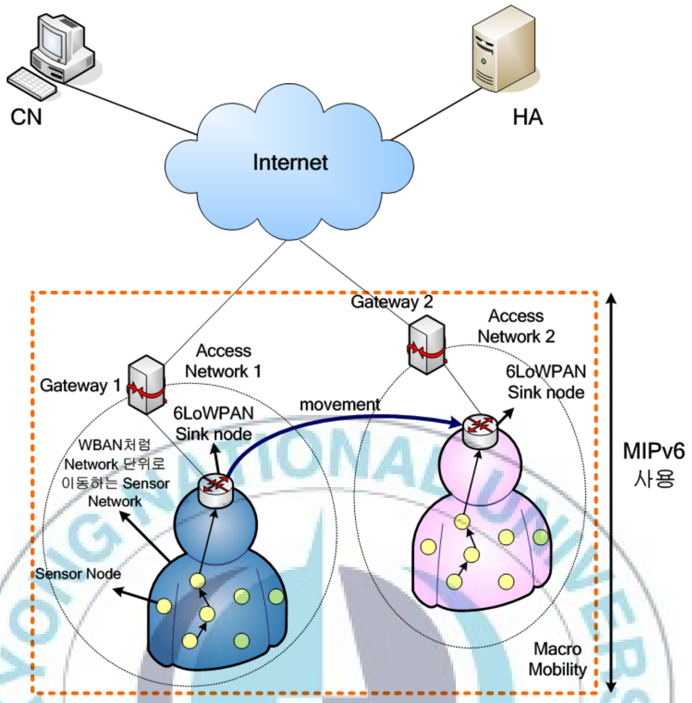
그러나 6LoWPAN 기반의 센서 노드들은 IPv6/TCP/UDP 등을 센서 노드에 탑재하기 위해 주어진 128byte 프레임 내에 이들을 실어야 한다. 또한 PHY/MAC 계층이 사용하는 최대 정보를 고려하면, 80byte 안에 IPv6/TCP 또는 IPv6/UDP 헤더 및 센서 응용을 위한 데이터가 표현되어야만 한다. 그러므로 6LoWPAN 기능을 가진 싱크 노드에 MIPv6 기술을 적용시키기 위해서는 메시지 크기에 대한 문제가 반드시 고려되어야만 하며, 이를 위해 MIPv6 패킷을 압축하는 방법이 반드시 필요하다.

네트워크 단위 이동성 지원 기술 개발을 위한 연구 추진 사항은 아래의 [표 3-2]와 같이 해당 모델의 이동성 지원을 위해 6LoWPAN 기반의 센서 노드 및 싱크 노드 구현과 MIPv6 기술의 활용 및 6LoWPAN 과 MIPv6 기술의 연동을 위한 패킷 압축이 주 내용이다. 항목별 접근 방향 및 해당 이슈들은 아래와 같이 정리된다.

[표 3-2] 네트워크 단위 형태의 센서 네트워크 이동성 지원 기술 개발 접근 방향 및 해당 이슈

센서 네트워크 형태	접근 방향	해당 이슈
네트워크 단위로 구성된 센서 네트워크에서의 이동성 지원	• Node Mobility 기반의 Macro Mobility 기술로 접근되어야 함 • 네트워크 단위를 구성하는 싱크 노드 및 센서 노드들은 6LoWPAN 기반이 되어야 함 • MIPv6 기술의 적용 및 응용이 필요함	• MIPv6의 Macro mobility 제공을 위한 적용방안 • 6LoWPAN 기반의 싱크 노드에만 MIPv6 기술을 적용 • 6LoWPAN 프레임으로 MIPv6 패킷 압축 방안 제시를 통한 6LoWPAN과 MIPv6 기술의 연동

위의 [표 3-2]의 접근 방향 및 해당 이슈를 토대로 하여 개발하고자 하는 대상 모델은 아래 (그림 32)와 같다. 즉, 6LoWPAN 기반의 하부 센서 노드들이 네트워크 단위를 이루고 있으며, 이를 관리하는 6LoWPAN 기반의 싱크 노드가 액세스 네트워크 영역 간을 이동하면서 MIPv6 기술 방식을 통해 게이트웨이 및 홈 에이전트를 거쳐 상대 노드까지 데이터를 끊김 없이 전송하고자 하는 것이다.



[그림 3-17] 네트워크 단위 이동성 지원 모델

(2) 패킷 압축 방안 제시

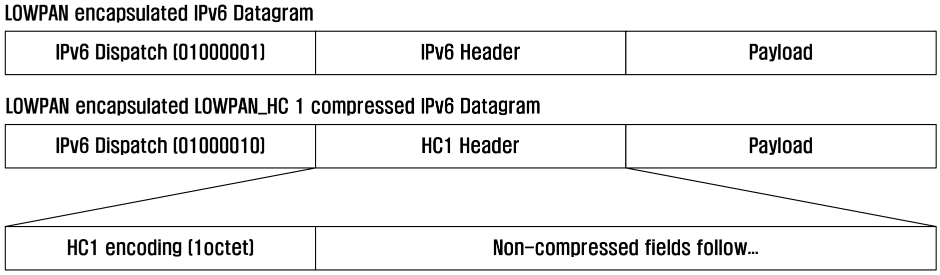
위에서 분석한 요구사항과 같이 일반적으로 6LoWPAN 기반의 센서 노드들은 IPv6/TCP/UDP 를 센서 노드에 탑재하기 위해 128byte 프레임에 이들을 실어야 한다. 또한 PHY/MAC 이 사용하는 최대 정보를 고려하면, 80byte 안에 IPv6/TCP 또는 IPv6/UDP 헤더 및 센서 응용을 위한 데이터가 표현되어야 한다. 그러므로 6LoWPAN 기능을 가진 싱크 노드에 MIPv6 기술을 적용시키기 위해서는 메시지 크기에 대한 문제가 반드시 고려되어야만 한다. 이를 위해 패킷 압축이 반드시 필요하며, [표 3-3]과

같이 6LoWPAN 헤더에서 특정 타입의 헤더를 나타내는 식별자인 Dispatch 코드 패턴을 사용하여 6LoWPAN 패킷임을 표현하고, IPv6/TCP/UDP 의 헤더에 대한 단축 방법을 제시한다[39][40].

[표 3-3] DISPATCH HEADER 패턴

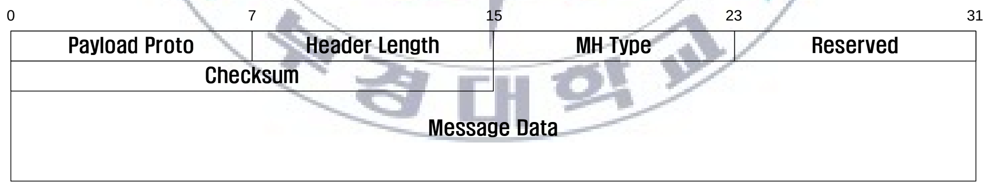
00 xxxxxx	NALP	Not A LOWPAN frame
01 000001	IPv6	Uncompressed IPv6 Addresses
00 000010	LOWPAN_HC 1	LOWPAN_HC 1 compressed IPv6
………	Reserved	Reserved for future use
00 010000	LOWPAN_BC 0	LOWPAN_BC 0 Broadcast
………	Reserved	Reserved for future use
00 111111	ESC	Additional Dispatch byte follows

6LoWPAN 프레임 형식은 아래 [그림 3-18]과 같으며, 압축된 Next Header 필드 영역을 적용하기 위해서는 Dispatch Header 패턴을 [표 3-3]의 두 번째 줄에 있는 01000010 즉, LOWPAN_HC1 을 사용해야 한다.



[그림 3-18] 6LOWPAN 프레임 형식

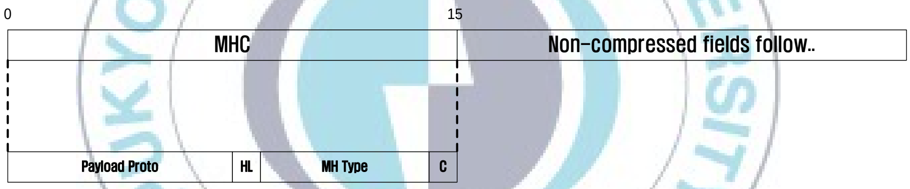
그러나 LOWPAN_HC1 을 사용할 경우 일반적으로 Next Header 에 TCP/UDP/ICMP 가 적용되는 경우만이 고려되어 있으므로, 압축된 MIPv6 포맷이 Next Header 로 오기 위해서는 새로운 방법이 필요하다. 즉 HC1 encoding 필드의 5 번과 6 번 비트가 TCP/UDP/ICMP 를 구분하므로 MIPv6 압축 포맷을 사용 시에는 Non-compressed field 부분의 최대 3byte 만을 사용하여 MIPv6 기술에 사용되는 모든 메시지를 포함할 수 있다.



[그림 3-19] MOBILITY HEADER

위의 [그림 3-19]는 기존의 MIPv6 에서 사용되는 Mobility Header 로서 총 6byte 가 쓰이고 있다. 이는 6LoWPAN 기반 노드에 적용하기 위해 압축이 필요하다. 즉 Payload Proto 필드는 다음 헤더를 알리는 필드로

그대로 사용하며, Header Length 필드는 1 비트로 압축하여 값이 "0" 일 경우에는 전체 길이가 2 계층에서 표현되었다는 것을 나타내며, "1" 일 경우에는 옮겨져서 그때마다 즉시 처리된다. MH(Mobility Header) Type 필드는 4 비트로 압축하며, Reserved 필드는 삭제한다. 그리고 Checksum 필드는 1 비트로 압축하여 값이 "0" 일 경우에는 패킷 checksum 에 포함 되었음을 나타내며, "1" 일 경우에는 옮겨져서 그때마다 즉시 처리된다. 각 필드의 압축을 통해 Mobility Header 는 16 비트로 압축된다. 아래 [그림 3-20]은 압축된 Mobility Header(MHC)를 나타낸 것이다.



[그림 3-20] MOBILITY HEADER COMPRESSED

기존의 MIPv6 는 MH Type 에 따라 각 메시지 데이터가 포함이 되어 있다. 아래 [표 3-4]는 MIPv6 MH Type 에 따른 메시지를 나타낸 것이며, 이러한 메시지들 역시 6LoWPAN 에 적용하기 위해서는 압축이 필요하다.

[표 3-4] MIPV6 MH TYPE

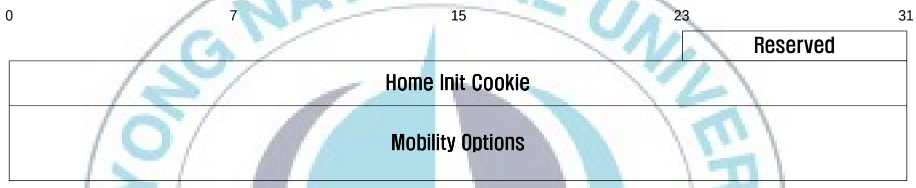
MH 유형 값	메시지 종류
0	Binding Refresh Request Message
1	Home Test Init Message
2	Case-of Test Init Message
3	Home Test Message
4	Case-of Test Message
5	Binding Update Message
6	Binding Acknowledgement Message
7	Binding Error Message

“MH Type = 0”인 경우의 메시지인 “Binding Refresh Request” Message 는 상대 노드가 이동 노드에게 자신의 Mobility Binding 을 Update 할 것을 요청할 때 쓰이는 메시지이다. 아래 [그림 3-21]은 기존의“Binding Refresh Request” Message 를 나타낸 것이다.

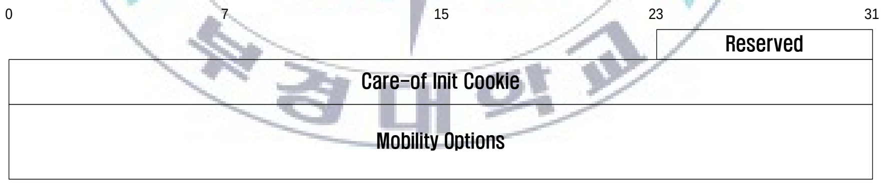
[그림 3-21] BINDING REFRESH REQUEST MESSAGE

이 메시지의 압축을 위해 Reserved 필드는 삭제가 된다. 그러므로 MH Type 값만으로 “Binding Refresh Request” 메시지로 쓰인다는 것을 확인하며 Mobility Header 의 Message Data 부분에는 바로 Mobility Options 필드가 오게 된다.

“MH Type = 1, 2”인 경우의 메시지인 “HoTI(Home Test Init)” 메시지와 “CoTI(Care-of Test Init)” 메시지는 Return Routability procedure 를 개시하고 CN(Correspondent Node)으로부터 home keygen token 또는 Care-of keygen token 을 구하기 위하여 사용되는 메시지이다. 아래 [그림 3-22]와 [그림 3-23]은 “HoTI(Home Test Init)” 메시지와 “CoTI(Care-of Test Init)” 메시지를 나타낸 것이다.

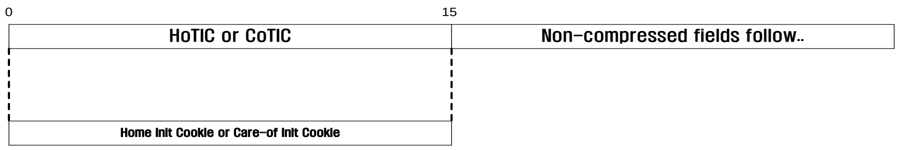


[그림 3-22] HOTI(HOME TEST INIT) MESSAGE



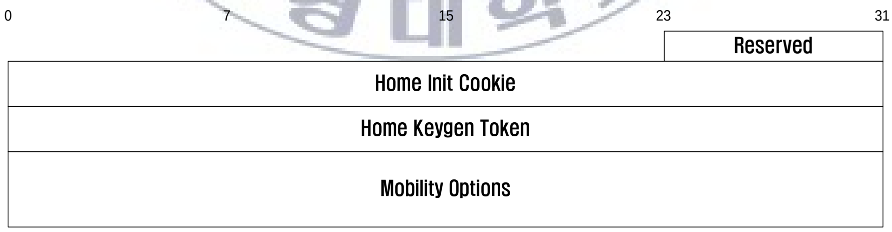
[그림 3-23] COTI(CARE-OF TEST INIT) MESSAGE

이 메시지에 대한 압축을 위해 Reserved 필드는 삭제를 하며 64 비트의 Home Init Cookie 또는 Care-of Init Cookie 필드는 센서 네트워크의 메모리 제한을 고려하여 16 비트로 압축한다. 아래 [그림 3-24]는 압축된 HoTI 메시지(HoTIC)와 CoTI 메시지(CoTIC)를 나타낸 것이다.

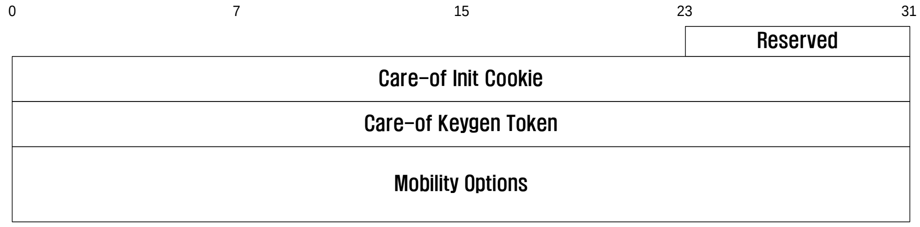


[그림 3-24] HOTIC 및 COTIC MESSAGE

“MH Type = 3, 4” 인 경우의 메시지인 “HoT(Home Test)” 메시지와 “CoT(Care-of Test)” 메시지는 Home Test Init 메시지 및 Care-of Test Init 메시지에 대한 응답이며, 상대 노드에서 이동 노드로 Home Keygen Token 및 Home Init Cookie 를 포함하여 보낸다. 메시지이다. 아래 [그림 3-25]와 [그림 3-26]은 “HoT(Home Test)” 메시지와 “CoT(Care-of Test)” 메시지를 나타낸 것이다.

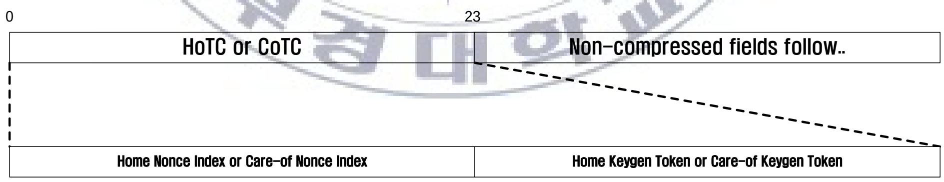


[그림 3-25] HOT(HOME TEST) MESSAGE



[그림 3-26] COT(CARE-OF TEST) MESSAGE

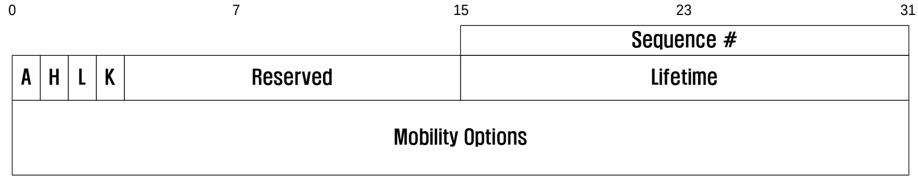
이 메시지에 대한 압축을 위해 16 비트의 Home Nonce Index 필드 또는 Care-of Nonce Index 필드는 8 비트로 압축하며 Home Init Cookie 또는 Care-of Init Cookie 필드는 다시 재전송할 필요가 없으므로 삭제를 한다. 또한 64 비트의 Home Keygen Token 또는 Care-of Keygen Token 필드는 16 비트로 압축한다. 아래 [그림 3-27]은 압축된 HoT 메시지(HoTC)와 CoT 메시지(CoTC)를 나타낸 것이다.



[그림 3-27] HOTC 및 COTC MESSAGE

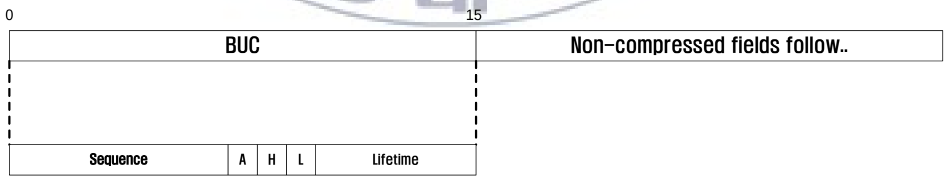
“MH Type = 5” 인 경우의 메시지인 “Binding Update” 메시지는 새로운 Care-of Address 에 대하여 스스로 다른 노드들에게 통지하기 위해

보내는 메시지이다. 아래 [그림 3-28]은 “Binding Update” 메시지를 나타낸 것이다.



[그림 3-28] BINDING UPDATE MESSAGE

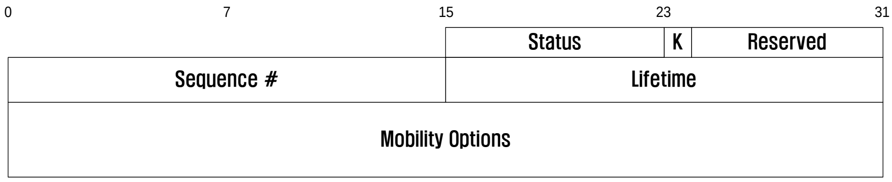
이 메시지에 대한 압축을 위해 16 비트의 Sequence# 필드는 5 비트로 압축하며 A, H, L 필드는 기존과 동일하게 유지한다. K 필드는 IPsec(IP Security Protocol)이 6LoWPAN 에 적용될 수 없으므로 삭제하고 Reserved 필드 또한 삭제된다. Lifetime 필드는 8 비트로 압축한다. 아래 [그림 3-29]는 압축된 Binding Update(BUC)를 나타낸 것이다.



[그림 3-29] BUC MESSAGE

“MH Type = 6”인 경우의 메시지인 “Binding Acknowledgement”

메시지는 Binding Update 에 대한 응답을 할 때 사용하는 메시지이다. 아래 [그림 3-30]은 "Binding Acknowledgement" 메시지를 나타낸 것이다.



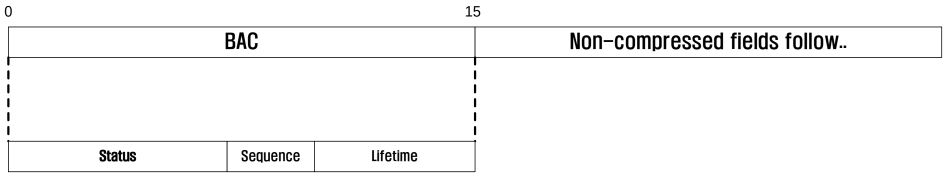
[그림 3-30] BINDING ACKNOWLEDGEMENT MESSAGE

또한 Status 값에 따라 응답에 대한 유형이 달라진다. 아래 [표 3-5]는 Status 값에 따른 응답 유형을 나타낸다.

[표 3-5] STATUS 값에 따른 응답 유형

Status 값	상 태
0	Binding Update는 받아들여짐
1	받아들여졌지만 prefix discovery가 필요
128	불분명한 이유로 거부
129	권한적 거부
130	불충분한 자원
131	Home registration을 지원하지 않음
132	Home Subnet이 아님
133	해당 MN에 대한 HA가 아님
134	DAD(Diplicate Address Detection-중복주소 탐지) 실패
135	Sequence Number가 허용되지 않음
136	Home nonce index 만료
137	Care-of nonce index 만료
138	Nonce들이 만료됨
139	등록 유형의 변화가 인증되지 않음

이 메시지에 대한 압축을 위해 8 비트의 Status 필드는 3 비트로 압축하며 K 필드는 IPsec 이 6LoWPAN 에 적용될 수 없으므로 삭제하고 Reserved 필드 또한 삭제된다. Sequence 필드는 5 비트로 압축하며, Lifetime 필드는 8 비트로 압축한다. 아래 [그림 3-31]는 압축된 Binding Acknowledgement(BAC)를 나타낸 것이다.



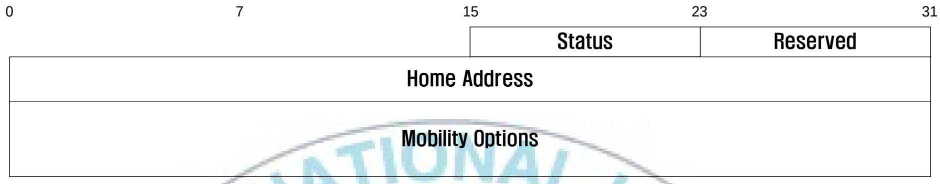
[그림 3-31] BAC MESSAGE

또한 Status 값에 따라서 여러 가지 유형의 응답을 하게 되는데 역시 제한된 특징의 6LoWPAN 을 위해 Status 역시 압축을 하여 필요 항목만을 사용한다. 아래 [표 3-6]은 BAC Status 에 관해 나타낸 것이다.

[표 3-6] BAC STATUS

Status	Value
Binding Update는 받아들여짐**(BRR)**	**0**
받아들여졌지만 **prefix discovery** 필요	**1**
home nonce index 만료	**2**
care-of nonce index 만료	**3**
Nonce 만료	**4**
불분명한 이유로 거부	**5**
Not define	**6**
Not defined	**7**

"MH Type = 7" 인 경우의 메시지인 "Binding Error" 메시지는 이동에 관계되는 에러 신호를 보내는 메시지이다. 아래 [그림 3-32]은 "Binding Error" 메시지를 나타낸 것이다.



[그림 3-32] BINDING ERROR MESSAGE

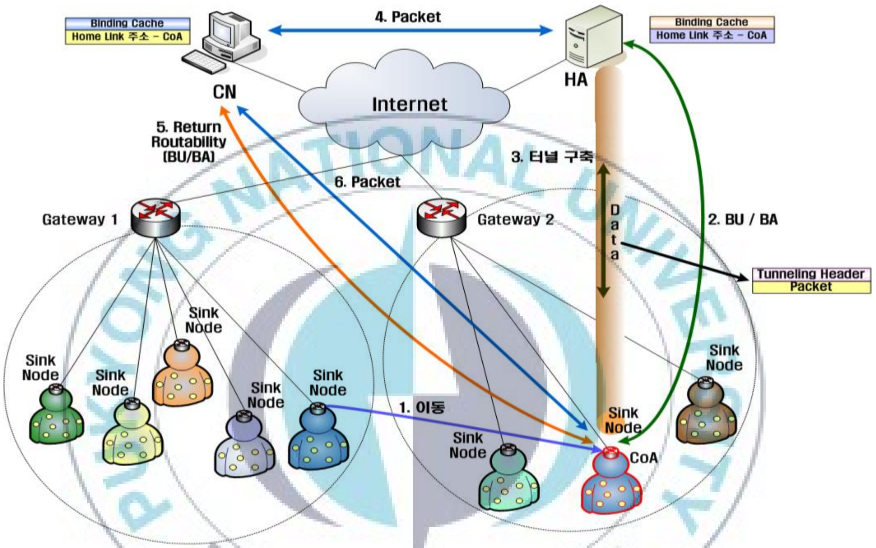
이 메시지에 대한 압축을 위해 8 비트의 Status 필드는 삭제하고 Reserved 필드 또한 삭제된다. 그러나 Home Address 필드는 그대로 압축한다.

이러한 방식으로 WBAN 과 같이 네트워크 단위로 이동하는 센서 네트워크 방식에서 적용할 MIPv6 기술은 6LoWPAN 에서 사용하기 위해 위와 같은 방식으로 메시지를 압축하여 포함시킬 경우 MIPv6 기술을 적용시켜 효율적인 이동성 지원이 이루어진다.

(3) 전체 동작 과정

WBAN 내부의 센서 노드들은 WBAN 내에서 6LoWPAN 기능을 포함한 싱크 노드 역할을 하는 노드가 내부 센서 노드들의 정보를 수집 및

관리한다. 이 때, 이 싱크 노드는 MIPv6 의 기능을 포함하고 있어야 한다. 아래 [그림 3-33]은 네트워크 단위의 센서 네트워크가 이동 시의 전체 동작과정을 도식화한 것이다.



[그림 3-33] 네트워크 단위 센서네트워크 이동 전체 동작 과정

1) 네트워크 단위의 센서네트워크가 외부 링크 망으로 이동하게 되면, 싱크 노드는 "Route Advertisement" 메시지를 통해 외부 링크 망의 프리픽스 정보를 게이트웨이로부터 얻어 자신이 이용할 임시 주소를 만든다. "Route Advertisement" 메시지를 받지 못한 경우 “Route solicitation” 메시지를 보내 "Route Advertisement" 메시지를 유도 한다.

2) 이동이 감지되어 임시 주소를 획득하게 되면 이 주소를 홈 에이전트 및 상대 노드에게 “바인딩 업데이트” 메시지를 이용하여 알린다. 이 메시지를 수신한 홈 에이전트는 이에 대한 응답으로 “바인딩 응답” 메시지를 전송하고 바인딩 정보를 유지한다.

3) 이 때, 이동한 싱크 노드와 홈 에이전트간의 데이터가 이동할 터널이 구축된다.

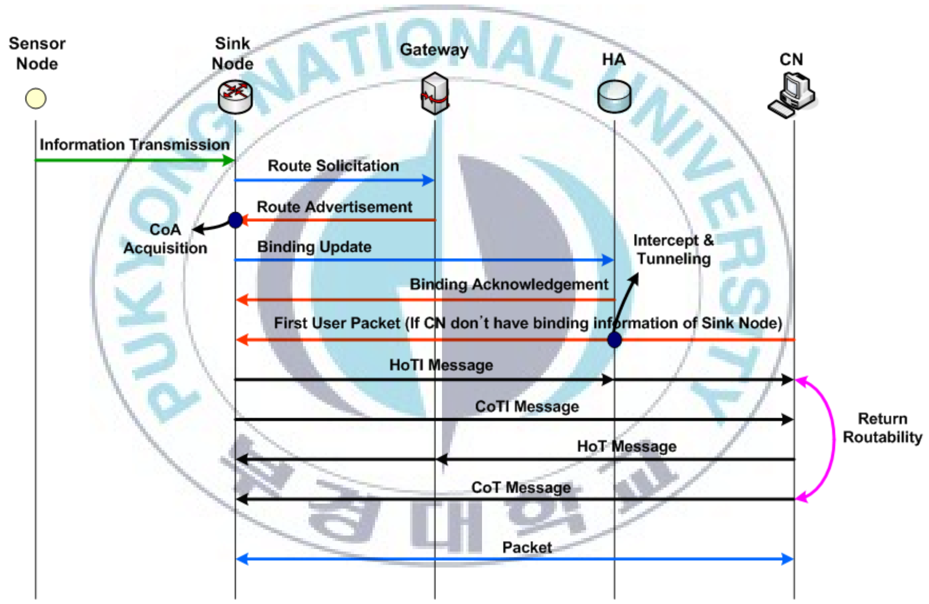
4) 이동한 싱크 노드와 처음 통신을 원하는 상대 노드는 싱크 노드가 이동했음을 알지 못하므로 목적지 주소를 싱크 노드가 원래 위치했던 홈 주소로 설정하여 패킷을 전송한다. 그러나 싱크 노드가 이동했음을 인식하고 있는 홈 에이전트는 싱크 노드로 전송되는 모든 패킷을 가로채어 이동한 싱크 노드의 위치로 터널링하여 전송한다.

5) 터널링된 패킷을 받은 싱크 노드는 자신에 대한 바인딩 정보를 패킷을 전송한 상대 노드가 갖고 있지 않다고 판단하고 "Return Routability" 절차[32]를 통해 상대 노드로 직접 “바인딩 업데이트” 메시지를 전송하여 자신의 임시 주소를 알린다. "Return Routability"은 상대 노드가 싱크 노드에 관한 홈 주소 및 임시 주소가 유효한 값 인지를 확인하는 절차로서, 이 절차가 통과되어야만 상대 노드는 “바인딩 업데이트” 메시지를 허가할 수 있으며 해당 임시 주소로 패킷을 전송할 수 있고, 여러 유형의 공격으로부터 메시지를 보호한다.

6) “바인딩 업데이트” 메시지를 받은 상대 노드는 이동한 싱크 노드에

대한 바인딩 정보를 저장하고, 그 후부터는 그 바인딩 정보를 이용하여 홈 에이전트를 거치지 않고 싱크 노드와 직접 통신을 한다.

아래 [그림 3-34]는 제안하는 WBAN 과 같은 센서 네트워크 단위 이동성 지원 기술인 MIPv6 의 응용 동작 과정에 대한 전체 MSC 를 나타낸 것이다.



[그림 3-34] 네트워크 단위 센서네트워크 이동성 전체 동작 과정 MSC

Ⅳ. 동작 평가

본 장에서는 앞 3 장에서 기술했던 제안 기술에 대한 동작 평가를 설명한다. IPv4 기반의 개별 노드 단위 이동성 지원 기술은 실제로 라우팅 프로토타입을 개발하여 NS-2 환경에서 시뮬레이션을 해본 반면, IPv6 기반의 네트워크 단위 이동성 지원 기술은 새로운 개발이 아닌 기존의 MIPv6 기술의 응용 및 6LoWPAN 과의 연동, 패킷 압축 방안 등에 대한 이론적인 제안으로 네트워크 단위의 센서 네트워크의 이동성이 가능함을 설명하였고, 해당 기술에 대한 시뮬레이션 대비 연구 결과, 아직까지 IPv6 기반의 MIPv6 및 6LoWPAN 기술을 구현할 수 있는 시뮬레이션 툴 및 소스 코드에 대한 개발이 부족하여 IPv6 기반의 네트워크 단위 센서 네트워크 이동성 지원 기술에 대한 동작평가는 생략하였다.

1. IPv4 기반 개별 노드 단위 이동성 지원 기술 동작 평가

1.1. 시뮬레이션 환경

ISMP 시뮬레이터는 NS-2 를 기반으로 구현되어, 일반 데스크톱 PC 에서는 가상 머신인 VMware 워크스테이션 프로그램을 활용하여 리눅스 커널의 OS 인 Ubuntu 버전 8.04 를 통해 리눅스 환경에서 설치하며, 리눅스 환경이 구축되고 나면 ISMP 시뮬레이터 구현을 위해

NS-2 올인원 패키지 버전 2.29 를 사용한다.

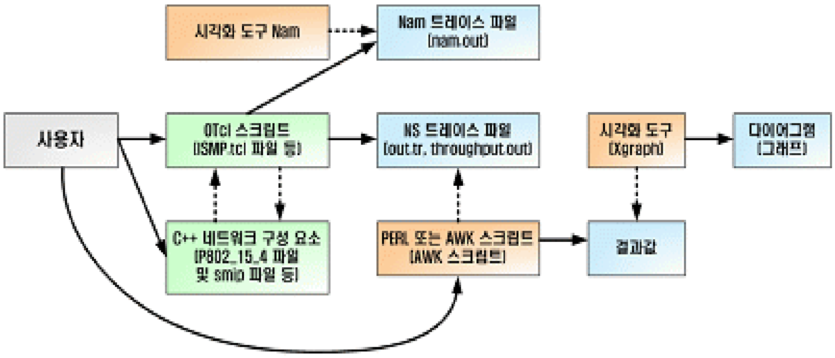
일단 데스크톱 PC 에서 개발된 ISMP 시뮬레이터는 OTcl 스크립트 파일인 “ISMP.tcl” 파일을 사용자가 구동하여 동작한다.

구동 내용은 일차적으로 토폴로지 구성 및 환경 설정과 각종 트레이스 파일(“out.tr” 파일, “throughput.out” 파일, “out.nam” 파일)의 생성을 위한 연동 관련 설정이 먼저 동작한다. 그리고 개별 센서 노드의 이동성 지원을 위해 “센서 노드 이동성 지원 라우팅 부 모듈”에 해당하는 IEEE 802.15.4 의 PHY 계층 소스 코드(P802_15_4phy.h, P802_15_4phy.cc), MAC 부계층 소스 코드(P802_15_4mac.h, P802_15_4mac.cc), 및 SSCS 부계층 소스 코드(P802_15_4sscs.h, P802_15_4sscs.cc)와의 연동과 센서 노드 이동성 지원 서비스 계층 소스 코드(smip.h, smip.cc)와의 연동으로 개발된 ISMP 시뮬레이터가 구동된다.

ISMP 시뮬레이터 구동에 대한 동작 평가는 해당 시뮬레이터 구동 후 생성되는 NS 트레이스 파일(“out.tr” 파일, “throughput.out” 파일) 및 Nam 트레이스 파일(“out.nam” 파일)을 통해 가능하다.

또한 “out.nam” 트레이스 파일을 활용한 Nam 애니메이터의 사용과 “throughput.out” 트레이스 파일을 활용한 Xgraph 의 사용은 사용자에게 해당 시뮬레이션 구동 결과에 대한 GUI(Graphic User Interface)를 제공한다.

사용자가 구동하는 ISMP 시뮬레이터의 각종 소스 코드들의 연관 관계는 다음 [그림 4-1]과 같다.



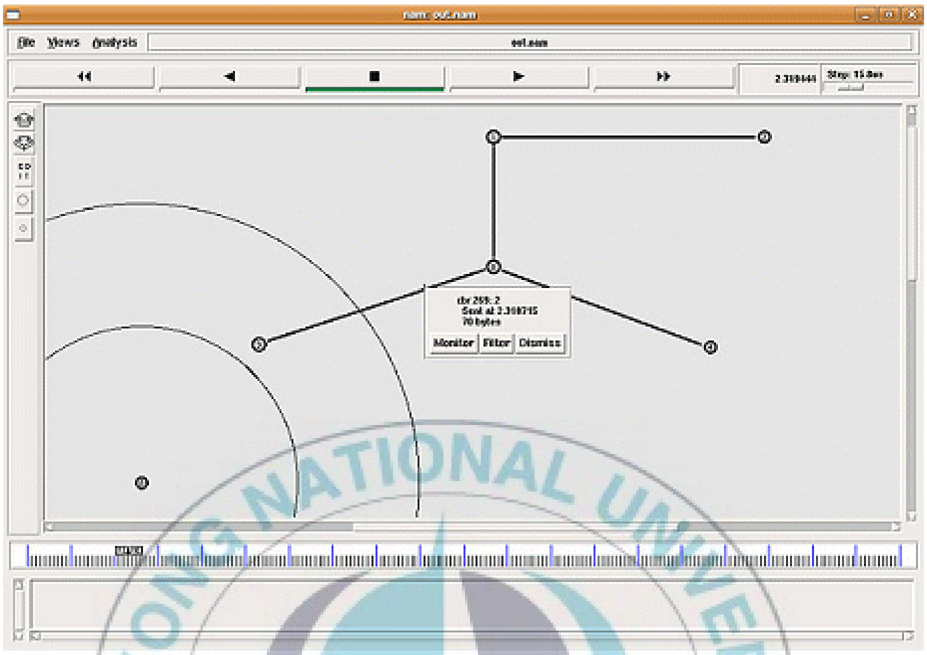
[그림 4-1] ISMP 시뮬레이터의 각종 소스 코드들 간의 연관 관계

1.2. 동작 평가

위 1.1 에서 설명한 것과 같이 ISMP 시뮬레이터 구동에 대한 동작 평가는 다양한 방법으로 확인 가능하다는 것을 알 수 있었다.

이러한 방법 중에서도 본 연구에서는 시각적으로 가장 확인하기 쉬운 Nam 을 활용하여 본 개발 프로토타입에 대한 동작 평가를 하고자 한다.

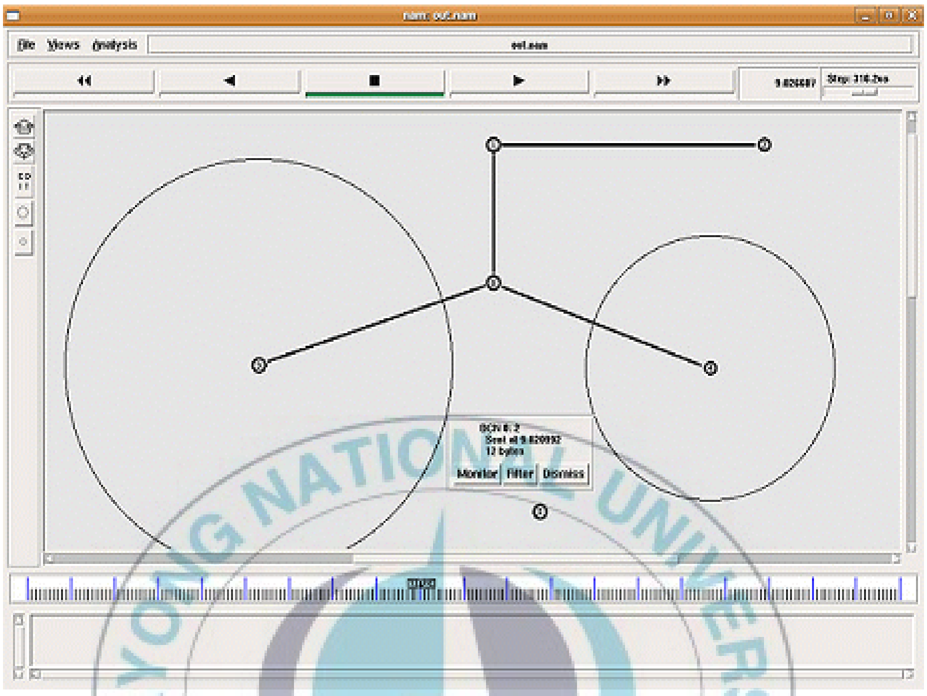
아래 [그림 4-2]는 Nam 을 사용 하여 노드들을 배치한 후 메시지 전송에 대한 동작 실행 모습을 캡처한 것이다.



[그림 4-2] 게이트웨이 1 노드 영역 내 존재하는 센서 노드 상황 캡처

위 [그림 4-2]는 시뮬레이션 시작 후 2.319444 초의 네트워크 상황이며, 3 번 노드인 게이트웨이 1(smgateway1) 노드가 5 번 노드인 이동 센서 노드로부터 무선 채널을 통해 수신한 CBR 패킷을 0 번 노드인 라우터 노드로 송신하고 있는 모습이다.

게이트웨이 1(smgateway1) 노드와 라우터 노드 간의 링크 상에서 이동 중인 해당 CBR 패킷을 클릭하여 나타나는 팝업 창으로, 해당 패킷은 2.318715 초에 송신되었고, 길이는 70byte 임을 알 수 있다.

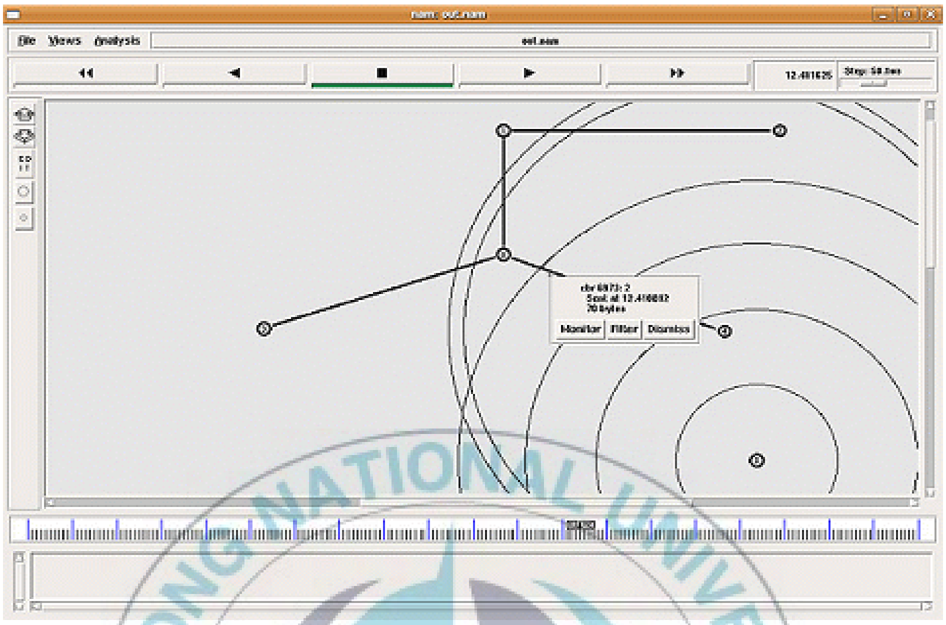


[그림 4-3] 게이트웨이 1 및 2 노드 영역을 모두 벗어난 때의 상황 캡처

위 [그림 4-3]은 센서 노드가 3 번 노드인 게이트웨이 1(smgateway1) 노드와 노드 번호 4 번의 게이트웨이 2(smgateway2) 노드의 PAN 영역에 둘 다 포함되지 않는 9.026607 초의 네트워크 상황을 캡처한 것이다.

[그림 4-3]의 팝업 창은 노드 번호 3 번 게이트웨이 1(smgateway1) 노드에서 송신한 beacon 프레임을 클릭한 화면이며, 팝업 창을 통해 해당 beacon 프레임이 9.020992 초에 송신되었고, 길이는 12 byte 임을 알 수 있다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

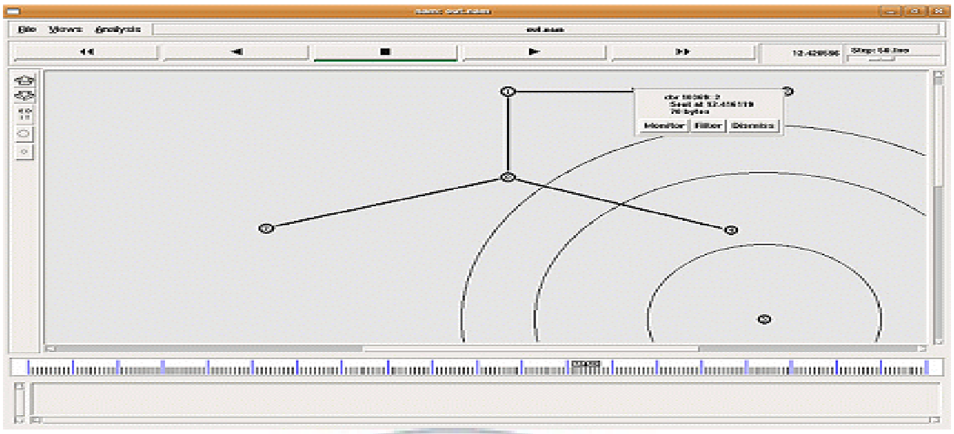


[그림 4-4] 게이트웨이 2 노드 영역으로 이동한 센서 노드가 중간 라우터 까지 패킷을 전송하는 상황 캡처

위 [그림 4-4]는 이동하는 센서 노드가 게이트웨이 2(smgateway2) 노드의 PAN 영역 내로 이동하여 beacon 프레임을 수신한 후 12.411675 초에 게이트웨이 2(smgateway2) 노드를 통해 라우터 노드로 CBR 패킷 전송을 하는 장면을 캡처한 것이다.

노드 번호 4 인 게이트웨이 2(smgateway2) 노드와 노드 번호 0 인 라우터 노드 간의 링크 상에 있는 해당 CBR 패킷을 클릭하여 나타나는 팝업 창으로, 해당 패킷은 12.410812 초에 송신되었고, 길이는 70byte 임을 알 수 있다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교



[그림 4-5] 이동한 센서 노드에서 발생된 CBR 패킷이 응용 서버까지 전송되는 상황 캡처

위 [그림 4-5]는 이동하는 센서 노드에서 발생한 CBR 패킷이 게이트웨이 2(smgateway2) 노드 및 중간에 위치한 라우터 노드를 거쳐, 12.420596 초에 이동성 지원 라우터(홈 에이전트) 노드에서 센서 네트워크 응용 서버 노드로 전송되는 상황을 캡처한 것이다.

노드 번호 1 인 이동성 지원 라우터(홈 에이전트) 노드와 노드 번호 2 인 센서 네트워크 응용 서버 노드 간의 링크 상에 있는 해당 CBR 패킷을 클릭하여 나타나는 팝업 창을 통해 해당 패킷이 12.410812 초에 송신되었고, 길이는 70byte 임을 알 수 있다.

센서 노드에서 19.5 초에 생성되는 마지막 CBR 패킷이 센서 네트워크 응용 서버로 전송될 때까지 위의 [그림 4-4] 및 [그림 4-5]와 같은 CBR 패킷 전송 과정이 수행되며, 최종적으로 시뮬레이션은 20 초에 종료된다.

Ⅵ. 결론

USN 서비스 구조에서 센서 네트워크는 크게 두 가지 형태인 즉, 개별 센서 노드로 구성된 센서 네트워크 및 WBAN 과 같이 네트워크 단위로 이동하는 센서 네트워크로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 먼저, 개별 센서 노드 단위의 센서 네트워크의 이동성 지원을 위해 IPv6 망 활용의 제한과 PMIPv6 및 6LoWPAN 등의 기술 적용 시 발생되는 실시간 센싱 데이터의 빠른 전송이나 센서의 생명주기의 에너지 효율성 측면 등의 문제점을 고려하여 현재의 인터넷 환경에서 간단하게 적용 가능한 이동성 모델인 LR-WPAN(Low Rate-WPAN, IEEE 802.15.4) 구현과 IPv4 에 기반한 간단한 형태의 노드 이동성 지원 라우팅 기술 제안 및 이들의 동작을 NS-2 환경에서의 시뮬레이션으로 구현하고 동작 평가를 수행하였다.

또한 네트워크 단위의 센서 네트워크 이동성 지원을 위해 기존의 MIPv6 메시지들에 대한 압축 방안과 6LoWPAN 포맷에 MIPv6 메시지를 적용하는 방법과 기존의 MIPv6 를 적용 및 응용하는 과정을 제시하였다.

본 연구를 통해 개발된 IP 기반의 센서 네트워크의 이동성 지원 기술은 지능형 이동 로봇에 장착된 센서의 자료 수집, u-Home 모니터링에서 이동 센서 활용 자료 수집, u-Health 모니터링에서 이동 센서 활용 자료 수집, 수중 이동 센서 자료 수집 등 다양한 USN 서비스 측면에서

간단하면서도 효율적으로 센서 네트워크 기반의 이동성 제공 기술로 응용 활용이 가능하다.

다른 한편으로 유비쿼터스 사회 실현을 위한 센서 네트워크 실시간 서비스 개발 및 구축관련 핵심 기술로 활용이 기대되고, 또한 해당분야 기술 표준 개발을 위한 센서 네트워크 이동성 지원 기술 분야 표준에도 활용이 가능하다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

참고문헌

[1] H. Karl and A.Willing, "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks," Chichester : John Wiley & Sons pp.7-13, 62-63, 328-329, 2005.

[2] C. Chong and S. Kumar, "Sensor networks : evolution, opportunities and challenges," Proceedings of The IEEE, Vol.91, No.8, pp.1247-1256, Aug. 2003.

[3] J. Kong, J. Cui, D. Wu and M. Gerla, "Building Underwater Ad-hoc Networks and Sensor Networks for Large Scale Real-time Aquatic Applications," IEEE MILCOM, pp. 1535-1541, Oct. 2005

[4] C. Intanagonwiwat et al., "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.11, pp.2-16, Feb. 2003.

[5] Yoshihiro KAWAHARA, Masateru MINAMI, Hiroyuki MORIKAWA, and Tomonori AOYAMA, Design and Implementation of a Sensor Network Node for Ubiquitous Computing Environment, In Proceedings of IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference(VTC2003-Fall), Orland, USA, October 2003

[6] Kyung Sup Kwak, "WBAN MAC Issues," available from http://edu.tta.kr.kr/upload/

[7] IEEE computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2003:Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification for Low Rate Wireless Personal Area Networks," October 2003.

[8] M.J Miller and N.H. Vaidya, "A MAC Protocol to Reduce Sensor Network Energy Consumption Using a Wakeup Radio," IEEE Trans. on Mobile Comput., Vol.4, No.3, 2005, pp.228-242.

[9] I. Demirkol, C. Ersoy, and F. Alagoz, "MAC Protocols for Wilreless Sensor Networks: A Survey," IEEE Trans. Comm., Vol.44, No.4, 2006, pp.115-121.

[10] Moushumi Sharmin, Shameem Ahmed, Ahamed, S.I., Haque, M.M., Khan, A.J., "Healthcare aide: towards a virtual assistant fordoctors using pervasive middleware", Pervasive Computing and Communcations Workshops, 2006. PerCom Workshops 2006. Fourth Annual IEEE International Conference on, pp.6-11, 2006. 3.

[11] 손미숙, “u-Health 서비스 지원을 위한 웨어러블 시스템,” ETRI, 전자통신동향분석, 제 21 권, 제 3 호, 2006. 9.

[12] E. Cayirci, H. Tezcan, Y. Dogan, V. Coskun, Wireless sensor networks for underwater surveillance systems, Ad Hoc Networks, in press; doi:10.1016/j.adhoc.2004.10.008.

[13] D. Pompili and T. Melodia, “Three-dimensional routing in underwater sensor networks,” Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Performance Evaluation of WASUN, pp. 214-221, October 2005.

[14] 박상훈, “u-Home 표준화와 서비스,” 한국정보통신기술협회, IT EXPERT INTERVIEW, pp 33-35,

[15] ICT 표준화 로드맵 VER. 2010, 종합보고서 : 지능형로봇

[16] D. Pompili and T. Melodia, “Three-dimensional routing in underwater sensor networks,” Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Performance Evaluation of WASUN, pp. 214-221, October 2005.

[17] E. Cayirci, H. Tezcan, Y. Dogan, V. Coskun, Wireless sensor networks for underwater surveillance systems, Ad Hoc Networks, in press; doi:10.1016/j.adhoc.2004.10.008.

[18] E. M. Royer and C.K. Toh, “A review of current routing protocol for Ad Hoc mobile wireless networks,” IEEE Personal Communications, pp. 46-55, Apr. 1999

[19] S. R. Gandham, M. Dawande, R. Prakash, and S. Venkatesan, "Energy Efficient Schemes for Wireless Sensor Networks with Multiple Mobile Base Stations," IEEE GLOBECOM, Vol.1, pp.377-381, Dec. 2003.

[20] Y. Mostofi, T. H. Chung, R. M. Murray, and J. W. Burdick, "Communication and Sensing Trade-offs in Decentralized Mobile Sensor Networks : a Cross-layer Design Approach," ACM/IEEE IPSN, April 2005.

[21] A. Singh, R. Nowak, and P. Ramanathan, "Active Learning for Adaptive Mobile Sensing Networks," ACM/IEEE IPSN, pp.60-68, April 2006.

[22] APNIC, “IPv4 주소보고서”, Dec. 2005

[23] http://www.ngix.ne.kr/jsp/intro/intro_02.jsp

[24] 한국인터넷진흥원 ISIS(인터넷통계정보시스템) http://isis.kisa.or.kr

[25] ITU-T Recommendation Q.1707/Y.2804, "Generic Framework of Mobility

Management for Next Generation Networks," Feb. 2008.

[26] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC 3344, Aug. 2002.

[27] IETF NETLMM WG, http://www.ietf.org/html.charters/netlmm-charter.html

[28] http://www.itu.int/ITU-T/

[29] http://www.3gpp.org/

[30] 신명기, “IPv6 Mobility 기술 발전 방향”, u-인프라 통합 컨퍼런스 2007 발표자료집, 2007.

[31] 김성운, 신봉기, 조찬효, 천현수, 박선영, “센서 노드 이동성 지원 기술 연구”, 한국전자통신연구원 2009년 위탁과제 최종 연구 보고서

[32] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF draft-ietf-mext-rfc3775bis-06.txt, July. 2010.

[33] H. Soliman, C. Castelluccia, K. ElMalki, L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management", IETF RFC 5380, Oct. 2008.

[34] R. Koodli, Ed., "Fast handovers for Mobile IPv6", IETF RFC 5268, Jun. 2008.

[35] S. Gundavelli, Ed., K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, "Proxy Mobile IPv6", IETF RFC 5213, Aug. 2008.

[36] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol", IETF RFC 3963, Jan. 2005.

[37] 김성운, 천현수, 박선영, “IP 기반 센서 네트워크 이동성 지원 라우팅

프로토타입 개발”, 한국전자통신연구원 2010년 위탁과제 최종 연구 보고서. Oct. 2010

[38] 박선영, 천현수, 최영환, 김형준, 김성운, “센서네트워크 노드 이동성에 관한 연구”, 2010년 한국통신학회 추계학술대회, Nov. 2010.

[39] 천현수, 김성운, 김형준, 김은숙, 최영환, “IPv6 기반 센서 네트워크 이동성 지원 기술 연구”, 2009년 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회, Nov. 2009.

[40] 천현수, 김성운, 김형준, 김은숙, “IPv6 기반 센서 네트워크 이동성 지원 기술 연구”, 통신소사이어티 2009년 추계학술대회, Nov. 2009.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

감사의 글

학부생 시절 갖춰 놓은 것 없이 많이 부족했던 저를 받아주셔서 4년 동안 항상 아껴주시고 사랑으로 지도해 주신 김성운 교수님께 진심으로 감사 드리며 앞으로 사회에 나가서도 항상 마음속 깊이 그 뜻을 간직하겠습니다. 또한 많이 부족한 본 논문의 심사를 맡아 세심한 관심과 조언을 아끼지 않으신 박규칠 교수님, 주문갑 교수님께도 깊이 감사 드립니다. 아울러 고민이나 어려운 점이 있으면 언제든 들어주시고 항상 형같이 대해주셨던 류지열 교수님의 은혜도 꼭 잊지 않도록 하겠습니다.

연구실에 처음 들어와 규칙적이고 어긋나지 않도록 잘 적응할 수 있게 도와주셨던 춘재, 종근, 현훈, 진호, 상보, 찬효 선배, 승미, 수원이 형 등 졸업한 선배들과 학부 및 석사 과정 동안 늘 함께했던 소연이, 은지, 진구, 명덕, 민재, 윤석, 기현, 선영, 석정 등 프로토콜공학 연구실원들, 그리고 좋은 충고 및 조언을 해주셨던 최대우 교수님, 대학원 생활을 함께 했던 태진, 부건, 태형, 동욱, 재연, 상우, 정우, 정대 형에게도 감사의 말을 전합니다.

그리고 언제나 곁에서 힘이 되고 든든한 버팀목이 되어주며 기쁨과 아픔을 함께 했었던 나의 친구들 동주, 국진, 중백, 유종, 성준, 순태 그리고 운동장에서 언제나 같이 땀 흘리고 웃으며 함께 했던 친동생 같은 사랑하는 전자정보통신공학과 축구동아리 F.C ARES 후배들. 너희들이랑 함께 했던 뜻 깊고 소중한 시간들 덕분에 자신감 있는 모습으로 해맑게 웃으며 즐겁게 생활할 수 있어 진심의 고마움의 마음을 전합니다.

끝으로 항상 저를 믿어주시고 아껴 주셨던 사랑하는 외할아버지, 외할머니, 아버지와 어머니, 동생 동기 그 외 항상 저를 응원해주신 친척분들에게 늘 죄송하고 감사한 마음을 글로 대신 전합니다.

2011년 1월

천현수 올림