

주 제

u-City 구현을 위한 핵심 기술 연구

경원대학교 전호인, 레이텍 정성훈, 김용배, 김범주, 백준선

차례

- I. 서론
- II. 유비쿼터스 네트워크 및 U-City의 기본 개념
- III. IT-839 전략으로서의 BcN
- IV. USN 기술
- V. Ad Hoc Network 기술
- VI. 유비쿼터스 네트워크의 핵심 기술 : 상황 인지 기술 (Context-Awareness)
- VII. USN 기기의 Mesh Network 구현을 위한 비컨 스케줄링 기법 연구
- VIII. 결론

I. 서론

최근 한국은 물론 미국, 일본, 중국 등 세계적으로 각광을 받고 있는 유비쿼터스 시티 (U-City)는 추진하는 국가나 사업주체, 그리고 단체에 따라서 다양한 형태의 해석을 통하여 나름대로의 U-City를 구축하고 있으므로 이에 대한 개념 정립은 매우 중요한 일이다. 이 개념의 정립이 없이는 U-City에 분량을 받아 여기에서 생활을 하기를 원하는 사용자의 입장에서 보면 적어도 기존의 도시와는 차별성을 제공해 주어야 하는 상황이기 때문이다. 사실 기존의 신도시와 U-City를 구별하기 어려운 이유는 아직 유비쿼터스 기술의 성숙도가 이루어지지 않은 상황에서 새로 구축하려는 U-City는 유비쿼터스 네트워크 서비스를

지원한다고 광고하기에는 그 당위성에 대해 공격을 받을 가능성이 항상 남아 있기 때문이다. 이와 같은 상황에서 2005년 5월에 창립한 U-City 포럼은 그 해답을 제공하기 위해 많은 활동을 준비하고 있다. 그러나 아직 이에 대한 구체적인 결론을 내리지 못한 상황에서 한국의 U-City 추진협의회에서 정의한 '한국형 21세기 정보통신 융합도시로 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보서비스를 도시공간에 융합하여 도시 생활 편의 증대와 삶의 질 향상, 체계적인 도시 관리에 의한 안전과 주민 복지, 신 산업 창출 등의 도시 제반기능을 혁신 시킬 수 있는 21C 도시 개념'이라는 정의를 인정할 수밖에 없는 상황이다.

그렇다 하더라도 이미 우리는 많은 유비쿼터스 서비스 시나리오 대한 예제가 많이 회자되고 있는 상황

에서 단순히 대용량의 백본망을 구비한 도시를 U-City라고 불러 주기에는 매우 석연치 않은 아쉬움이 남는다. 왜냐하면 현재 IEEE 802.11이나 IEEE 802.15, 그리고 IEEE 802.16 등의 Working Group에서 제정하고 있는 표준화된 기술을 이해하고 이 기술들이 현재 제공해 줄 수 있는 구현 방식과 앞으로 어떻게 발전해 나갈 것인지에 대한 방향을 파악하기만 하더라도 이에 대한 해답은 스스로 자명해질 수 있기 때문이다.

다양하게 많은 사람들이 나름대로의 좋은 시나리오 모델을 제안하였지만 HP의 Cool Town 시나리오가 가장 많은 사람들이 인정하는 시나리오로 보인다. 특히 이 시나리오에 등장하는 Telematics 서비스나 무선 네트워크 기술을 이용하여 Walters 부인의 생명을 구하는 건강 손목 시계, 그리고 고양이를 구하기 위해 OHD (OverHead Display)를 쓰고 고양이의 위치를 인식하면서 화재가 난 집에 들어가 정확하게 찾아내는 소방대원의 활약 시나리오는 저속 UWB 기술을 이용한 통신 시스템 및 Location과 Ranging 기술을 활용한 것으로 현재 구현 가능하기 때문이다.

U-City의 구축에 가장 어려운 부분은 비록 현재의 유비쿼터스 네트워킹 기술을 적용하여 다양한 유비쿼터스 서비스를 지원한다고 하더라도 실제 U-City의 완공 시기는 대부분 5년 이후이며 이 기간 동안 유비쿼터스 네트워킹 기술이 진화할 때 이 기술과의 호환성 지원(Backward and Forward Compatibility)이 가장 큰 문제이다. 조금 더 구체적으로 얘기하면, 현재 논의되고 있는 많은 유비쿼터스 서비스 시나리오는 RFID 기술을 활용한 내용이 대부분이며 이 RFID 기술은 Smart 카드나 대형 마켓의 Inventory Control 용, 그리고 가축 관리와 항만의 컨테이너 관리 등에 주로 적용되며 HP의 Cool Town과 같은 보다 구체적인 인간 중심의 서비스를 구현하는 데에는

이 기술의 적용에는 한계가 있다. 즉 전체 U-City를 구현하는 데에는 또 다른 무선 네트워킹 기술이 필요하게 된다.

또 다른 부분은 U-City를 구축하는 데에 가장 많은 서비스 시나리오는 아마도 강의 수질이나 공기의 청정도 유지와 같은 환경 관리를 위해 센서 네트워크를 구축하는 일일 것이다. 이 경우, 강을 따라 센서가 무선으로 연결되어 있을 경우 각각의 센서 네트워크에 전력을 제공해 주는 일은 매우 어려운 일이며 따라서 배터리를 이용하여야 하지만 이를 위해서는 결국 저전력을 소모하는 변조 방식과 Deep Sleep 모드로 동작하여 전력을 절약할 수 있는 방안을 찾아야 하는데 이를 위해서는 Multi-Hop 무선 네트워크의 기술 개발이 필수적이지만 아직 IEEE 802에서도 이 방식에 대한 표준은 완성되지 않았으며 앞으로 얼마나 더 시간이 필요할지 짐작하기에는 어려움이 많이 있다. 그럼에도 불구하고 U-City라는 이름의 도시를 건설한다고 하면서 U-City라고 불리어지지 않는 기존의 도시와 다를 것이 없이 신도시를 구축할 수도 없는 일이므로 많은 지자체와 해당 기관들은 이에 대한 대응 논리를 만드느라 어려움을 겪고 있는 것 또한 사실이다. 그리고 하나의 U-City에서 다양한 기술을 이용하여 여러 가지의 서비스를 구현하면 그 U-City 안에서의 서비스 사이의 상호 운용성은 지원되지 않을 뿐만 아니라 다른 U-City를 넘나들 때 발생할 서비스 사이의 상호 운용성 문제는 매우 많은 문제를 야기시킬 수 있는 상황이다. 이 문제의 해결은 각 지자체가 스스로의 기술을 통한 서비스의 개발을 지양하고 U-City Forum의 표준화 작업에 참여하여 함께 문제를 해결해 나가야 할 것이다.

본 고에서는 이와 같은 U-City를 구현하는 데에 핵심적으로 필요한 BcN 기술과 무선 네트워킹 기술의 개요 및 표준화 동향에 대해 알아 보고, 이 기술들을 적용하여 U-City를 구현할 때 반드시 고려하여야 할

핵심 이슈들에 대해 논하였다. 이 기술들에는 유비쿼터스 네트워크의 핵심인 Context-Awareness 기술과 Ad Hoc 네트워크 기술, 그리고, USN을 구현하는 데에 가장 좋은 아키텍처를 지원하는 것으로 인정받고 있는 IEEE 802.15.4, 4a, 그리고 ZigBee 기술의 문제점 및 이의 해결 방안에 대해 논하였다. RFID 기술은 U-City 구현 기술에 매우 중요한 역할을 하는 핵심 기술이지만 많은 수의 참고 자료와 본 특집에도 함께 실리므로 이에 대한 설명은 생략하였다.

II. 유비쿼터스 네트워크 및 U-City의 기본 개념

유비쿼터스 컴퓨팅의 창시자로 인정받는 마크 와이저의 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 정의는 “어디에서든지 컴퓨터에 액세스가 가능한 세계 (Computing access will be everywhere.)” 이었다. 본인의 의도에는 상관없이, 이 정의 속에는 네트워크 상에 있는 서버에 접속하여 원하는 서비스를 받기를 원하는 컴퓨터 사용자의 관점을 강조한 것으로 받아들여진다.

유비쿼터스 네트워크에 대한 마크 와이저의 접근은 일본의 사카무라 켄 교수의 접근과는 관점이 다소 다름을 알 수 있다. 1984년에 시작된 일본의 TRON 프로젝트는 근본적으로 “모든 물건에 컴퓨터를” 이식하여 사물과 사람의 위치와 공간 정보, 그리고 속성 정보를 파악하게 함으로써 인간의 생활에 협조적인 기능을 제공하는 Sensor Network이 그 시발점이라는 관점이 차이가 있다는 것이다. 사카무라 켄 교수의 접근 방식이 Bottom-Up 방식을 지향한 반면 마크 와이저의 유비쿼터스 네트워크는 Top-Down 방식에 해당한다고 할 수 있다.

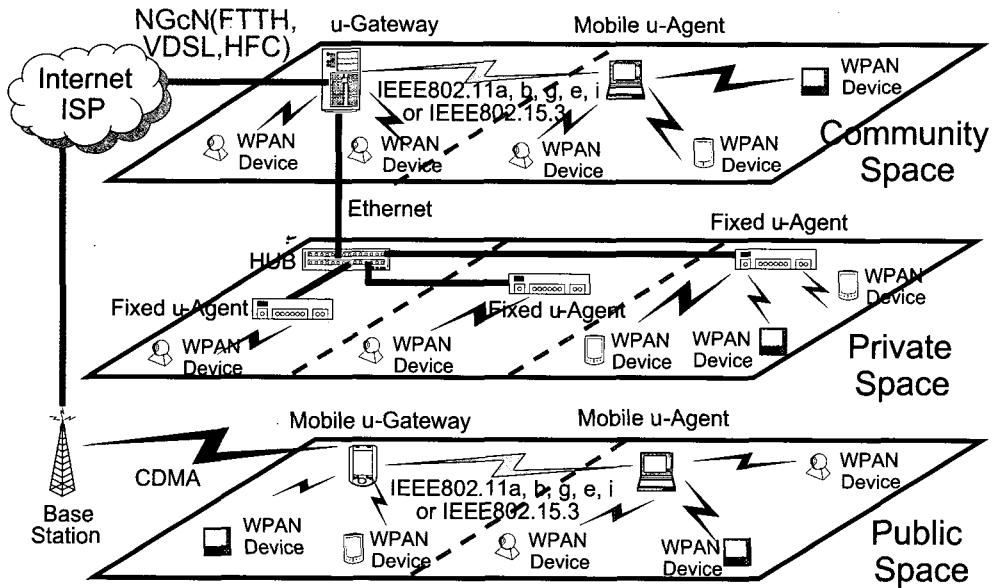
두 사람의 접근에 어떠한 차이점이 존재하는 지금의 유비쿼터스 네트워크는 이러한 기능 모두를 수용

하여 대규모 협조 분산 시스템에 의해 세상의 모든 기기를 하나의 네트워크로 연결함으로써, 언제, 어디서나, 그리고 누구든, 이동 중에도 끊임없이 네트워크에 연결되어 대용량의 통신망을 사용할 수 있고 낮은 요금으로 통신할 수 있는 환경을 제공할 수 있어야 한다.

유비쿼터스 네트워킹 환경은 사람 주변의 모든 기기가 하나의 네트워크로 연결되어 끊임없이 정보를 주고받으며 통신을 가능하게 해 주는 전자공간과 실제 공간의 융합이다. (그림 5-1)은 이와 같은 유비쿼터스 네트워킹이 구현된 세 가지의 공간을 다른 관점에서 도식한 것으로, 개념상 개인적인 공간(Private Space), 지역 공간 (Community Space), 그리고 공중 공간 (Public Space)으로 나누었다. 이 세 개의 공간은 개념적인 의미의 부연이지만 각각의 공간은 병원의 경우 세 개의 층을 의미할 수도 있고 고층 아파트의 경우 3개 층의 서로 다른 주택일 수도 있으며 제일 아래에 보이는 Public Space는 일반적으로 사람들이 걸어 다니는 길거리로 간주하여도 무방하다. 그 이유는 CDMA 기술을 이용하여 항상 네트워크에 연결되어 있기 때문이다.

(그림 1)에 보인 바와 같이, 가장 위층에 보이는 u-Gateway는 BcN (Broadband Convergence Network) 개념을 지원하는 FTTH (Fiber To The Home)와 VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line), 그리고 HFC (Hybrid Fiber Coaxial)와 같은 브로드밴드 네트워킹 기술을 통해 인터넷 세상과의 연결을 가능하게 해 준다.

u-Gateway는 또한 이더넷 인터페이스를 보유하고 있어서 다른 층 (그림의 아래층)과의 연결을 가능하게 해 주며 자체의 센서 네트워킹 기능이 있어서 10m 내에 존재하는 WPAN 기기와의 통신이 가능하고 이 센서들로부터 Health Care에 필요한 개인의 건강 정보들을 수집할 수 있다. 이 거리를 벗어나는



(그림 1) 유비쿼터스 네트워킹 환경을 구현한 세 가지 공간

센서들은 WLAN이나 IEEE 802.15.3와 같은 무선 백본 네트워크를 이용하여 Mobile Agent와 연결되면 매우 편리하게 다른 위치에 존재하는 센서들로부터 정보를 수집할 수 있지만 이더넷을 이용하여 Fixed Agent를 통해 다른 스페이스에 있는 센서들로부터 정보를 수집할 수도 있다.

u-Gateway와의 연결이 허용되지 않는 극한 상황이나 가정을 벗어난 곳이라면 제일 아래층에 보인 바와 같이, 다소 가격은 비싸더라도 CDMA 기술을 이용하는 휴대폰을 Mobile u-Gateway로 사용해야 할 것이다. 이 경우 휴대폰은 CDMA 기술은 물론 무선으로 Mobile Agent와 연결되기 위해 WLAN 혹은 IEEE 802.15.3이 필요하며, 센서와의 통신을 위한 Zig-Bee와 같은 센서 네트워크가 필요하다.

가정으로 생각하면 좋을 Private Space에서 U-City로 나왔을 경우가 곧 Public Space이며 이와 같은 서비스 사이의 상호 운용성 문제를 위해 다양한 기술을 사용하여 구축할 수 있는 U-City라도 표준화

의 중요성이 여기에 있는 것이다.

유비쿼터스 네트워킹을 이루기 위해 가장 중요한 요소는 기반 기술의 확립과 개발 체제의 확립, 그리고 운용체제의 확립 및 범세계적인 표준화일 것이다. 기반 기술에는 초소형 칩 제조 기술과 범용 위치 측정 기술이 이에 속하며 실시간 지원성과 보안 기능의 지원, 그리고 저가로 제품의 구현이 가능해야 한다. 그리고 개발 체제의 확립을 통하여 가능한 빨리 제품을 만들고 바로 사용할 수 있는 즉시성을 제공할 수 있어야 한다.

III. IT-839 전략 기반으로서의 BcN

2004년부터 정부는 IT산업을 '인프라-부품(기기)-IT신성장동력 분야'를 하나로 엮는 IT-839 전략을 수립하고 이와 관련된 기술개발을 추진 중에 있다. 또한 2.3 GHz 휴대인터넷, 위성/지상파 DMB (이동

멀티미디어 방송) 서비스, 홈네트워크 서비스, 텔레매틱스, 전자태그(RFID), 통신용 광대역 CDMA(W-CDMA) 서비스, 지상파 디지털 TV, 인터넷 전화 등의 8대 IT 서비스를 도입 중에 있고, 이동통신 분야, 텔레매틱스 분야, 차세대 PC 분야, 디지털 홈 분야, 지능형 로봇 분야, IT SoC 분야, 임베디드 S/W 분야, 디지털 방송 분야, 디지털 콘텐츠 분야 등 IT분야의 근간이 될 수 있는 9대 부품(기기) 분야를 선정하여 9대 IT 신성장 동력 사업으로 추진 중에 있다. 한편으로는 이러한 부품 및 기기를 바탕으로 한 9대 신성장 동력 사업과 8대 서비스 분야를 엮어줄 수 있는 인프라로서 IPv6, RFID/유비쿼터스 센서 네트워크, BcN 사업이 제시되었다.

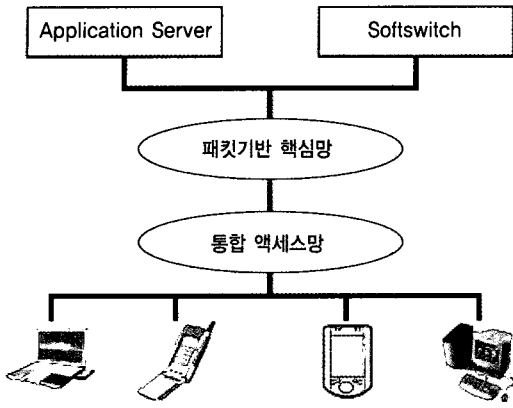
기반 기술로서의 BcN은 현재보다 50배 빠른 네트워크로 구성되는데, QoS 보장이 가능한 IPv6기반 네트워크이다. 이러한 네트워크는 통신·방송·인터넷이 융합된 품질보장형 광대역 멀티미디어 서비스를 아무런 제한 없이 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 더욱이 Open API를 갖도록 예정된 BcN은 미래의 다양한 디지털 콘텐츠를 무난하게 수용할 능력을 갖추게 된다.

사용자의 편의를 위한 이동통신, 텔레매틱스, 차세대 PC, 디지털 방송 등은 BcN이 제공하는 음성/데이터 통합, 유·무선 통합, 통신·방송 융합 서비스 제공환경 위에서 이루어질 것으로 예정되어 있으며, RFID 전자태그를 기반으로 한 USN, 디지털 홈네트워크 등은 BcN에 접속되어 미래의 가입자 BcN 정보통신망 환경을 실현하게 될 것이다. 즉, 미래 IT 기술과 서비스는 BcN이 제공하는 품질보장 광대역 멀티미디어 네트워크 위에서 구현되고 개별적인 서비스의 모습을 실현하게 될 것이며, 이러한 구도를 통해서 국민 개개인에게 유비쿼터스 정보통신 환경을 제공하여 최대의 편의를 보장하고 동시에 이를 통한 국가 기술 경쟁력은 국민소득 2만 달러 시대를 넘어서

우리나라의 미래 산업기반 잠재력을 제공하게 될 것이다.

2010년의 BcN 완성 시점에 도달하기 전에, 9대 신성장 동력 사업과 8대 서비스 산업 등에서 생성되는 결과물은 단계별로 BcN에 도입되어 BcN 시범사업과 BcN 연구 개발망 사업 등에서 그 역할을 검증할 수 있으며, 여기서 검증된 기술/제품들은 실제로 BcN으로 수용되거나 접속되어 그 역할을 본격적으로 수행하게 될 예정이다. 따라서 BcN은 9대 신성장 동력 사업과 8대 서비스 산업에서의 R&D 허브 역할을 차지하고 있으며, IT839 전략의 성공적인 결과 도출과 방송·통신·인터넷 융합 서비스가 대국민 보편적 서비스로 제공되도록 하는 핵심 인프라로서의 역할을 담당하게 된다.

BcN은 2010년 완성을 목표로 표준모델에서 제시하는 단계별 진화 전략에 따라 크게 3 단계에 걸쳐 발전될 것으로 전망된다. 1단계에서는 유·무선 사업자별로 각각의 네트워크들이 IP 통합망으로 진화한다. 유선의 경우 회선 기반 음성 네트워크를 점차 IP 기반 네트워크로 전환하고, 이동통신 네트워크도 3G를 진화시켜 데이터망과 분리 구축된 셀룰러 전화망을 All-IP 개념에 의해 단일 IP 네트워크로 전환될 것이다. 2단계에서는 개별적인 IP 망들이 유·무선 통합 네트워크로 전환되고, 유·무선 통합은 물론 통신과 방송의 초기 통합 현상도 진전을 보여, 휴대인터넷 등 광대역 무선 접속 서비스가 실현된다. 3단계에서는 모든 통신 및 방송 네트워크들이 IP 기반 단일 통합망으로 완성되어 유·무선 및 통신·방송 융합이 완성되는 단계로 End-to-End QoS 및 보안의 보장, 최대 100Mbps를 지원하는 고도화된 광대역 통신·방송·인터넷 통합망이 완성되어 서비스를 제공하게 되고 유비쿼터스 센서 네트워크가 본격 구축될 것으로 전망된다.



(그림 2) BcN 기본구성도

BcN의 기본 구성은 (그림 2)와 같이 나타낼 수 있으며, 그림에서 아래 부분의 여러 기술들을 제외하고 두 번째 층부터 위로 액세스 계층, 패킷 전송 계층 그리고 서비스 계층 등 3개의 독립적인 계층으로 나눌 수 있다. 이러한 구성은 차세대 통신망의 사업자가 복수의 장비 공급업체로부터 통신망 장비를 구매하여 각각의 구성 요소를 최적화하여 결합시킨다. 이때, 각 계층의 구성 요소는 타 계층의 구성 요소에 영향을 주지 않은 상태로 보완하거나 확장할 수 있도록 해야 한다.

액세스 계층은 각종 통신 단말기 (예를 들면 전화기, 통합접속장치, CATV 네트워크 단말기)를 각종 전송매체 (광, 동선, xDSL, 동축케이블)를 통해 BcN에 접속할 수 있도록 해 주는 계층이다. 액세스 게이트웨이는 서비스 계층의 호 제어를 받으며, IP 데이터 스트림으로 변환하는 기능을 제공한다.

패킷 전송 계층에서의 차세대 통신망 트래픽은 Edge 라우터, Core 라우터, 전송링크로 이루어진 IP 네트워크를 이용하여 전송 계층을 통해 흐르게 된다. 이 부분에서 중요하게 다루어야 할 기술로는 MPLS를 들 수 있다.

서비스 계층은 다음과 같다. 기존의 통신망 환경이

망 보유사업자 주도로 이루어졌다면 BcN 환경에서의 서비스 계층은 응용서버/미디어 서버와 같은 각종 특수기능 서버군을 통해 제 3자 역시 서비스 개발에 참여할 수 있게 되는 계층간 개방형, 표준형 서비스 인터페이스가 구현될 수 있다는 장점이 있다. 다시 말해 개방형 API (Open Application Programming Interface) 구축이 가능하다는 의미이다. 이 계층의 최하위에 위치하는 콜 서버는 단말기, 게이트웨이와의 시그널링으로써 상호 연결된 회선 교환망의 SS7 신호망 인터페이스를 통해 세션 제어를 수행한다. 한편, 중앙 서비스 서버는 서비스 제공, 가입자 관리, 세부 콜 레코드 작성 등의 기능을 제공하며, 또한 통신망 운영자나 협력업체들이 응용 서비스 소프트웨어를 개발할 수 있도록 API를 제공한다. 여기서 콜 서버와 중앙서비스 서버를 함께 소프트웨어 스위치라고 부른다.

IV. USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술

무선 센서 네트워크는 최근 대두되고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 연구에 힘입어, 광범위하게 설치되어 있는 유·무선 네트워크 인프라에 상황인지를 위한 다양한 센서 디바이스를 결합하여 감지된 환경데이터를 응용서비스 서버와 연동하는 기술이다. 온도 센서와 같은 표준 센서와 다른 점은 바로 지능형 클러스터에서의 상호 연결성과 집단적으로 데이터를 수집·처리하는 능력이다. 단일한 센서에 의한 감시는 하드웨어의 수준에 따라 감시 영역이나 정확도에서 매우 제약을 받는다. 그러나 개별 노드에서 수집되는 정보를 병합한다면 실세계의 상황을 보다 정확하고 신뢰성 있게 관찰할 수 있다. 전통적인 센서 시스템

은 대형의 고가 매크로 센서를 사용하여 유선으로 사용자에게 직접 연결되고 데이터를 수집하는 장소에 정확히 위치해야 한다. 이러한 시스템에 비해 저가의 소형 시스템은 가격을 절감할 수 있고 단일 임무를 여러 노드에서 나누어서 수행하기 때문에 다각도에서 세밀하게 관찰된 데이터를 수집할 수 있다.

무선 센서 네트워크가 적용될 수 있는 분야는 재난 방제, 환경감시, 지능형 물류관리, 실시간 시큐리티, 모바일 헬스케어, 홈 시큐리티, 기계 고장진단 등의 실세계의 다양한 현상을 감지하는 것이다. 그러나 이외에도 원격 감시가 필요한 많은 응용 분야에 적용될 수 있다.

무선 센서 네트워크는 대규모 숫자의 노드가 광범위한 지역에 감시임무를 위해 배포되고 센서를 통해 감지된 데이터는 네트워크 내부에서 데이터 처리를 통해 보다 상위의 이벤트로 변화된 후 원격의 관리자에서 전달된다. 이때 저속, 저전력의 멀티 홉(Multi-Hop) 무선 네트워크를 통해 데이터가 전송된다. 이 같은 센서 네트워크가 다양한 응용분야에 실제 적용되기 위해서는 해결해야 할 새로운 문제들이 우리 앞에 놓여있다. 이를 정리해 보면 다음과 같은 기술적 요구사항을 도출할 수 있다.

- 네트워크의 손쉬운 배치를 위한 자기구성(Self-Configurable) 능력을 지녀야 한다.
- 시스템 생존시간을 확장할 수 있도록 에너지 효율적이며 장애에 대처할 수 있어야 한다.
- 애플리케이션 별 요구되는 데이터 품질을 인지하여 이를 만족해야 한다.

한편, 우리나라는 최근 몇 년간 IT 산업이 눈부시게 발전하여 국가를 이끌어가는 중추 산업으로 자리 잡아 세계 최고 수준의 네트워크 인프라를 갖추고 많은 연구 인력을 배출하고 있다. 정부는 계속된 발전과 세계 시장을 선도하기 위해 지능화된 네트워크를

구상하고, 그 기반 기술로 차세대 네트워크인 유비쿼터스 센서 네트워크를 IPv6와 BcN과 함께 IT 839 의 3대 인프라 기술 중 하나로 선정하였다. 이번 장에서는 USN의 구조를 살펴보고, 이에 관련된 국내외 표준화 동향, 그리고 센서 네트워크의 최근 기술 발전 동향 및 BcN에 적합한 센서 네트워크 기술에 대해 살펴보겠다.

4-1 USN 구조

USN은 여러 개의 센서 네트워크 필드가 게이트웨이를 통해 외부 네트워크에 연결되는 구조를 갖는다. 센서 노드들은 가까운 싱크 노드로 데이터를 전송하고 센서 노드로 집적된 데이터는 게이트웨이로 전송된다. 게이트웨이에서 관리자에게 전달되는 데이터는 위성통신, 유·무선 인터넷 등을 통해 전송될 수 있으며, 이런 Access Network는 기존의 인프라를 이용한다.

Access Network는 IPv6 기반의 BcN으로 인터넷 통합망을 가정하며 이는 곧 모든 센서 노드에 IPv6가 적용될 것을 뜻한다. 또한 센서 네트워크의 애플리케이션을 위해 미들웨어로써 서비스 플랫폼이 제공되어 사용자는 이를 통해 차세대 네트워크인 지능형 센서 네트워크를 자유롭게 이용하게 된다. USN이 완성되기 위해 우선 주목해야 하는 부분은 센서 네트워크 필드 부분이다. 싱크 노드에서 게이트웨이를 거쳐 Access Network 이상의 분야는 USN의 통합적인 발전을 위한 기술로써 정책적으로 발전되며, 센서 네트워크 필드 분야는 연구진의 기술 개발로 발전된다.

센서 네트워크는 네트워크를 구성하는 일정 지역에 크기가 작은 노드들이 수 백 개에서 수 천 개까지 설치하여 통신하는 구조를 갖는다. 또한 노드들이 주고받는 데이터는 그 크기도 작고 데이터의 발생 빈도 또한 매우 낮아 통신하는 양은 많지 않을 것으로 가

정한다.

4-2 USN 표준화 동향

국내에 센서 네트워크의 표준은 아직 발표되지 않았으며, 관련이 깊은 블루투스(Bluetooth)나 무선 랜 등의 표준은 존재한다. TTA에서 RFID/USN의 표준화를 진행하기 위해 2004년 초 USN 표준화 포럼을 설치하고 기술분과, 응용분과, 네트워크 분과, 응용분과의 네가지 분과로 나누어 표준화를 시작하였다.

USN 표준화 포럼의 기술분과는 시스템 기술, 미들웨어, 시험인증, USN 미래기술의 4개의 WG로 구성된다. RFID 시스템 표준 개발 WG는 900MHz 수동형 리더/태그 표준 기술 개발, 433MHz 능동형 리더/태그 표준 기술 개발을 추진하고, 미들웨어 표준 개발 WG는 능동형 비즈니스 프로세스 자동화 표준 기술 개발과 전자태그 객체 정보 표현 언어 표준화 기술 개발을 한다. 시험 인증 표준 개발 WG에서는 900MHz 수동형/433MHz 능동형 RFID 시스템 시험 기술 개발을 하며, 미래기술 표준화 WG는 센서 인터페이스 표준 기술의 표준화를 추진하고 있다.

IEEE 802.15.4 LR-WPAN은 PHY와 MAC의 표준이 이미 발표되었고, 이의 네트워크 계층 이상을 지원하는 Zigbee 프로토콜은 현재 버전 1.0까지 나와 있으며 지속적으로 표준화를 해 나가고 있는 상황이다. 또한 이와 관련한 제품들이 현재 나오고 있는 실정이다. 센서 네트워크를 위한 표준은 아니지만 발표된 표준화 분야 중에 가장 근접한 기술이며, 초기 센서 네트워크로서 IEEE 802.15.4를 도입하는 경우도 이미 나타나고 있다.

해외에서는 이미 센서 네트워크의 표준화 그룹이 존재한다. 1993년 National Institute of Standards and Technology(NIST)와 IEEE가 공동으로 시작하여 발표된 IEEE 1451은 센서 네트워크를

위한 새로운 표준화 그룹으로 첫 번째 표준은 1997년 IEEE 1451.2로 발표되었다. IEEE 1451.2에는 하드웨어적인 데이터 시트와 여기에 액세스하기 위한 디지털 인터페이스, 센서의 동작 등을 표준화하였다.

ISO/IEC JTC1/SC31의 AIDC(Automatic Identification and Data Capture) 표준화 조직 내에 WG4(Work-Group)이 구성되어 RFID/USN과 관련된 내용으로 표준화 작업이 진행 중이다. WG4는 4개의 SG(Sub-Group)으로 구성되어 있고, 각 SG가 하는 역할은 Data Semantic, Tag Identification, Air Interface, Application의 4개 분야로 분류되어, 각 분야의 필수 기술들을 표준화하고 있다.

4-3 USN 기술

USN 기술로는 블루투스, RFID(Radio Frequency Identification), IEEE 802.15.4, IEEE 802.15.4a Low Rate UWB 정도를 사용할 수 있다. Bluetooth는 저속으로 통신하는 첫 표준으로 알려져 있다. 그러나 이것은 아직까지도 시장에서 성공을 이루어 내지 못하고 있다. 한가지 이유로 WiFi의 폭발적인 성공을 들 수 있을 것이다.

WiFi의 가파른 비용 절감은 Bluetooth로 응용된 몇가지 솔루션이 계획했던 가격 장점을 앞지르고 있다. Bluetooth가 더 많은 응용과 QoS를 제공하기 위해 노력하는 것은 간단함을 목적으로 하는 것에서 벗어난다는 것도 하나의 요인이다. 이러한 Bluetooth의 복잡성은 단순한 응용기기가 요구하는 저가, 저전력에 대해 비싸고 적절하지 못한 상황을 불러 일으키게 되었다.

Bluetooth는 또한 토폴로지의 유연함이 부족하다. 스타 토폴로지나 Bluetooth가 Peer-to-Peer 네트워크를 지원하기 위해 사용한 Piconet, Scatternet이라는 개념이 있지만, 장치 간에 붙을 수 있는 개수의 제

한이 있다.

RFID는 최근 주목받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 주요 개념인 고요한 상거래(Silent Commerce)를 가능하게 하는 핵심 기술이다. 스마트태그, 또는 전자태그로도 불리는 RFID는 현재 광범위하게 활용되고 있는 바코드의 뒤를 이을 차세대 기술이다. 무선 주파수를 발산하는 작은 반도체칩에 제품의 생산/유통/가격 등 각종 정보를 저장하고 이를 무선 리더기를 통해 읽어 들이는 방식이 적용된 RFID는 바코드에 비해 많은 양의 정보를 저장할 수 있으며 인식거리 또한 1.5~27m로 매우 길고 금속을 제외한 장애물의 투과도 가능하다. 하지만 RFID 태그 가격이 타 인식매체에 비해 고가여서 빠른 실용화를 위해서는 가격 인하가 동반되어야 하며, 무선자원을 이용한다는 점에서 물류의 경우 세계적으로 동일한 주파수를 이용해야 하는 문제가 발생한다. 또한 장치의 형태가 능동형이 아닌 수동형이기 때문에 스스로 데이터를 발생해야 하는 경우에는 사용이 불가한 문제점을 안고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 더욱 낮은 가격과 고성능의 장치를 끊임없이 찾은 결과 짧은 거리에서의 Wireless Personal Area Network(WPAN)을 제안하게 되었고 이 기술이 앞서에도 나왔던 LR-WPAN IEEE 802.15.4 기술이다. 이 기술에 대한 설명을 다음 절에서 간략하게 다루도록 하겠다.

4-4 IEEE 802.15.4 LR-WPAN/Zigbee Protocol 기술

유비쿼터스 센서 네트워크의 구현에 가장 많은 관심을 모으고 있는 무선 네트워크 프로토콜은 IEEE 802.15.4이다. IEEE 802.15.4 규격은 PHY와 MAC을 정의하고 있으며 그 위에 ZigBee Alliance가 제정하는 상위 계층의 프로토콜이 정의되고 있다. 현재

IEEE 802.15.4 사양은 시장에서 입지를 다두고 있는 여러 무선 센서 네트워크 표준들과 비교할 때 기술 개발과 시장 형성 과정에서 빠른 성장을 보이고 있다. PHY 계층과 MAC 계층의 표준을 다루는 IEEE 802.15.4 표준화 작업은 완료되었고, 현재 응용 서비스를 위한 시스템 개발에 필요한 상위 계층에 대한 표준화 작업이 ZigBee Alliance에서 진행 중이다.

ZigBee의 통신 모드는 마스터-슬레이브 방식을 기본으로 하고 있지만 'Mesh Mode'로 부르는 점대점 방식의 네트워킹이 가능하고 네트워크 안에서 하나의 기기를 코디네이터로 명하여 송·수신의 기능이 필요한 경우에만 Sleep 모드에 있는 노드들을 활동 상태로 변경하는 방식을 채택함으로써 전력 소모를 극소화하였다. 또한, 이러한 코디네이터 간의 통신이 가능하며 특정 노드가 Mesh 모드의 네트워크 상의 다른 모든 노드들을 인식하지 못할 때 네트워크를 스스로 구성할 수 있다. 인접한 네트워크 및 시스템과의 간섭에 Robust한 기능을 수행할 수 있도록 2.4GHz 대역에서 O-QPSK 변조 방식을 채택하였다.

LR WPAN의 기본 프로토콜은 IEEE 802.15.4에서 정의된 표준에 따르며 다른 IEEE 802.11 및 IEEE 802.15.3 기반 무선 네트워크에서와 마찬가지로 채널 할당에 CSMA/CA 방식을 채택하였고, 실시간 데이터 전송을 지원하기 위해서 선택적으로 GTS 할당 방식을 적용하고 있다. 또한, ZigBee 노드들은 코디네이터 혹은 디바이스(슬레이브 노드)로서 동작이 가능하며, 통신에 있어서 필요한 모든 부하를 코디네이터에 집중시킴으로써 상대적으로 슬레이브 노드의 기능적 요소가 적고, 구현에 필요한 비용이 저렴한 이점이 있다.

또한 ZigBee는 Channel Access 방식으로 Slotted CSMA-CA를 사용하는 Beacon-Enabled Network 방식과 Unslotted CSMA-CA를 사용하는

Non Beacon-Enabled Network의 두 가지 방식을 사용하며 Robustness를 지원하기 위한 CSMA-CA 메카니즘과 Frame Acknowledgement(선택 사양), 그리고 FCS(Frame Check Sequence)를 통한 Data Verification을 지원한다.

디바이스 타입으로는 FFD(Full Function Device)와 RFD(Reduced Function Device)가 있는데, FFD는 FFD 또는 RFD 모두와 통신할 수 있으며 PAN Coordinator, Coordinator, Device 세 가지 타입이 될 수 있으나, RFD의 경우에는 FFD에 한하여 통신할 수 있고 Device 타입만이 될 수 있다. RFD는 최소의 리소스와 메모리 용량을 갖기 때문에 Light Switch나 Passive Infrared Sensor로 사용하기에 적합하다.

IEEE 802.15.4에서는 Channel Access 메카니즘으로 Unslotted CSMA-CA 방식과 Slotted CSMA-CA를 사용하는데 Unslotted CSMA-CA 방식은 Non Beacon-Enabled Network에 사용되며 Random Period 동안 기다리다가 Idle 상태일 때 Device는 자신의 데이터를 전송하고 채널이 Busy 상태인 것을 감지하면 Device는 데이터 전송을 위해 다른 Random Period까지 기다려야 한다.

Slotted CSMA-CA 방식은 비컨을 전송함과 동시에 Backoff Slot이 할당되는 방식으로 Beacon-Enabled 네트워크에 사용되며 데이터를 전송하기 전에 Backoff Slot을 기반으로 하여 Random Number 동안 기다리며, 채널이 Busy 상태일 때, Device는 Backoff Slot의 다른 Random Number 동안 기다려야 한다. 비컨과 ACK는 CSMA-CA를 사용하지 않고 보내게 된다.

한편 각 디바이스들은 메시지의 Pending 여부를 알기 위해 RF 채널을 주기적으로 들어야 하는데 이 간격을 통해 메시지의 지연 시간과 파워 소모 간의 균형이 결정된다.

IEEE 802.15.4에서 보안 서비스는 ACL(Access Control List), Data Encryption, Frame Integrity를 사용하여 지원하게 되는데, Security Mode로는 Unsecured Mode와 ACL Mode, 그리고 Secured Mode가 있다. IEEE 802.15.4 LR WPAN 기술과 ZigBee를 기반으로 하는 센서 네트워크는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1. 250 Kbps, 40 Kbps, 그리고 20 Kbps의 전송 속도 지원(Over-the-Air Data Rates)
2. 성형 또는 점 대 점 동작 지원(Star or Peer-to-Peer Operation)
3. 16비트 주소 (Short Address) 또는 64비트 주소 (Extended Address) 할당
4. GTS(Guaranteed Time Slots)의 할당
5. CSMA-CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 이용한 채널 접속
6. 전송 신뢰성 보장을 위한 ACK 프로토콜 지원
7. 저 전력 소모(Low Power Consumption)
8. 에너지 검출(Energy detection) 기능
9. 수신된 패킷의 특성을 나타내기 위한 LQI(Link Quality Indication) 사용
10. 2450 MHz 대역에서 16개 채널, 915MHz 대역에서 10개 채널, 그리고 868MHz 대역에서 1개의 채널 사용 가능.

4.5 결론

USN의 궁극적인 목표는 IPv6를 기반으로 하는 BcN과 연동되어 모든 사물이 지능적으로 네트워크를 구성하여 통신하는 것이다. 이를 위해 USN의 전체적인 구조와 함께 기술적으로 우선 개발되어야 할 네트워크에 대한 표준화 동향, 기술 동향 및 적합한 네트워크 기술에 대해 살펴보았다.

USN은 향후 센서 네트워크의 응용분야가 군사, 물

류, 유통, 의료, 학술 등 무한하므로 기술 발전과 생산력에 따라 시장 규모도 천문학적으로 증가될 것으로 예상된다. 따라서, 국제 표준화 그룹들이 앞다퉀 표준화를 하기 위해 노력하고 있으며, 우리나라에서도 USN의 발전 가능성과 시장성을 높이 평가하여 IT 839, U-Korea 등의 정부 주도의 거대 프로젝트로 USN의 발전을 도모하고 있다.

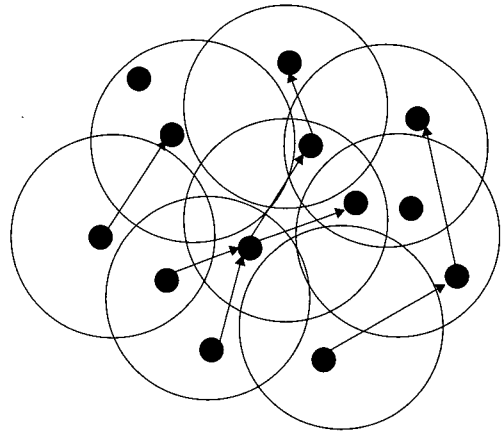
V. Ad Hoc 네트워크 기술

5-1 개요

다양한 컴퓨팅 능력을 가진 장비들을 묶어 하나의 네트워크로 만든다는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 가장 많이 사용하는 노트북의 경우도 집이나 사무실 외의 다른 곳에서 무선 네트워크를 이용하기 위해서는 다소 복잡한 설정과정이 필요하다. 이러한 복잡성은 컴퓨터 비전문가에게는 무척 어려운 일이 될 것이다. 이와 같은 어려움을 극복해 주고, 무선 통신의 기능을 강화시켜 주는 것이 Ad Hoc 네트워크이다.

Ad Hoc 네트워크란 무선 통신 장비를 가진 두개 이상의 장치가 연결 시스템의 도움 없이 시간과 장소의 구애를 받지 않고 통신이 가능하도록 하는 네트워크이다. (그림 3)에서 보는 바와 같이 불특정 다수의 분산 시스템들이 존재하고, 모든 노드들이 동적 특성을 가지며 모두가 무선 통신으로 연결되어 있는 네트워크이다.

이러한 Ad Hoc 네트워크의 확산에 따라 이를 이용하는 응용들은 가정 내의 가전기기를 제어하기 위한 제어신호, 명함이나 문서교환과 같은 간단한 데이터에서부터 화상회의와 같은 실시간 멀티미디어 스트리밍 데이터까지 다양한 분야 걸쳐 확산될 수 있다. 향후 많은 응용들이 이러한 네트워크 인프라를



(그림 3) 모바일 Ad Hoc 네트워크

이용하게 될 것이며, 특히 위에서 설명된 USN 기기 하나의 범위가 넓지 않음을 감안했을 때 센서 데이터가 멀리 떨어진 곳에서 같은 센서 노드들을 통해 전송을 하기 위해서는 필수적인 기술이라 할 수 있다. 이에 따라, Ad Hoc 네트워크는 단순한 통신의 기능을 뛰어넘어 좀더 안정적이고 고품질의 서비스를 필요하게 되었다.

기존의 유선망과는 달리 무선이라는 매체의 특성상 대역이 제한되어 있고, 단말기 역시 컴퓨팅 능력이 제한적이고, 배터리에 의존해야 하는 문제점을 가지고 있다. 그러므로 무선 통신 장치에서 가용한 한정된 자원으로 많은 자원을 요구하는 서비스 제공을 위해서는 Ad Hoc 네트워크를 위한 QoS 기술이 필요한 것이다. 이러한 목적으로 현재 Ad Hoc 네트워크에서 QoS를 지원하기 위한 다양한 방안 등이 활발히 연구되고 있으며, 수많은 센서 네트워크 간 또는 센서 네트워크와 통신이 가능한 게이트웨이와의 통신을 위해서는 Ad Hoc 네트워크가 반드시 동반되어야 할 것이며 Ad Hoc 기술을 알아보는 것이 매우 중요한 일임을 알 수 있다. 이번 장에서는 이러한 기술들에 대한 동향을 기술하고자 한다.

5-2 이동 Ad Hoc 네트워크

5-2-1. 이동 Ad Hoc 네트워크의 개요

이동 Ad Hoc 네트워크는 고정된 기반망의 도움없이 이동 단말만으로 구성된 자율적이고 독립적인 네트워크로서 통신 기기 간의 능동적인 연결 설정이 가능하고, 기기의 자유로운 네트워크의 참여와 이탈을 보장하여 임시적이고, 즉흥적인 네트워크의 구성을 용이하게 한다.

예전에는 주로 군사용 네트워크나 긴급 구조 및 통신 재난 백업 목적의 비상업용 네트워크로서 연구가 진행되었으나, 최근에는 독립된 네트워크의 구성 및 다양한 정보통신 단말 간의 상호 연결에 대한 요구로 인해 여러 분야로 Ad Hoc 네트워크의 적용이 확대되고 있으며, 특히 유비쿼터스 네트워크로서의 이동 Ad Hoc 네트워크의 활용은 다양할 것으로 예상된다.

기지국과 같은 고정 기반망의 도움 없이 여러 이동 단말기 간의 통신을 통해서 이루어지는 단일 혹은 다중 홉의 임시적인 통신망으로 구축이 될 것이며, 주로 기반 망이 설치되기 어려운 환경에서 사용되는 임시망의 성격을 가질 것이다. Ad Hoc 네트워크의 특징으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- 일반적으로 단말기들이 무선채널을 통해서 데이터를 브로드캐스트 한다. Store-and-forward 방식으로 데이터 통신을 한다. 즉, 주변에서 데이터를 수신한 단말기는 저장한 후에 다시 브로드캐스트를 통해서 주변 단말기 등으로 전달하는 방식이다.
- 단대단 데이터 전송을 위해서 각각의 이동 단말기가 라우팅 기능을 수행한다. 라우팅 프로토콜은 단말기의 이동성으로 인한 잦은 경로 변경, 배터리 사용으로 인한 전력 제한, 망의 크기로 인한 라우팅 정보 전달 범위에 따른 오버헤드, 라우팅 정보의 안정성, 무선 채널 상태의 잦은 변화에 따

른 링크의 불안정성, 보안 문제 등을 고려한 설계가 요구된다.

단말기들의 이동성과 배터리 전력 제한, 다중 홉 무선 채널에 대한 채널효과 등으로 인해서 기존의 유선망에서 사용되는 프로토콜들을 그대로 사용하기 어려운 점이 있다.

- 이러한 이유로 이동 Ad Hoc 통신망을 위한 다양한 프로토콜이 연구되고 있으며, IETF(Internet Engineering Task Force)의 MANET(Mobile Ad Hoc NETWORKS) 워킹 그룹(WG)에서는 이동 Ad-hoc 통신망에서 사용될 수 있는 유니캐스트 라우팅 프로토콜과 관련된 표준화 작업을 진행 중이다.

이동 Ad Hoc 네트워크의 적용 분야로는 군에서의 응급 구조 및 탐색, 원거리 정보 수집 등에 사용이 가능하며, 강의실이나 회의장과 같이 이동 무선 단말기를 가지고 있는 참여자들이 동적으로 정보를 공유하는데 유용하게 쓰이는 등 많은 분야에서 사용이 가능할 것이다.

5-2-2. 이동 Ad Hoc 네트워크의 발생 가능한 문제점

이동 Ad Hoc 네트워크는 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다.

- 가. 노드의 이동으로 인하여 네트워크 토폴로지가 지속적으로 변한다. 네트워크 토폴로지가 변할 때마다 토폴로지 변경 정보를 네트워크 전체로 브로드캐스팅하게 되면 네트워크 부하를 가중시키는 문제점이 발생할 수 있다.
- 나. 자원 사용에 있어서 많은 제약을 가질 수 있다. Ad Hoc 노드는 배터리와 무선 전송 기술을 병용하기 때문에 배터리, 전송 대역폭, CPU 컴퓨팅 용량 등에 있어서 제한이 생길 수 있다.
- 다. 보안에 취약한 문제점을 가질 수 있다. Ad

Hoc 네트워크에서는 무선 기술을 사용하여 서로 확인되지 않은 노드들 간에 통신을 하고, 멀티-홉을 통해 라우팅 프로토콜 메시지를 전달하기 때문에 보안에 대한 취약점이 드러날 수 있다.

라. 무선링크가 단방향 특성을 가진다. 단방향 링크는 두 노드 사이의 잔존 에너지량 차이로 인한 송신 전력의 차이에서 주로 나타난다.

5-2-3. 유비쿼터스 네트워크에서 이동 Ad Hoc 네트워크 개념 도입의 필요성

다양한 통신 단말의 출현과 단말 간의 자율적인 네트워크 구성이 필요, 개인 영역 네트워크(PAN: Personal Area Network)로의 응용 및 네트워크 구성의 용이성 등에 의해 다양한 분야에서의 이동 Ad Hoc 네트워크의 실현이 기대된다. 네트워크의 구성에 필수적인 통신단말은 과거의 고정 단말에서 휴대 단말, 이동 단말, 정보 단말 그리고 유비쿼터스 단말로 점차 진화하면서 다양한 형태와 복잡한 개념을 가진 지능화된 단말들이 등장하고 있고 이러한 지능화된 단말간의 상호 통신에 의한 다양한 서비스의 전개를 위해 유비쿼터스 네트워크에의 이동 Ad Hoc 네트워크 개념의 도입이 필요한 것이며, 다종 다양한 컴퓨팅들이 현실 세계의 사물과 환경에 스며들어 상호 연결되어 유비쿼터스 컴퓨팅에서도 개인과 개인 뿐만 아니라 개인과 사물, 사물과 사물간의 직접적인 통신을 위한 이동 Ad Hoc 네트워크의 개념 도입이 필수적으로 변하고 있다.

현재 이동 Ad Hoc 네트워크는 기술적인 난이도와 복잡성 그리고 다양한 서비스가 지속적으로 개발 중에 있으며 이러한 기술들을 유비쿼터스 네트워크에 도입함으로써 "Killer Application"을 개발하여 실제 네트워크에 적용하고 보다 실용적인 기술로 발전할 것으로 기대된다.

5-2-4. 프로토콜 계층별 연구 동향

가. Media Access Control 계층

무선 매체를 공평하면서도 효율적으로 사용하도록 하는 방법을 제공하면서 도시에 중앙 관리 시스템이 없고 분산 단말기들이 통신할 수 있도록 하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 매체 접근제어 프로토콜은 전송 매체인 무선의 특징을 반영해야 함으로 프로토콜 설계 시 유선 환경보다 매우 복잡하다고 할 수 있다. 따라서 망내에서의 이동 노드 간 충돌을 최소화하기 위해 충돌 회피 기술을 사용해야 하는데 다음과 같은 기술이 있다.

- BTMA(Busy Tone Multiple Access) 기술

무선 매체 사용 중을 인식한 노드가 전송 범위 내의 모든 노드들에게 Busy Tone을 전송하여 무선 매체사용을 제한하는 기술

MACA(Multiple Access with Collision Avoidance) 기술

3-신호교환방식 [RTS(Request To Send) - CTS(Clear To Send) - DATA]으로 숨겨진 노드 문제를 최소화하는 기술

전송할 데이터를 가진 송신자가 수신자에게 통지함으로써 통신을 시작하는 프로토콜로는 MACA, MACAW(MACA with Acknowledgement), FAMA(Floor Acquisition Multiple Access) 등이 있으며, 이에 반해 데이터를 수신할 준비가 되어있는 수신자가 송신자에게 통지함으로써 통신을 시작하는 프로토콜은 이론적으로 적은 제어신호 교환으로 충돌가능성 또한 줄어들어 송신자-주도 매체접근제어 프로토콜보다 우수하며 기술로는 MACA-BI(MACA By Invitation), MARCH(Multiple Access with ReduCED Handshake) 등이 있다.

그 외 이동 노드들이 배터리로 동작하고 데이터를

전송하거나 전달에 참여함으로써 전력보호가 중요한 문제로 떠오름에 따라 전력보호 등을 목적으로 전송이나 수신할 패킷이 없는 노드가 선택적으로 Power-Off하는 PAMAS(Power-Aware Multi-Access Protocol with Signaling) 프로토콜과 기존의 유선에서 사용하는 BTMA를 Ad-hoc 통신망에 적용 가능하도록 진행 중인 전송을 이웃 노드들에게 통지하기 위하여 송·수신 노드에서 Dual Busy Tone을 사용함으로써 개선한 프로토콜인 DBTMA(Dual Busy Tone Multiple Access) 등이 있다.

나. Network 계층

Ad Hoc 네트워크 라우팅 프로토콜에서의 고려사항으로는 다음과 같은 것들이 있다. 먼저, Ad Hoc 노드들이 제한된 대역의 무선링크로 연결되므로 제한된 대역을 최대 활용하기 위하여 라우팅 오버헤드를 작게 해야 한다. 그리고, Ad Hoc 노드들은 저장, 배터리 용량과 같은 자원이 제한되는 랩탑이나 손으로 들 수 있는 장치가 될 것이므로 과도한 플러딩 사용과 주기적인 메시지를 최소화하여야 할 것이다. 또한, Ad Hoc 노드들은 이동성이 있으므로 동적인 네트워크 위상을 가진다. 따라서 빨리 위상변화를 반영하고, 대체 경로를 사용하여야 한다.

(1) Table-driven 라우팅(Proactive) 프로토콜

유선환경의 인터넷에서 사용한 Bellman-Ford 방식을 Ad Hoc 네트워크에 적용한 것으로 Ad Hoc 네트워크 내의 각 노드는 자신을 중심으로 하여 도착 가능한 모든 노드들의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 상시 유지하며, 모든 노드는 주기적으로 라우팅 정보를 다른 노드들에게 전달하고, 라우팅 경로 변경시는 자신의 라우팅 정보를 방송하여 다른 노드들의 라우팅 테이블 갱신을 유도한다. 이는 노드의 숫자가 적은 소규모 Ad Hoc 네트워크에는 적합하나, 중/대

형 네트워크에서는 많은 단점을 가질 수 있다. 관련 라우팅 프로토콜로는 다음과 같은 것이 있다.

- DSDV(Destination-Sequence Distance Vector)
전형적인 Bellman-Ford 알고리즘을 구현
- WRP(Wireless Routing Protocol)
라우팅 정보를 이웃한 이웃노드에게만 전파하여 오버헤드를 감소
- CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing)
DSDV 라우팅 프로토콜에서 라우팅 정보를 감소시키기 위하여 이동 노드들을 계층적으로 분류

(2) On-demand(Reactive) 라우팅 프로토콜

Bellman-Ford 알고리즘을 사용한 Table-driven의 단점을 해결하기 위하여 모든 노드가 빈번하게 위치 이동하는 Ad Hoc 환경에 적합하도록 제안된 프로토콜로 네트워크 내의 모든 이동 노드에 대한 전체 경로를 상시 유지하는 것이 아니라 데이터 전송이 필요 시에서만 경로 획득 절차를 수행한다.

필요 시에만 경로 획득 절차를 수행하기 때문에 주기적인 라우팅 정보 방송과 이동 시 변경된 라우팅 정보를 방송할 필요가 없으므로 라우팅 패킷 오버헤드를 줄이는 장점이 있다. 그러나 데이터 전송 시 경로 획득 절차 수행 후 획득된 경로로 데이터를 전송하기 때문에 경로 획득 시간이 길어져 실시간 통신에 부적합한 문제점을 가지고 있다. 현재로서는 이동노드가 빈번하게 위치 이동하는 Ad Hoc 네트워크에는 가장 적합한 방식으로 일반적으로 알려져 있다. 관련 라우팅 프로토콜로는

- DSR(Dynamic Source Routing)
카네기 멜론 대학의 Monarch(Mobile Networking Architecture) 프로젝트에 의해 제안된 방법으로 소스 라우팅에 기반하며 Ad Hoc 네트워크 이동노드의 빠른 이동성을 고려하여 주기적인

라우팅 패킷이 없으므로 대역폭의 오버헤드를 줄일 수 있는 On-demand 프로토콜.

AODV(Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing)

1999년에 C. Perkins에 의해 DSDV를 On-demand 방식에 적용하기 위해 제안된 방법으로 경로획득 절차에 의해 얻어진 경로만을 일정시간 동안만 유지한다는 점에서 DSDV를 개선.

- TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm)

동적인 이동 통신 환경에 적합한 Loop-free 분산 라우팅 프로토콜로 1997년에 IETF에 의해 최초로 제안되었다. 경로설정을 위한 라우팅 패킷의 오버헤드를 최소화하기 위하여 제어 메시지를 토폴로지 변화가 일어나는 어떤 일정 크기의 작은 노드의 집합 안에서만 교환한다.

- ABR(Associativity-Based Routing)

Loop, Deadlock, Packet 중복을 제거하고, Ad Hoc 네트워크에서 오래 지속되는 경로를 사용하는 것으로 오래 지속되는 경로는 이동성이 적은 이동 단말들로 이루어진 경로이기 때문에 계속적으로 유지할 가능성이 크고 경로 재설정 가능성이 적으므로 높은 효율을 가지며, 오래 지속되는 경로 하나만을 관리하기 때문에 Packet 중복을 피할 수 있다.

- SSR(Signal Stability based Adaptive Routing)

ABR 프로토콜과 비슷하게 경로의 노드들간의 신호세기과 노드들의 위치 안정성에 기반하여 강한 연결성을 가진 경로를 선택하는 방식이다.

(3) Hybrid 방식

Table-driven과 On-demand 방식의 장점을 혼합한 방식으로 각 노드는 미리 정의된 홉 수 범위의 Routing Zone을 유지하며, Routing Zone 내부 영

역에서는 Table-driven 방식을 사용하고, Routing Zone 외부 영역에 위치한 노드로의 데이터 전송을 위한 경로 설정은 On-demand 방식을 사용하는 방식이다. 관련 라우팅 프로토콜로는 다음과 같은 것이 있다.

- ZRP(Zone Routing Protocol)

IARP(Intrazone Routing Protocol), IERP(Interzone Routing Protocol), BRP(Bordercast Routing Protocol)의 세 개의 서브 프로토콜을 가진다. (IARP : Zone 내의 노드들에 대한 라우팅 테이블을 관리 유지)

(IERP : Zone 외부영역의 노드에 대한 라우팅 정보를 모든 주변노드(Border node)에 BRP를 사용하여 획득)

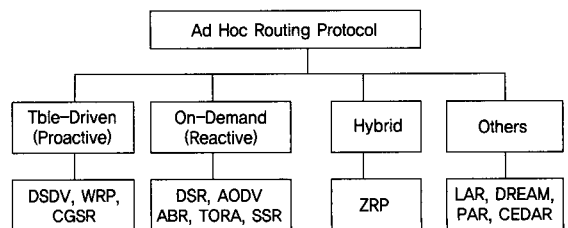
그 외에도 Ad Hoc 네트워크에서 라우팅 프로토콜 성능 향상을 위해 여러 가지 프로토콜이 제안되어 연구 중에 있으며 몇몇 관련 라우팅 프로토콜로는

- LAR(Location-Aided Routing)

GPS(Global Position System)와 같은 장비를 사용 단말기의 위치 정보를 이용하여 경로 설정 시 목적지 노드가 위치한 방향으로만 데이터를 플러딩 함으로써 패킷의 양을 줄이는 방식

- DREAM(Distance Routing Effect Algorithm for Mobility)

등이 있다. (그림 4)는 Ad Hoc 라우팅 프로토콜의 분류를 나타낸 것이다.



(그림 4) Ad Hoc 라우팅 프로토콜 분류

다. Transport 계층

Ad Hoc 환경에서 TCP 성능 저하의 이유로 무선 링크는 유선 링크에 비해 높은 BER(Bit Error Rate)와 Random 에러로 인해 다중 패킷 손실을 유발하며, 노드들이 이동으로 인한 경로 불연속으로 인하여 버스트한 패킷 손실이 발생한다. 또한, 다중 홉 경로의 각 홉에서 역방향인 TCP 데이터 패킷과 ACK 패킷의 무선 접근을 위한 경쟁 때문에 홉 수의 증가와 함께 전송효율이 저하되며, DSR 라우팅 프로토콜과 같이 캐쉬를 사용하는 경우, 유지하는 경로가 잘못된 경로인지 결정하는 메카니즘이 없기 때문에 잘못된 경로 사용 시 다중 Timeout 발생으로 인해 전송효율이 감소됨으로써 라우팅 오버헤드를 줄이는 장점을 상쇄한다.

이러한 Ad Hoc 환경에 적합한 TCP 성능개선을 위하여 에러가 발생하기 쉬운 무선 링크의 패킷 손실 문제는 신뢰성 있는 링크 계층 프로토콜을 사용함으로써 줄일 수 있을 것이다. 이에 따라, 기존 TCP를 Ad Hoc 환경 맞게 변형하는 연구들이 진행 중이며, 관련 프로토콜로는 다음과 같은 것들이 있다.

- TCP-F(TCP-Feedback)
경로 재설정 후 경로 불연속이 발생하기 전과 같은 전송효율로 통신을 재시작함으로써 불필요한 TCP 성능저하를 개선
- TCP-Bus(TCP with BUffering capability and Sequence information)
Cellular 망 사용을 위해 제안된 I-TCP(Indirect TCP)의 중간 노드인 기지국에서 전송계층 기능 수행을 허용함으로써 TCP 연결을 두 개의 세그먼트로 나누는 개념을 다중 무선 링크로 구성된 Ad Hoc 환경에 도입
- ATCP(Ad hoc TCP)
실제 Ad Hoc 통신망 환경의 다양한 특징인 높은

BER(Bit Error Rate), 노드들의 이동으로 인한 경로 재설정, 일시적인 망 분리, 다중경로로 인한 비순서(Out of Sequence) 패킷, 혼잡에 의한 패킷 손실 문제를 고려한 것이며, 표준 TCP/IP와의 양립성을 위하여 TCP를 수정하지 않고 TCP와 IP 사이에 ATCP 계층을 삽입

5-3 이동 Ad Hoc 네트워크 기반의 유비쿼터스 네트워크 적용 방안

5-3-1. 유비쿼터스 네트워크

유비쿼터스 네트워크에서의 이동 Ad Hoc 네트워크의 필요한 이유로 기존의 사람과 사람의 통신에서 사람과 기계, 기계와 기계, 사물과 기계, 사물과 사물 간의 통신 등으로 통신의 대상이 다양해지고 특정 위치에 구애받지 않으면서 상호 통신에 의한 정보의 교환이 가능하므로 이동 Ad Hoc 네트워크의 활용이 요구되고 있는 것이다.

이동 Ad Hoc 네트워크의 자기 조직화(Self-organizing) 기능과 자동 인식(Auto-recognition) 기능을 이용하여 지능화된 위치 기반 서비스가 가능하며, 이것은 이동 Ad Hoc 네트워크의 구성단말이 언제 어디서든 자신이 위치한 장소 또는 상황에 맞게 적절하게 동작함으로써 특정 지역이나 시점에서 제공하는 서비스를 받을 수 있음을 의미한다.

예를 들어, 유비쿼터스 단말기를 들고 대형 쇼핑몰에 가면 현재 보고 있는 제품에 대한 온라인 카달로그나 해당 제품의 사용법을 보여주는 동영상이나 디스플레이되고, 제품의 가격 비교 또는 현재 체고 물량 등에 대한 상세 정보들을 단말기를 통해 볼 수 있을 것이다. 또한, 사무실이나 집에 들어가면 사무실 또는 가정의 기기들 또는 전등, 벽 등의 환경이나 사물들이 개인을 인식하고, 개인이 필요한 정보를 전달할 수 있으며, 비행기를 타기 위해 공항 카운터를 지나

면 굳이 줄을 서지 않아도 자동으로 비행기 체크인인 되는 등의 일상 생활 자체에 스며들어 사용이 되는 매우 중요한 의미로서의 필요성이 있음을 알 수 있다.

5-3-2. 홈 네트워크

홈 네트워크에서의 이동 Ad Hoc 네트워크는 무선 인터페이스를 이용하는 홈 네트워크의 기기들 간에 이동 Ad Hoc 네트워크의 기능을 부여하여 망 구조의 네트워크를 구성하면, 기기 간의 직접 통신과 다수의 기기가 동시에 통신이 가능하게 되며 전파의 세기를 미약하게 하고 멀티 홈 통신으로 유도하면 아파트와 같이 여러가정이 밀집되어 있는 공간에서의 이웃 간의 전파간섭을 줄일 수 있는 효과를 가져올 것이다.

5-3-3. Automotive-PC Interaction

Automotive-PC Interaction은 자동차 내부에 장착된 컴퓨터와 운전자나 승객이 휴대한 노트북 컴퓨터, PDA, 헤드셋 또는 오락기기 등과의 접속 및 정보를 교환하는데 이에 이동 Ad Hoc 네트워크 개념을 도입하여 좁은 자동차 내에서 개인의 PAN을 확장하여 차량 내의 CD 플레이어나 테이프 플레이어, 스피커 또는 네비게이션, 리모콘 키, 가방에 들어 있는 PDA 등의 기기들이 스스로 다른 기기들을 발견하고 식별하여 제어하는 단대단 통신 네트워크를 구성하여 사용자에게 편리성을 가져올 수 있을 것이다.

5-3-4. 무선 센서 네트워크

접근이 어려운 지역에서의 데이터 수집이나 가정/사무실에서의 환경 및 보안 제어 내·외부에서의 환경 모니터링, 자동차 운전 중의 교통 상태 모니터링 및 주차지원, 건축물의 안전성 검사 등에 이동 Ad Hoc 네트워크 기술을 활용할 수 있을 것이다.

5-3-5. 셀룰러 망을 위한 Ad Hoc 네트워크

Ad Hoc 릴레이를 통하거나 단말기를 통한, 또는 이동 차량을 이용한 중계 등을 하려고 할 때 이동 Ad Hoc 네트워크 기술의 적용이 가능하다.

5-4 Ad Hoc 네트워크에서 QoS 지원 시 고려사항

Ad Hoc 네트워크는 기존의 인터넷 인프라 구조와 차별성을 가지게 되는데, 이러한 이유로 mobile ad hoc network(MANET)환경에서 QoS를 지원하기 위해서는 독특한 고려사항이 발생하게 된다. 이것은 MANET의 특징과 그로 인한 결과론적인 요소들로 구성되는데, MANET의 특징에 따른 고려사항은 예측이 불가능한 링크 특성, 노드의 이동성, 제한적인 배터리 수명 등이 있고, 이러한 특징에 따른 결과론적 요소들은 hidden/exposed 터미널 문제, 경로 유지, 보안 등을 들 수 있다.

- (1) 예측 불가능 링크 특성(Unpredictable link properties)
패킷 충돌은 무선 네트워크 본연의 특성이고, 신호의 전달은 신호 페이딩, 간섭, multipath cancellation 등과 같은 문제에 직면하고 있기 때문에, 무선 링크의 delay와 대역폭의 측정에 있어서 상당히 예측하기 어렵다.
- (2) 노드의 이동성(Node mobility)
노드의 이동성은 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화를 야기 시킨다. 두 노드가 서로 전송 범위 안에 있으면 링크가 형성되고, 범위에서 벗어나면 링크가 해제 되기 때문에 항상 동적으로 변할 수 있다.
- (3) 제한적인 배터리 수명(Limited battery life)
무선 이동 터미널은 일반적으로 제한적인 배터리 자원에 의존적이다. 자원 할당에 있어서 자

원의 사용에 따른 전력의 소모율과 잔존 전력량을 고려하여야만 한다. 그러므로 모든 QoS 관리 기술은 power-aware하고 power-efficient하게 고려되어야 한다.

(4) Hidden/Exposed 터미널 문제(hidden/exposed terminal problem)

Hidden 터미널 문제는 송신자(A)가 데이터를 전송하려고 할 때 전송하는 범위 안에 들어 있지 않은 단말기(C)가 수신자(B)에게 데이터를 전송하면 수신자 측에서 충돌로 인해서 데이터를 제대로 수신하지 못하게 된다. 따라서 송신자(A)의 전송 범위에 있지 않고 수신자(B)는 수신 가능한 범위에 있는 다른 단말기(C)는 송신자 입장에서 보면 숨겨진 단말기로서 전송에 방해가 될 수 있다. Exposed 단말기 문제는 송신자(B)의 범위 안에 있는 단말기(C)는 송신자의 데이터 전송에 아무런 방해가 되지 않는 데도 불구하고 채널이 사용되고 있는 것으로 판단하기 때문에 다른 단말기(D)에게 송신하지 못하는 문제가 발생하게 된다.

(5) 경로 유지(Route maintenance)

MANET 환경은 네트워크 토폴로지의 다양한 변화 때문에 정확한 네트워크 상태 정보를 얻기가 매우 어렵다. 게다가 MANET 환경 내 노드들은 언제든지 네트워크에 들어올 수 있고 나갈 수 있기 때문에 경로에 대한 유지와 복구를 최소의 오버헤드와 지연을 들여서 수행하는 방법의 연구가 필요하다.

(6) 보안(Security)

무선 네트워크의 브로드캐스트 특성으로 인해 잠정적으로 더욱 심각한 보안 문제에 노출되어 있다. 보안의 검증 없이 인증되지 않은 접근이나 사용은 QoS 협정에 대한 위반을 초래할 수도 있다.

VI. 유비쿼터스 네트워크의 핵심 기술 : 상황 인지 기술 (Context-Awareness)

6-1 개요

컴퓨터의 새로운 패러다임으로 등장한 유비쿼터스 환경은 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리공간을 지능화함과 동시에 물리공간에 펼쳐진 각종 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력으로 정의할 수 있다. 앞 장에서 설명한대로 유비쿼터스 컴퓨팅이란 도로, 다리, 터널, 빌딩, 건물벽 등 모든 물리공간과 객체에 컴퓨팅 기능을 추가하여 모든 사물과 대상이 지능화되고, 전자공간에 연결되어 서로 정보를 주고 받는 공간을 만드는 개념으로, 기존 홈 네트워크, 모바일 컴퓨팅보다 한 단계 발전된 컴퓨팅 환경을 말한다. 또한, 유비쿼터스 컴퓨팅은 모든 컴퓨터가 서로 연결되고 이용자의 눈에 보이지 않으며 언제 어디서나 사용 가능하고 현실 세계의 사물과 환경 속으로 스며들어 일상 생활에 통합되는 것을 기본 전제로 한다.

유비쿼터스 네트워크는 누구든지, 언제, 어디서나 통신 속도 등의 제약없이 이용할 수 있고, 모든 정보나 콘텐츠를 유통시킬 수 있는 정보통신 네트워크를 의미한다. 이의 실현으로 기존 정보통신 네트워크와 서비스가 가지고 있었던 여러 가지 제약으로부터 벗어나 이용자가 자유롭게 정보통신 서비스를 이용할 수 있도록 한다. 특히, 유비쿼터스 네트워크와 다양한 센서의 활용으로 시간과 공간의 제한을 뛰어넘는 커뮤니티를 형성할 수 있고, 이를 매개로 사람과 사물의 주변 상황 인식(Context-Awareness) 및 위치 인식(Location-Awareness)이 가능해진다.

가까운 미래에는 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 통해 새롭고 다양한 서비스가 창출될 것이다. 특히, 언제 어디서나 사람과 객체의

위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 위치 기반 서비스(Ubiquitous Location-Based Services: u-LBS)가 중요한 서비스로 대두되고 있다. 유비쿼터스 위치 기반 서비스를 제공하기 위해 가장 중요한 기반 요소 기술 중의 하나인 위치 인식 시스템 기술은 현재 선진 각 국에서 활발한 연구가 진행되고 있다.

특히, 기술 분야의 융합이 가속화되어 가는 상황에서 이러한 기술들이 우리의 주변 환경에 좋은 영향을 미치기 위하여 어떻게 활용될 수 있고 또한 기술적 적용 방안을 모색하는 것이 현실적인 접근 방법이라고 판단된다.

이러한 맥락에서 디지털 홈, 지능형 로봇 및 텔레매틱스 기술 분야는 우리의 주변 환경과 매우 밀접한 관계에 있으며, 또한 유비쿼터스 및 상황 인식 기술을 적용하여 우리의 업무와 일상 생활에 유익한 서비스를 제공할 수 있는 분야로 판단된다. 본 장에서는 Context Awareness의 기초적인 지식과 Context Awareness가 구현되기 위해 수반되고 고려해야 할 전반적인 사항에 대해서 알아 보았다.

6-2 Context-Awareness의 기초

먼저 Context란 일반적으로 5W1H (Who, Where, What, When, Why, How) 에 대한 정보를 의미한다. 실제로 Context를 사용한 연구 동향을 살펴보면 5W1H가 전부 사용되는 것이 아니라, 각 애플리케이션의 목적에 맞게 선택되어 사용되고 있다. 현재 거주자/대상물의 인식(Who/What) 및 위치(Where)정보가 가장 널리 사용되는 Context이다. 이러한 Who, What, Where에 대한 정보와, '사건이 발생한 시간(When)' 과 '사건이 어떻게 발생하였는가(How)' 에 대한 정보를 이용한다. 또한 4W1H를 이용하여 '사건이 왜 발생하였는가

(Why)' 를 인식한다. 이러한 'Why' 정보는 거주 환경을 변화시키는 이유를 제공하므로 가장 최종적인 Context라고 할 수 있다.

집안에서 Context가 사용될 때는 Who (거주자 인식), What (대상물 인식), Where (거주자 및 대상물 위치), When (거주자 출입 시간), How & Why (거주자 몸짓 및 의도) 등을 Context로 사용한다. 좀 더 구체적으로 설명하자면 다음과 같다.

Who (거주자 인식) : 거주자가 집에 출입할 때 휴대용 메모리에 저장된 개인 정보를 이용하여 거주자를 인식하거나 바닥에 설치된 무게 감지 센서를 통해 거주자의 신원을 파악한다.

What (대상물 인식) : 대상물에 부착된 센서의 신호와 기하학적인 정보를 이용하여 대상물을 인식한다.

Where (거주자 및 대상물 위치) : 거주자가 가고 다니는 대상물에 부착된 센서나 무게 감지 센서를 통해 거주자의 위치 정보를 파악하고, 대상물에 부착된 센서의 신호를 이용하여 분석함으로써 대상물의 위치 정보를 파악한다.

When (거주자 출입 시간) : 거주자가 현관을 출입하는 시간 정보를 인식하여 거주자의 정보로 저장함으로써 개인화된 거주 환경을 위해 사용한다.

How (거주자 몸짓) : 카메라를 통해 받은 이미지 정보를 처리하여 거주자의 의미 있는 행동을 인식한다.

Why (거주자 의도) : 4W1H (Who, What, Where, When, How)를 이용하여 거주자가 하는 행동을 인식한다. 그러나 거주자의 행동을 모두 인식하는 것을 구현하는 것이 현재로서는 쉽지 않으므로, 미리 설정한 거

주자의 특정한 몸짓에 정보 가전 기기를 제어하는 명령어를 연결하여 사용하는 것도 하나의 방법이 될 것이다.

Context-Awareness란 사용자가 처한 상황을 인지하고 사용자가 원하는 정보를 원하는 형태로 처해진 상황에 맞게 획득하고 이용할 수 있는 상태를 의미하며 그러한 자원을 제공하는 시스템을 상황인지 시스템으로 간주한다. 일반적으로 중요하게 간주되는 상황적 요소로는 위치, 장소, 소음 레벨, 임무, 사적인 상황, 시간 등이 있다. 상황이란 적어도 하나의 대상에 대한 상황정보를 의미한다. 여기서 상황의 대상이 되는 것은 사람, 장소, 시간 또는 객체 등으로서 사용자와 사용자가 또는 어플리케이션간 인터렉션에 적합한 요소이다.

상황인지 능력을 갖춘 컴퓨팅 자원 또는 시스템은 상황적 데이터를 획득/추출하고 현재의 상황에 맞게 변환하는 기능이 필수적이며 이러한 상황적 정보의 처리 능력에 따라 시스템의 복잡도가 결정된다. 상황적 데이터의 획득/추출은 일반적으로 인간 몸 속에 내재된 말초 신경처럼 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 속에 내재된 센서를 통하여 이루어지며 센서를 통해 획득된 기초 데이터는 상황적 인식 및 이해를 위해 보다 복잡한 정보의 분석 과정을 통해 응용에 맞게 처리되며 처리된 정보의 전달 및 표현 또는 제시를 위해서는 표준화된 정보의 표현 방식이 제공되어야 한다. 센서를 통해 획득된 초기 데이터는 단순 정보의 형태이며 이를 복잡한 처리 과정을 거쳐 지능형 정보로 가공된다.

Context-Awareness의 정의 문제와 유사하게 Context-Aware Applications의 중요한 특성을 일반화하는 시도가 있었다. 역시 이러한 특성들은 특정 응용에 적용하기에는 지나치게 세분화 되는 경향이 있었다. 그러므로 Context-Aware Applications의

분류를 통하여 특징이 되는 경향을 추출하고 이를 일반화된 Context Aware Applications로 정의하는 접근 방법을 이용하였다.

제안한 분류는 이전의 분류로부터 구한 아이디어와 기존 Context Aware Applications을 만족하도록 일반화하는 것을 의미한다.

Context-Aware Applications가 지원할 수 있는 특징을 3가지로 분류해 보면 첫 번째로 사용자에게 정보와 서비스 제공(presentation)을 들 수 있고 두 번째로 사용자를 위한 서비스의 자동 실행(execution)이며, 세 번째로 이후 검색을 위한 상황 정보의 표시(tagging)를 들 수 있다. 이러한 정의에 대한 이해를 통하여 Context-Aware Applications가 지원해야 할 행동과 특징이 무엇이고, 이러한 행동을 수행하기 위하여 요구되는 상황이 무엇인지를 개발자가 용이하게 결정할 수 있게 된다. 응용 개발자는 설계에서 실제 구현으로 연결되는 과정에서 2가지 접근 방법을 이용할 수 있다. 하나는 설계자가 구조적인 서비스 또는 특징을 조합하여 응용을 구축하는 접근 방법과 다른 하나는 설계자가 대상이 되는 응용을 좀더 높은 차원에서 생각할 수 있도록 추상화하는 접근 방법이다.

이를 지원하는 기술로는 Context-Aware Applications 개발 도구 기술이 요구되는데, 이 기술에 포함될 내용으로는 상황의 획득과 접근, Context-Aware Applications에 독립적인 Context-Awareness의 저장, 배포 및 실행이 포함되어야 한다. 또한 Context Awareness의 추상화를 위한 기술(Abstraction), Context Awareness를 해석하는 기술(Interpretation), 그리고 유사한 Context-Awareness를 수집하는 기술(Aggregation)의 3가지 기술 요소가 기본적으로 필요하다. 다음 절부터는 다양한 방향으로의 Context Awareness 기술 내용을 담았다.

6-3 Context-Awareness와 현실 공간 정보의 활용

6-3-1. 현실 보강으로서 Context-Awareness

실제적으로 Context-Awareness는 유비쿼터스에 있어서 특히 센싱을 이용하여 이용자나 물건들, 환경적 요인, 움직임 등 상황에 대한 정보가 지속적으로 시스템에 의하여 파악되는 것이 매우 중요하다. 보이지 않게 사물에 심어진 센서, 칩, 태그, 라벨은 사용자의 의식적인 명령 뿐만이 아니라 의도까지 반영하기 위해 주변 환경의 상황 정보는 물론이고 사용자의 상황 정보도 언제 어디서나 실시간에 연속적으로 인식하고 추적되며 통신한다.

Context-Awareness의 기능이 도출되는 것은 유비쿼터스의 단말 부분에서 이용자에 대한 위치 파악과 행동 이해 또는 상황에 대한 인식 기능 즉 IT-Based Sensing이 이루어지는 것을 의미한다. Context에 대한 정보를 파악하는 주된 목적이 유비쿼터스와 연관된 이용자나 물건에 적절한 서비스를 제공하기 위함이기 때문에 이용자나 물건 등 대상에 대한 인식, 즉 ID(Identification)의 개념도 동반한다. Context Awareness Information은 사용자가 속해 있거나 관련이 있는 공간에서 유저의 상태(느낌, 맥박, 체온 등), 발생한 상황(이동, 출현, 동작, 대화 등), 외부환경(기온, 시간, 위치)이 결합되어 컴퓨터에 의해 지각된 정보를 말한다. 현재 Context Awareness 기능을 통하여 파악된 Context의 정보를 시스템을 통하여 가공, 처리하고, 활용할 수 있는 가능성 및 기술이 많이 나오고 있다. 이와 같은 변화들은 일상적인 생활에서의 기기에 국한하지 않고 의료, 사회복지, 환경보호 등 사회생활이나 산업현장에서 활용되는 다양한 기계나 설비에도 역시 적용될 수 있다. 이러한 Context Awareness에 대한 정보, 즉 현실공간의 내용과 상태에 대한 정보가 전방위적으

로 확보되는 것은, 사실상 현실공간에 대한 파악이 체계적이고 지속적으로 가능해지며 현실 공간의 상황을 장악할 수 있는 것을 의미한다.

현실공간에 대한 파악이 가능한 수준의 정보를 시스템에서 운영할 수 있게 됨에 따라, 현실공간이 시스템(또는 시스템에 의하여 구성된 전자공간)에 투영되고, 현실공간의 진행이나 운영이 시스템에 의하여 이루어질 수 있다. 유비쿼터스가 본질적으로 시간과 공간을 초월할 수 있다는 점에서 현실 공간에 대한 체계적인 Mirroring이나 장악이 위치나 시기에 상관없이 가능해지는 것을 의미한다. 이는 현실 공간에서의 일상 생활과 직결된 컴퓨팅(또는 유비쿼터스 서비스)이 가능해지고 새로운 차원의 정보화가 이루어질 수 있는 지평이 열림을 의미한다.

Context-Awareness가 가능해지기 위해서는 상황을 인식할 수 있는 유비쿼터스가 적용된 센서가 마련되어야 하고, 센서에 의하여 감지된 상황정보가 체계적으로 다루어질 수 있는 시스템과 네트워크가 준비되어야 한다. Context-Awareness와 환경 판단을 위한 요소는 대부분 네트워크에 의하여 연계되는 단말 부분에 위치하는 다양한 기기와 시스템 등에 의하여 가능할 것이다. 이런 의미에서 새로운 기술을 적절하게 이용하기 위해서는 상황에 대한 센싱이 이루어지는 센서의 네트워크 뿐만 아니라 이를 통하여 파악된 정보를 체계적으로 다루고 운용할 수 있는 시스템이 구비되어야 한다.

6-3-2. 사물·이용자의 ID 인식

요즘엔 현실공간 속의 이용자나 사물 자체를 인지하고 구분하기 위하여 단순하게 시각적인 판단에 의존하기 보다는 그 이용자나 사물의 ID의 정보를 담고 있는 태그를 활용하여 보다 손쉬운 인식이 이루어질 수 있게 되었다. 가장 손쉬운 방식으로 바코드를 이용하기도 하고 RFID를 사용하는 방법도 있다. 이 모

든 것을 USN기기가 커버할 수 있을 것이다. USN기기 응용의 주요 비즈니스 가치는 산업의 효율성을 높여 생산자(서비스 제공자)로부터 소비자에게 전달되는 상품(서비스)의 손실을 줄이고 소비자의 편의를 도모하기 위한 서비스를 고도화하여 궁극적으로는 순익을 창출하는 것과 같은 효과를 내는 것이다. 현재 여러 다른 종류의 USN기기가 연구 개발되고 있는데, 그 물리적인 형상은 응용의 형태에 의존한다. 이들이 가져야 할 특징으로 수명, 재사용, 읽고 쓰거나 수정할 수 있고 읽을 수 있는 범위, 크기의 소형화, 그리고 상황 인식을 포함해야 한다. USN기기 시스템은 운송 및 유통, 산업에 대한 응용에서부터 보안, 접속 제어, 식별에 이르기까지 넓은 범위의 응용을 제공한다.

USN기기가 Context Awareness를 하는 응용분야로 몇가지를 예로 들면 다음과 같다.

- 자동차용

자동 요금 징수, 자동 주차요금 지불 그리고 사용자의 휴대용 기기를 통한 자동 차량 위치 파악.

- 안전 개선용

박물관, 저장고, 가게, 집에 있는 귀중한 객체를 식별하여 주기적인 상태 보고를 보내서 절도를 막는다. 또한 이상한 움직임을 탐지한다.

- 소비자 배송 시

운전자의 휴대용 기기나 차량 그 자체는 특정 주소를 목적으로 하는 화물에 대한 위치를 알려준다. 운전자는 오랜 탐색 없이도 올바른 화물을 실을 수 있다. 때때로 운전자는 올바른 것을 얻기 위해 다른 여러 개의 화물을 내려야 한다. 휴대용 기기는 다음의 목적지에 그것을 재빨리 내릴 수 있도록 화물을 적재하는 가장 적합한 방법을 알려줄 수 있다.

화물 수송 회사 통합을 위한 USN기기

자동차 및 화물 추적을 가능하게 하여 물류를 강화할 수 있다. 높은 수준의 화물 추적은 화물 분배회사를 합병하는 것에 비해 사업상의 장점인데, 이는 화물 수송의 단지 특정한 부분을 담당한다. 그러한 회사는 그들 자신의 완전한 수소 편제를 가지고 있고 통합될 필요가 없다.

- 자동 세탁 시 옷에서의 USN기기

세탁 시스템은 재료 항목이 세탁기 안에 있는 동안 옷을 식별해주는 USN기기에서 식별코드를 읽는다. 이 시스템은 세탁명령에 따라 세탁기를 제어하며 재료 항목의 세탁물 수에 대한 계수를 유지한다.

- 상점과 가게 물품

자동 상품 목록 시스템은 주기적으로 통로를 검사한다. 판매시점에서 고객은 컨베이어 벨트에 그들의 물품을 놓을 필요는 없고 물품은 카트에 머무르면서 탐색기가 자동으로 카트를 검사하고 가격을 계산한다. 도난 방지를 위해 출구나 계산 통로에서의 탐지기는 적당한 쇼핑을 제어하기 위한 감시 지역을 할당하여 감시를 한다.

- 도서관

책, 비디오 테이프 등 다른 종류의 매체는 자동 목록 제어 시스템을 가능하게 한다. 목록 데이터 베이스는 모든 부가된 도서들을 추적하고 그들의 순환 상태 정보를 유지한다. 도서는 자가 점검시스템에 의해 도서관 대출이 된다. USN기기의 정보를 읽고 자동으로 도서반납을 검사하는 반납함에 그것을 넣는 것으로 도서 반납은 행해진다.

- 그 외

주유 차량 / 자동요금 징수 시스템 / 차량 고장 점검 / 자동 세탁 / 게임 / 스키 리프트 / 스포츠 기록 등에 우리 생활에 연관된 모든 곳에 사용이 가능할 것이다.

6-3-3. 동선의 지속적 파악과 추적 가능성의 확대

ID의 인식이 가능한 경우, 특정한 ID가 인식되는 지리적인 위치나 좌표의 정보를 지속적으로 축적함으로써 해당 물건(또는 이용자)의 동선을 파악하는 것이 가능해진다.

유비쿼터스의 적용을 통하여 사물이나 대상에 관련된 시·공간을 초월하는 정보의 축적과 추적이 가능하게 될 것이다. 해당 사물이나 대상의 관점에서는 라이프 사이클에 대한 정보(생산 및 제품정보)의 추적 가능성을 의미하고, 이동하거나 처리중인 사물이나 대상에 대해서는 위치 파악 기능과 결부되어 지리적 추적 가능성을 의미하게 된다.

특정한 사물이나 대상이 추적가능한 것은 그 물건에 대한 시간상, 공간상의 정보가 현재의 내용뿐만 아니라 과거, 그리고 예상된 미래의 내용까지도 시스템(네트워크 포함)을 통하여 확보·관리할 수 있음을 의미한다. 특정한 사물이나 대상을 지속적으로 추적하여 그 사물에 가해지는 Activity에 대한 정보와 상태의 변화 등에 관한 정보가 지속적으로 축적되면서 과정상의 정보가 축적·활용될 수 있다.

6-3-4. Context 정보의 활용과 Customization

Context Awareness는 해당 Contexts의 차별성을 인지하고 이에 따라 차별화된 서비스를 제공하는 것을 목적으로 한다. Context Awareness와 관련하여 다양한 방식에 의하여 파악되는 상황에 대한 정보와 이용자에 대한 정보가 유비쿼터스의 활용에 있어 직접적으로 활용이 된다. 기존의 운영과 비교하여 팔목 상대하게 변화하는 부분은 Context Awareness와 상황 판단의 자율성과 관련된 인공지능과 상황 정보의 활용에 있어 고도화 되는 것이다. 이와 같은 기능을 도출하기 위하여 다음과 같은 추가 연구가 필요할 것이다.

- Context 정보의 표현 방식, 저장 위치, 저장 방식

- Context 정보의 갱신주기, 처리 오버헤드 감소 방법
- 중요한 의미를 갖는 위치정보의 처리 문제

6-3-5. 사생활 보호 문제의 부각

Context Awareness와 관련하여 사람 외적인 정보, 즉 환경이나 위치 등에 대한 내용의 정보도 있을 수 있지만, 개인이나 개인의 단체(가정이나 조직)에 대한 구체적인 정보도 포함될 수 있기 때문에 사생활 보호의 문제가 확대될 수 있다. 즉, 수집된 정보가 네트워크를 통해 전송되면서 이용자의 프라이버시가 노출될 가능성이 높은 것이다. 인식된 개인에 대한 정보를 자율성을 지닌 유비쿼터스 기술이 상황에 적절히 대처한다는 명분으로 무단으로 유포·확산할 수 있는 가능성이 상존한다. 또한, 자율성과 이용자의 프라이버시 시간 상충관계 극복도 관건이 될 것이다.

프라이버시 이슈는 향후 유비쿼터스 컴퓨팅 보급에 걸림돌이 될 가능성이 높다. 프라이버시 보호에 대해서 사용자가 만족할 만한 기술적 대안이 마련되지 않으면 유비쿼터스 컴퓨팅에 의존하기를 꺼릴 것이다. 개개인들이 유비쿼터스를 사용하게 하기 위해서는 기술을 사용함에 따른 혜택이나 수익 이전에 사생활과 개인의 정보가 불필요하게 노출됨으로써 발생할 수 있는 불안과 거부감을 차단할 수 있어야 한다. 이러한 부적절한 영향을 막기 위해 네트워크에 접속할 때는 복잡한 인증과정을 거침으로 해결할 수도 있지만, 결국 복잡한 인증과정 자체가 이용자의 작업 집중을 방해할 수 있기 때문에, 편재형 컴퓨팅의 목표에 부합되는 것이다.

유비쿼터스와 관련한 사회·문화적 측면을 적절하게 이해하기 위해서는 사생활 보호 문제에 대하여 다음과 같은 연구가 먼저 선행되어야 할 것이다. 첫째로 자동으로 끊임 없는 네트워크를 구성하는 기능과 사용자에게 개인정보의 손실여부를 알려주는 기

능의 조화로운 연동 방법을 연구해야 할 것이며, 두 번째로 편제형 컴퓨팅에 사용될 수 있는 다양한 인종 방법(생체, 암호화 등)에 대한 연구가 필요하다.

6-3-6. 현실공간(Context) 정보의 집중 활용

현실공간과 관련하여 유비쿼터스가 부가가치를 창출할 수 있는 것은 현실공간에 접합하는 유비쿼터스 요소 그 자체에 있기보다는 거기서 파악된 정보를 시스템을 통하여 처리하고 자율적인 시스템을 통하여 현실공간을 지원할 수 있기 때문에 가능하다. 현실공간에서의 제반 활동이나 움직임들이 다른 사람, 물건, 공간적 시설물 등과의 상호작용 속에서 이루어진다는 점에서 유비쿼터스에 의하여 제공되어지는 다른 사람, 물건, 공간적 시설물, 그리고 공간이 지니는 환경적인 측면 등에 대한 데이터나 정보는 제반활동과 의사결정에 중요한 역할을 수행할 수 있다. 물론 이와 같은 정보가 확보된 상태에서 현실공간의 서비스는 체계적이고 효과적으로 제공될 수 있을 것이다. 회의실, 건물 등에 사용자의 위치를 파악할 수 있는 기반 시설을 설치하여, 사용자 위치에 따른 효과적인 서비스를 제공할 수 있는 것이다.

현실공간은 사실상 모든 사물과 모든 활동이 포괄적으로 담겨있기 때문에 모든 사물, 그리고 모든 활동과 기능에 대하여 체계적인 구분 없이 전략에 대한 논의에 임하는 것은 적절하지 않을 것이다. 또한 공간의 개념을 설명하는 과정에 그 공간에 결부된 컴퓨팅 파워, 네트워크, 센싱, 시스템 등이 모든 기능을 수용할 수 있는 보편적인 기능공간일 수 있으나, 이런 기능공간의 구축은 너무나 많은 비용을 수반하고 경제적이지도 않을 것이다. 같은 맥락으로 USN기기의 경우에도 그 센서 네트워크가 지원하는 특정한 용도나 기능, 그리고 그 서비스의 내용에 의하여 세분화 되어야 하며, 서비스를 중심으로 특화되어야 할 것이다.

따라서, 유비쿼터스를 활용하여 탄생하게 되는 공간의 경우 시스템을 설계하는 용도나 기능, 또는 활동의 종류에 특화된 공간의 개념, 또는 특정한 기능 중심의 기능의 장이 될 것이다. 기능의 장 속에서는 특정한 목적과 의도가 충족되고 모든 시스템도 이런 목적과 의도를 중심으로 설계될 것이다. 유비쿼터스 환경에서는 현실공간을 대상으로 기존의 기능과 활동 등을 강화하는 것이 필요하다.

이는 공간에 존재하는 사물들의 물리적 위상과 정체성 식별을 통한 공간 개념의 정립, 공간 내에 존재하는 환경, 사물의 개별적 지능화를 통한 전반적인 공간의 지능화, 공간의 상황이나 환경에 대한 인식, 공간의 특징인 환경과 공간의 구성요소인 사물의 변화, 특성, 동선 등을 감식, 환경, 사물의 변화, 공간 이동 등 공간 내에서 이루어지는 다양한 활동과 기능의 진전을 지속적 연계, 공간 내 무수한 사물들과 공간 내 위치에 이동 주조체계를 부여하는 것이 필요한 것이다.

6.4 결 론

무선통신 기술의 발달로 사용자의 이동성이 제공되는 시점부터 위치 기반 서비스가 창출되었으며 미래 핵심 정보서비스로 주목 받고 있다. 이번 장에서는 미래의 유비쿼터스 위치기반 서비스 및 응용분야와 다양한 형태의 위치인식시스템에 대해서 살펴보고 정리하였다.

무선통신 기술이 응용과 서비스 범위, 전송속도에 따라 다양하게 발전하고 배치되고 있듯이, 위치 인식 기술 또한 살펴본 바와 같이 응용과 서비스 범위에 따라 다양한 기술이 연구되고 있다. 향후에는 특정 응용 및 환경에 적합한 위치 인식 기술에 대한 연구도 필요할 뿐만 아니라, 언제 어디에서나 끊임없는 위치 기반 서비스를 제공받기위해 다양한 위치 인식

시스템들 간의 연동방안에 대해서도 연구가 필요할 것으로 예상된다.

VII. USN 기기의 Mesh Network 구현을 위한 비컨 스케줄링 기법 연구

IEEE 802.15.4 LR WPAN 기술은 비컨 기반 네트워크 동작 모드와 비컨 없는 네트워크 동작 모드 두 가지를 사용할 수 있다. 비컨을 사용하지 않는 네트워크는 데이터 전송이 요구될 때에만 CSMA/CA를 이용하여 데이터를 전송하지만 자신의 부모 노드가 이 시간에 깨어 있다는 보장이 없으므로 Ack가 오지 않으면 데이터 전송의 보장이 없이 계속 데이터를 전송하게 될 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 이 PAN의 모든 코디네이터가 항상 수신 모드에 있어서 End Device의 데이터 전송을 수신할 수 있어야 가능한 일이므로 전력 절감 효과를 얻을 수 없는 상황이 된다.

이러한 관점에서 비컨 기반 WPAN은 비컨에 그 슈퍼프레임의 정보가 들어 있으므로 코디네이터도 매 슈퍼프레임마다 Sleep 모드로 들어 갈 수 있는 가능성이 있게 되어 비컨 없이 동작하는 WPAN이 비해 많은 강점을 제공할 수 있다.

그러나 비컨을 사용한 WPAN이 멀티 홉의 네트워크 구조를 가지면 IEEE 802.15.4 표준에 의한 기술로는 비컨 충돌의 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위한 방안으로 비컨 스케줄링을 연구 개발하게 되었다. 비컨 스케줄링은 멀티 홉 토폴로지에서도 아웃 또는 부모 또는 자식 WPAN 기기로서의 데이터 전송 시 비컨 프레임의 충돌로부터 하나 또는 그 이상의 WPAN 기기의 비컨 프레임을 보호하기 위해 필요하다.

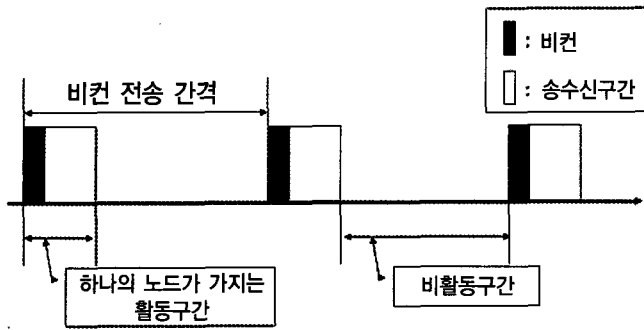
본 장에서는 ZigBee 네트워크 계층에서의 비컨 전

송 방법을 소개하고 그 문제점을 살펴본 뒤, 이 문제점을 완화시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 특히 현재의 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜은 유비쿼터스 네트워크 환경을 지원하기 위해서는 기본적으로 필요한 멀티 홉 토폴로지를 이용한 비컨 충돌이 일어나지 않는 알고리즘을 개발하고 국제 표준화 단체와 기업 등에서 가장 신뢰하는 OPNET 시뮬레이터를 사용하여 개발한 알고리즘을 검증하여 신뢰성을 확인하였다. 또한, 개발한 알고리즘을 다루어 현재 IEEE 802.15.4 MAC 계층 프로토콜의 개선 작업을 진행하고 있는 IEEE 802.15.4b 국제 표준화 단체에 국제 표준을 제안하여 좀 더 발빠르게 앞서 나가는 방향을 제시하였다.

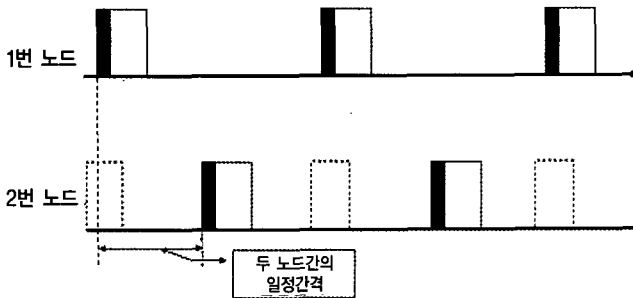
7-1 유비쿼터스 네트워크 환경을 지원하기 위한 현재 IEEE 802.15.4 MAC 문제점 도출

근거리 무선 통신 네트워크를 이용한 유비쿼터스 네트워킹은 기본적으로 멀티 홉 통신이 가능하여야 한다. 하지만 현재 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜의 경우 비컨을 사용하는 Beacon-Enabled PAN의 모든 코디네이터는 비컨을 전송하고 이 비컨을 이용하여 슈퍼프레임의 동기화를 유지하게 되는데, 트리 구조의 네트워크 토폴로지에서도 PNC(PAN Coordinator)와 코디네이터가 전송하는 비컨이 서로 충돌하여 네트워크 상에서 비컨을 듣지 못하는 경우가 발생하여 멀티 홉 통신을 불가능하게 한다. 이 비컨 충돌 문제를 상세히 설명하면 다음과 같다.

(그림 5)는 하나의 노드가 보내는 비컨의 전송 간격을 나타낸 것이다. 하나의 노드는 비컨을 전송한 후 데이터를 송수신하는 구간을 가진 다음 전력소모를 줄이기 위해 휴면 구간을 가진다. 이 때의 간격은 일정하게 하여 다음 번 비컨 전송, 데이터 송수신, 휴



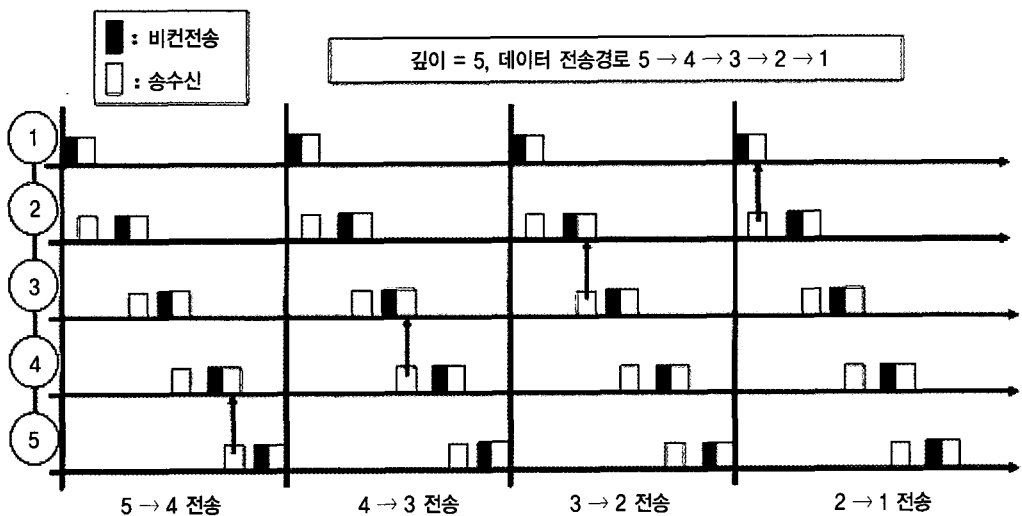
(그림 5) 하나의 노드가 보내는 비컨의 전송 간격



(그림 6) 두 노드 간의 비컨 전송 상황

면 구간에도 똑같이 적용된다. 즉, 일정한 간격으로 비컨 전송, 데이터 송수신, 휴면 구간이 반복되는 것이다. 이 노드의 휴면 구간에서는 데이터의 송신이 가능하나 수신은 불가하며 비컨의 전송은 네트워크 구성에 있어 가장 끝에 있는 경우 자신의 아래에 노드를 연결할 때 필요로 하는 것이 비컨이므로 이와 같은 경우에는 일정 시간이 지난 후에는 비컨 전송 시간을 필요로 하지 않는다.

(그림 6)은 1번 노드와 2번 노드 간의 비컨 전송 시 발생하는 두 노드 간의 비컨 전송 상황을 보여준다. 1번 노드는 2번 노드에게 비컨을 전송하고 다음 비컨을 전송하기까지의 타임 슬롯을 2번 노드에게 전송한다. 이를 받은 2번 노드는 1번 노드와 비컨 전송 충돌을 피하기 위해 1번 노드가 사용하지 않는



(그림 7) Depth에 따른 비컨 전송

구간의 시작 부분에 자신의 비컨을 전송하는 것이다. 이와 같은 방법으로 비컨을 전송하여 데이터 송·수신을 하게 되면 다음과 같은 문제점이 발생할 수 있다.

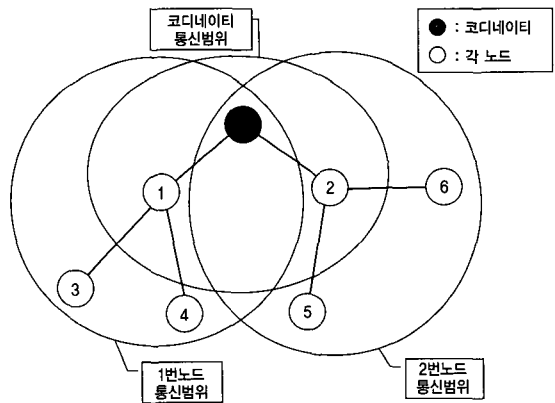
먼저, (그림 7)은 (그림 6)과 같은 방법으로 비컨 전송 시점을 구성하여 통신을 할 때 노드 간의 위치가 깊어짐에 따른 데이터 전송의 비효율성을 보인다. (그림 7)과 같이 노드의 깊이가 5인 네트워크 구성에서 노드 5번이 노드 1번에게 데이터를 전송하려고 한다면 노드 4번이 노드 5번이 보내는 데이터를 수신할 수 있는 기간에 데이터를 보내야 하는데 노드 4번의 데이터 수신 기간이 이미 지났으므로 한 번 더 노드 4번의 수신 기간이 올 때까지 기다려야 하며 이와 같은 한 순환기간씩 늦은 시간으로 노드 1번까지 데이터를 보내야 하므로 전송시간이 전체적으로 늘어나는 문제점이 발생한다.

그리고, 아주 가끔 적은 양의 데이터 만을 전송하기를 원하는 센서 네트워크의 경우에는 적용 가능하지만 25% 이상의 Duty를 필요로 하는 응용의 경우에는 3 개 이상의 트리 구조는 가질 수 없으므로 WPAN의 확장에 문제가 있게 된다. 또한, 트리 구조에서는 전력 소모 절약을 위해 BO(Beacon Order)를 슈퍼프레임 Order보다 크게 주었다. 이러한 방식을 따르면 기기는 자신의 비컨 전송 시간과 CAP 구간을 제외한 나머지 구간에서는 활동을 하지 않아야 하지만 자신의 부모에게 데이터를 전송하기 위해서는 부모의 CAP 구간 또한 활동을 하고 있어야 하므로 전력소모 절약의 효과가 감소되는 문제가 발생하게 된다.

예를 들어 듀티 사이클이 x%인 응용의 경우 전력 절약 효율은 $(100 - x)/100$ 인 반면, 비활성 구간을 이용하여 비컨 스케줄링을 하면 전력 소모 절약 효과는 $(100 - x)/200$ 에 그치게 되는 단점이 있다. 또한, 메시 네트워크가 이루어지게 되면 모든 기기에게 데

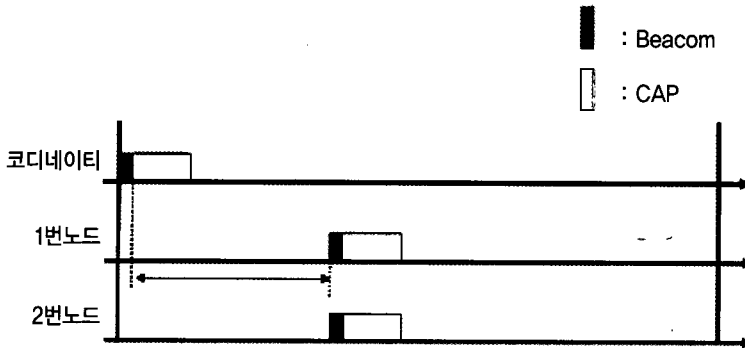
이터를 보낼 수 있게 되므로 모든 기기의 CAP 구간에도 항상 활동하고 있어야 하므로 실질적인 전력소모 절약이 이루어지지 않는다.

끝으로, 본 비컨 전송 방법을 사용하였을때 네트워크 망이 깨진다는 것은 궁극적으로 망의 확장이 불가하다는 것을 말하는 것이다. 이는 현재 추구하고 있는 BcN 서비스 기반 멀티 홉 무선 센서 네트워크의 취지에 부합되지 않는 것이다. (그림 8)은 (그림 5)와 (그림 6)의 방식을 거쳐 구성될 수 있는 무선 네트워크 환경을 보인 것이다. 코디네이터는 1번과 2번 노드를 자신의 통신 범위 안에 두고 있으며 1번과 2번 노드는 각각 3번, 4번 노드와 5번 6번 노드를 자신의 통신 범위 안에 두고서 WPAN 환경을 구성한 것이다.



(그림 8) 간단한 네트워크 환경의 구성

(그림 9)는 (그림 8)에서 구성된 네트워크 환경에서 (그림 9-2)와 같은 방식으로 비컨 전송시간을 구성하였을 때의 모습이다. 코디네이터가 보내는 비컨을 1번, 2번 노드가 들었을 때 1번, 2번 노드 자체의 통신 범위에는 서로가 보이지 않기 때문에 코디네이터의 전송시간에서 같은 시간만큼 간격을 둔 후 자신들의 비컨을 전송하는 형태를 보인다. 이런 경우에는



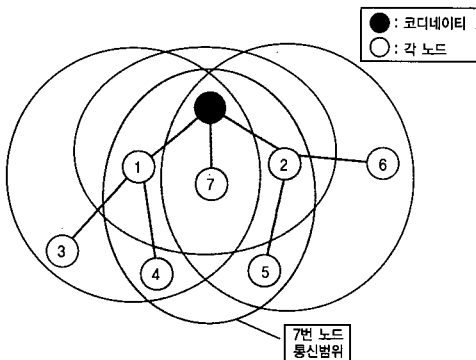
(그림 9) (그림 8)의 네트워크 환경을 비컨 전송시간으로 구성

컨을 수신하여 자신의 비컨 전송시간을 계산하기 때문에 7번의 비컨 송신시간도 1번, 2번 노드와 같은 시간에 전송하게 된다. 이와 같은 구성이 되었을 때, 코디네이터와 1번, 2번, 7번 노드 간의 통신은 코디네이터의 비컨 전송만 수신하면 되므로 통신에 문제가 없다. 그러나, (그림 4)와 같은 네트워

앞서 말한 바와 같이 서로가 자신의 범위 안에 있지 않기 때문에 1번, 2번 노드의 비컨 전송시간이 같다고 하여도 이후 3번, 4번, 5번, 6번 노드와의 연결 및 데이터 전송을 위해 비컨을 전송하여도 문제가 되지 않는다.

(그림 10)은 7번 노드가 새롭게 연결을 위해 나타났을 때의 모습이다. 7번 노드는 코디네이터의 범위 안에 들어와 있으며 7번 노드의 범위에는 1번, 2번, 4번, 5번 노드를 포함하고 있다.

크가 구성된 상황에서 7번 노드가 생성된다면 문제가 발생한다. (그림 6)에서와 같이 7번 노드의 범위가 4번, 5번 노드를 통신 범위로 포함하고 있으며, 비컨 전송시간은 1번, 2번 노드와 같기 때문에 1번, 2번, 7번 노드가 비컨을 동시에 전송하게 되면 3번은 1번과 7번이 4번은 2번과 7번이 동시에 송신하기 때문에 비컨이 충돌하게 된다. 이로 인해, 이미 구성된 네트워크가 깨지게 되며 통신이 불가능하게 된다. 이런 비컨 충돌의 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜의 슈퍼프레임의 CAP 구간에 BOP(Beacon Only Period)라는 비컨 전송을 위한 구간을 새로 구성하였고 비컨 충돌을 해결하기 위한 새로운 프리미티브를 설계하여 비컨 충돌의 문제를 해결하는 방안을 연구하여 OPNET 시뮬레이터의 모델을 개발하고 검증하였다.

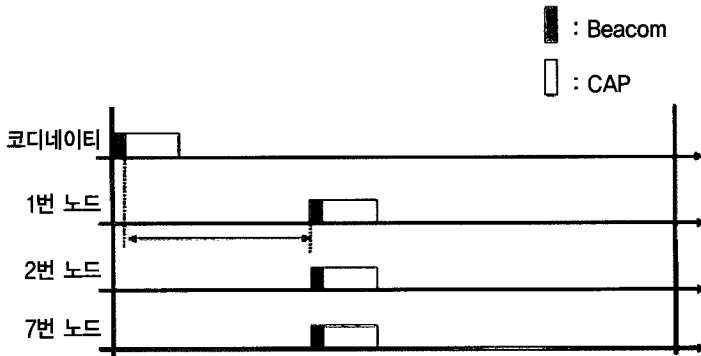


(그림 10) 7번 노드가 새롭게 나타날 때의 네트워크 환경

7-2 유비쿼터스 네트워킹을 지원하기 위한 무선 메쉬 네트워크의 비컨 스케줄링 시나리오 제안

(그림 11)은 (그림 6)과 같은 방식으로 비컨의 전송시간을 구성한 모습이다. 7번은 코디네이터의 비

앞선 절에서는 무선 트리 네트워크에 관련되어 스케줄링을 새로 제안하였다. 이번 절에서는 무선 메쉬 네트워크에 적용할 수 있는 비컨 스케줄링을 WPAN



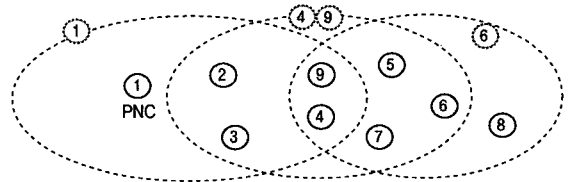
(그림 11) (그림 10)의 네트워크 환경을 비컨 전송 시간으로 구성

메쉬 네트워크 시나리오를 기반으로 설명하겠다. 무선 메쉬 네트워크는 기존의 점 대 점, 점 대 다점의 무선통신의 방식과는 달리, 유선망의 메쉬형태의 네트워크 구조를 무선망에서도 같은 구조를 가짐으로 망의 신뢰도 및 적은 출력을 이용한 무선망의 확장 등의 장점을 가지고자 하는 기술이다. 이러한 무선메쉬 네트워크의 유사기술은 다음 표와 같이 비교될 수 있는데, 망의 확장성, 신뢰성, 이동성 측면에서 무선메쉬 네트워크는 장점을 가지고 있으며, 차세대 이동통신, 홈네트워킹, 공공안전과 같은 특수 목적 네트워크 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다.

현재 무선 메쉬 네트워크 관련 표준화 단체로는 무선 랜에서 메쉬 네트워크를 사용하기 위한 802.11 TGs에서 표준화를 다루고 있으며 WPAN에서는 802.15.5에서 표준화를 다루고 있다. 먼저 WPAN에서 Mesh Network를 이용할 때의 주요 장점을 정리하면 다음과 같다.

- 네트워크 범위를 전송 파워 또는 수신 감도를 증가시키지 않고도 확장할 수 있다.
- Route의 중복을 방지하여 신뢰성을 향상시킨다.
- 네트워크 configuration을 보다 쉽게 할 수 있다.
- 재전송으로 줄임으로 인하여 배터리 수명을 보다 길게 할 수 있다.

(그림 12)와 같은 네트워크 형태를 메쉬 형태로 구성한다고 가정하여 시나리오를 정하고 처음 구성부터 Association 그리고 Reassociation과 메쉬 네트워크에 필요한 Neighborhood table, 비컨 스케줄링 등을 설명하면 다음과 같다.

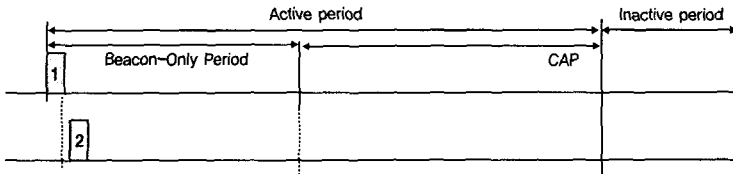


(그림 12) 메쉬 네트워크의 한 형태

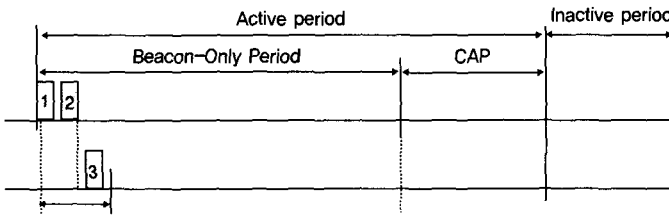
- (1) 먼저 기기 1은 스캔을 통해 네트워크 상에 어떠한 기기도 존재하지 않는다는 것을 알고 자신이 PNC가 된다.
- (2) 기기 2는 기기 1과 Association하고 PANID, Short address를 할당받고 비컨 1의 비컨 전송 주기에 비컨 전송 주기를 결정한다. 비컨 전송 주기를 도식하면 (그림 9-15)와 같다.
- (3) 기기 1과 기기 2는 상호간의 비컨을 들을 수 있게 되고 이 비컨 정보를 Neighborhood Table에 저장한다.

<표 9-1> Neighborhood Table

Device ID	2	...	...	...
PANID	1	...	...	...
Mesh neighbor address	0x00002	...	...	...
RSSI(dBm)	-49	...	...	...
Device information	1	...	...	...



(그림 9-15) 기기 1과 기기 2의 비컨 스케줄링



(그림 9-16) 기기 1, 2, 3의 비컨 스케줄링

- Neighborhood Table을 간략히 설명하면 Neighborhood Table의 정보는 비컨을 수신하여 얻게 되며 비컨을 전송한 기기의 PANID, Short address, 그리고 RSSI(수신신호강도)와 PNC인지 혹은 PNC에서 몇 번째 홉에 위치한 기기인지를 나타내는 Device information으로 구성된다.

(4) 기기 1과 2가 서로 Association된 상태에서 기기 3이 전원을 키고 들어왔다. 기기 3은 기기 1 또는 기기 2가 보낸 비컨을 받고 2대의 기기가 비컨 스케줄링을 통해 비컨을 보내고 있음을 알게된다. 기기 3은 정책에 따라 가) 와 나) 가운데 하나를 선택하여 Association할 것인지를 결정한다.

가) 기기1(PNC)에 Association할 것인지 또는 나) 기기2(RSSI에 의해 보다 가까운 위치에 있다고 가정함.)

이 경우에는 가) 방식을 사용하여 (같은 RF Range에서는 Device information의 우선순위가 높은 기기와 Association하는 방식) Association한다.

(5) 기기 3은 기기 1(PNC)와 Association하고 비컨 충돌 회피를 위해 아래 (그림 9-16)과 같이 비컨을 스케줄링하여 보낸다.

(6) 기기 3은 기기 1과 기기 2의 비컨 정보와 RSSI를 계산하여 Neighborhood Table에 저장한다.

(7) 기기 1과 기기 2도 기기 3이 보낸 비컨 정보와 RSSI를 계산하여 Neighborhood Table을 update한다.

(8) 기기 3은 기기 1과 기기 2의 비컨 정보와 RSSI를 계산하여 Neighborhood Table에 저장한다.

<표 9-2> 기기 3의 Neighborhood Table

Device ID	1	2	...	...
PANID	1	1	...	...
Mesh neighbor address	0x00001	0x0002	...	...
RSSI(dBm)	-49	-40	...	...
Device information	0	1	...	...

(9) 기기 4도 마찬가지로 방법으로 기기 1과 association하고 PANID, Short address를 할당받고 자신의 비컨 전송 주기를 결정한다. 그리고 같은 통신 범위에 있는 기기 1, 2, 3의 정보를 Neighborhood Table에 저장한다. 다른 기기들도 기기 4의 비컨을 받고 기기4의 정보를 Neighborhood Table에 저장한다.

(10) 이제 기기 1의 통신 범위 밖에 존재하는 기기 5가 전원을 켜고 스캔을 실행한다.

(11) 기기 5가 새로 들어오면 스캔 과정을 통해 다른 PNC 또는 코디네이터의 비컨을 수신하는

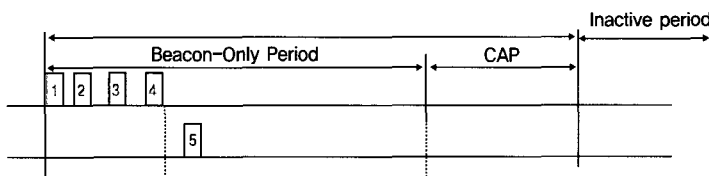
데 그림에서 볼 수 있듯이 기기 5는 기기 1의 통신 범위 밖에 있기 때문에 기기 1의 비컨을 들을 수 없고 기기 1과 Association한 기기 2, 3, 4의 비컨을 듣게된다. 이 때 기기 5는 비컨을 전송하는 기기 가운데 가장 먼저 비컨을 수신한 기기에게 Association한다.

(12) 여기에서는 기기 5가 기기 4의 비컨을 가장 먼저 수신하였다고 가정하고 기기 4는 기기 4와 association하고 PANID, Short address, 비컨 전송 주기를 할당 받는다. 기기 4와 5는 상호간에 비컨 충돌없이 비컨을 전송할 수 있게된다.

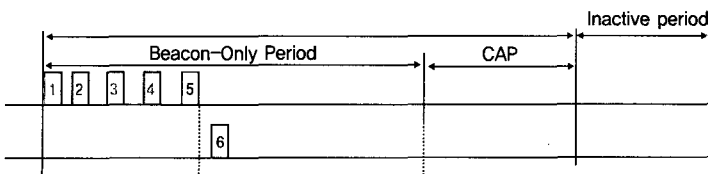
(13) 기기 4는 기기 5에게 비컨 전송 주기를 할당하고 기기 1에게 BOP update command를 전송한다.

- 기기 4가 기기 1에게 BOP update command를 전송하는 이유는 기기 1의 경우 기기 4가 비컨 전송 주기를 할당한 내용을 모르기 때문이다.

(14) BOP update command를 받으면 기기 1은 현재까지 스케줄링하고 있는 BOP에 하나의 비컨 전송 주기를 추가한다.



(그림 9-17) 기기 1, 2, 3, 4, 5의 비컨 스케줄링



(그림 9-18) 기기 1, 2, 3, 4, 5, 6 간의 비컨 스케줄링

(15) 기기 6이 새로 들어오면 스캔을 통해 기기 2, 3, 4, 5의 비컨을 듣게 되고 가장 먼저 비컨을 수신한 기기에게 Association한다. 여기에서는 기기 6이 기기 3의 비컨을 가장 먼저 수신하였다고 가정하고 기기 6은 기기 3과 association하고 PANID, Short address, 비컨 전송 주기를 할당받는다. 기기 6은 비컨 스케줄링에 의해 할당받은 주기에 자신의 비컨을 전송한다.

(16) 기기 7과 8도 (그림 9-14)와 같은 위치에 새로 들어오게 되고 기기 6과 마찬가지로 가장 먼저 비컨을 들은 기기와 association하고 PANID, Short address를 할당받고 비컨 전송 주기를 결정하고 자신에게 비컨을 보낸 기기의 정보를 Neighborhood Table에 저장한다. 기기 7은 기기 3의 비컨을 가장 먼저 들었고 기기 8은 1 홉 위치에 있는 기기가 현재 기기 4 이외에 존재하지 않으므로 기기 4와 Association하게 된다. 여기서 기기 7과 8이 기기 5, 6과 association하지 않는 이유는 기기 5와 기기6은 PNC를 기준으로 2 홉 위치에 있고 기기 2, 3, 4는 PNC와 1 홉 위치에 있는

기기이기 때문에 기기 2, 3, 4 가운데 가장 먼저 비컨을 전송한 기기와 Association한 것이다. PNC를 기준으로 몇 번째 위치한 기기인지에 관한 정보는 자신의 비컨 프레임의 Device Information에 담아 전송한다. Device Information이 0이면 PNC이고 PNC와 Association하는 기기는 1, Device Information이 1인 기기와 Association하는 기기는 2로 설

정하여 비컨을 전송하게 된다.

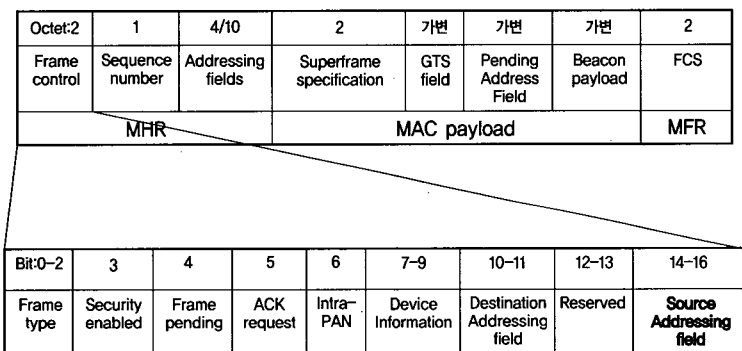
- (17) 기기 7과 8도 PNC와 직접 Association한 것이 아니라 1 홉 위치에 있는 기기와 Association한 것이므로 BOP update command를 보내서 비컨 전송 주기를 update하게 한다.
- (18) 이제 기기 9가 그림과 같은 위치에 존재하게 된다. 기기 9는 PNC의 비컨을 직접 들을 수 있으므로 PNC와 Association한다. 기기 9는 PNC로부터 자신의 PANID, Short address를 할당받고 자신의 비컨 전송 시간을 할당받는다.
- (19) 기기 9는 자신과 같은 통신 범위에 있는 모든 기기의 비컨을 수신받고 그 정보를 Neighborhood Table에 저장한다.
- (20) 기기 9의 Neighborhood Table은 <표 9-3>과 같다.
- (21) 이제 모든 기기들은 Association을 통하여 자신의 PANID와 Short address를 할당받았으며 비컨 스케줄링을 통하여 자신의 비컨을 전

송한다. 그리고 자신과 같은 통신 범위에 있는 모든 기기들의 비컨을 수신하여 필요한 정보를 Neighborhood Table에 저장하였으므로 Association한 기기이외에도 특별한 라우팅 알고리즘의 지원없이 직접 통신이 가능하게 된다.

- (22) 멀티 홉 통신이 필요한 경우에는 자신과 Association한 기기에게 데이터를 전송하여 목적지로 전송하는 방법을 사용한다. 예를 들어 기기 8이 기기 1에게 데이터를 전송하고자 하는 경우 자신과 Association한 기기 4에게 데이터를 전송하고 기기 4는 목적지가 자신이 아니므로 목적지인 기기 1에게 전달한다.
- (23) 만약 기기 4가 고장이 난 경우를 가정하면 기기 8은 기기 4의 비컨을 들을 수 없을 것이다. 이 때 기기 8은 기기 4의 네트워크에서의 존재 유무를 확인하기 위해 Orphan scan을 먼저 실시하고 Beacon conflict request 또는 다른 어떠한 command도 받지 못한다면 기

기 8은 기기 4가 네트워크 상에서 더 이상 동작하지 않는다고 판단하고 Reassociation을 과정을 진행한다.

(24) 기기 8의 reassociation 과정은 기존의 association과 마찬가지로 스캔을 통해 Device information의 우선 순위가 가장 높은 기기를 찾고 만약 이러한 기기가 여럿 존재하는 경우에는 가장 먼저 비컨을 들는 기기와 reassociation하는 방법을 사용한다.



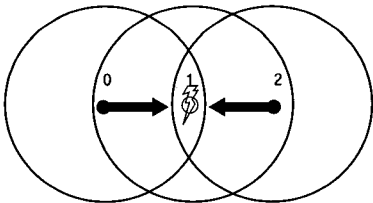
(그림 9-19) 그림 비컨 프레임에 새로 Device Information을 추가한 그림

<표 9-3> 기기 9가 갖는 Neighborhood Table

Device ID	1	2	3	4	5	6	7	8
PANID	1	1	1	1	1	1	1	1
Mesh neighbor address	0x0001	0x0002	0x0002	0x0002	0x0002	0x0002	0x0002	0x0002
RSSI(dBm)	-49	-32	-59	-69	-28	-58	-49	-57
Device information	0	1	1	1	2	2	2	1

- (25) 현재 기기 8이 reassociation하기 전에 스캔을 통해 들을 수 있는 Device information의 우선 순위가 가장 높은 기기가 9 이외에 존재하지 않기 때문에 기기 9와 reassociation하게 된다. 이제 만약 기기 8이 기기 1에게 데이터를 전송하는 경우 기기 9에게 보내게 되고 기기 9는 자신이 목적지가 아니므로 기기 1에게 전달하는 방식을 사용하게 된다.
- (26) 멀티 홉을 거쳐서 통신하는 경우가 아닌 Neighborhood table에 정보를 갖고 있는 기기에게 데이터를 전달하는 경우에는 목적지로 직접 전달할 수 있게 된다.

7-3 메시 네트워크에서 Hidden Node 문제로 인한 비컨 충돌 해결 방안



(그림 9-20) 비컨 충돌에 위한 Hidden Node 발생

(그림 9-20)과 같이 기기 0과 기기 2는 서로 다른 통신 영역에 존재하므로 상호간에 비컨을 들을 수 없고 스케줄링도 할 수 없다고 할 때 기기 1이 위의 그림과 같은 위치에 있을 때 기기 0과 기기 2가 보낸 비컨이 충돌하여 기기 1은 자신의 주변에 어떤 기기도 없다고 판단할 수 있다. 이러한 경우에 사용할 수 있는 비컨 스케줄링 순서는 다음과 같다.

- (1) IEEE 802.15.4의 경우에는 이 경우에 자신의 주위에 어떤 기기도 없다고 판단하여 기기 1이 새로운 PNC가 되어 문제가 발생할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 PNC가 되기 전에

Hidden Node가 발생한 것이 아닌지 확인하기 위해 항상 discovery request command를 보내도록 한다.

- (2) discovery request command를 받은 기기 0과 기기 2는 CSMA/CA 이후 random backoff를 한번 더 한 후에 discovery response command를 기기 1에게 보낸다.
- (3) 기기 1은 기기 0과 기기 2 모두에게서 discovery response command를 받고 기기 0과 기기 2가 자신과(기기 1) 같은 통신 범위에 존재하고 비컨을 보내지만 같은 비컨 전송 주기에 보냄으로써 충돌이 발생한다고 여긴다.
- (4) 기기 1은 기기 0과 기기 2중 하나를 임의로 선택하여(예를 들면 먼저 command를 보낸 기기) 비컨 전송 주기를 조정하기 위한 beacon realignment request command를 보낸다. 위의 그림의 예에서 기기 2가 beacon realignment request command를 받았다면 기기 2는 비컨 충돌을 피하기 위해 자신의 슈퍼프레임 한번의 주기 동안 비컨을 전송하지 않는다. 그리고 자신의 비컨 전송 슬롯은 beacon realignment slot으로 비워두고 BOP내의 바로 뒤의 슬롯으로 자신의 비컨 전송 영역을 이동시킨다.
- (5) 이제 비컨 충돌없이 기기 1은 기기 0과 기기 1의 비컨을 모두 들을 수 있게 되었지만 기기 2의 비컨 전송을 위한 슬롯이 한 슬롯 뒤로 이동하였기 때문에 새로 기기 0과 association을 통해 비컨 전송 주기를 할당받는 기기와 충돌할 여지가 있다. 따라서 기기 1은 기기 0에게 다음 하나의 슬롯을 비워두라는 비컨 Beaconslot empty request command를 보낸다. 이 command를 받은 기기 0은 자신의 BOP내의 비컨 전송을 위한 다음 슬롯을 비워두게 된다.

이와 같은 순서를 거쳐 기존에 발생했던 비컨 충돌에 의한 Hidden Node의 문제점을 beacon realignment re-quest command를 이용하여 해결하는 한편 비컨 스케줄링의 재조정에 의한 향후 발생 가능한 비컨 충돌 문제를 Beaconslot empty request command를 이용하여 해결하였다. 그러나 무선 통신의 경우 Hidden Node로 인한 문제는 여러 가지 변수를 갖고 다양하게 나타나므로 향후 추가적인 연구를 통해 나타날 수 있는 다른 여러 가지 상황을 도출하고 이를 해결하기 위한 보다 개선된 방법을 지속적으로 연구 개발해야 할 것이다.

VIII. 결 론

지난 5월 U-City 포럼 창립 총회에서 발표한 미국의 Gale Interantional 사의 John Kim 부사장의 발표를 통해 필자는 느낀 바가 많았다. 미국의 아이젠하워 대통령은 fast Food의 아버지라는 표현을 사용하였던 것이다. 아이젠하워 대통령은 미국의 현재 Highway 시스템을 설계하고 이를 구축한 위대한 업

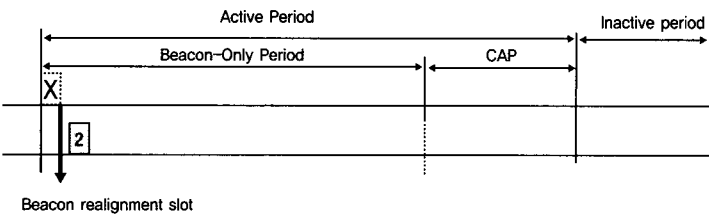
적을 이루신 분이신데 Fast Food의 아버지라는 표현이 의아하였으며 이내 그 의미를 파악할 수 있었다. 고속 도로 건설은 국가의 기간망을 확충하는 일이므로 국가적인 위업으로 이루어진 일이지만 고속도로 건설할 당시 아이젠하워 대통령은 이 기간망의 건설로 인하여 맥도날드나 버거킹 산업과 같은 Fast Food 산업이 그만큼 활황을 이룰 것이라는 생각은 꿈에도 하지 못했는데 이것을 이루게 되어 미국의 새로운 산업을 가능하게 하였으며 이를 통하여 미국의 많은 직업을 창출하였다는 것을 의미하는 것이었다.

U-City는 이와 같이 현재는 미래에 다가올 새로운 산업의 모습을 상상할 수는 없겠지만 이로 인하여 발생할 미래 투자 가치는 어마어마할 것이라는 것은 짐작하기에 어렵지 않다. 대규모의 정보 통신 인프라와 유비쿼터스 센서 네트워크의 구축, 그리고 사람들을 위한 각종 새로운 서비스는 많은 새로운 산업의 창출로 이어져 지금은 가능하지 못할 새로운 시장이 이루어 질 수 있을 것을 기대하기 어렵지 않다.

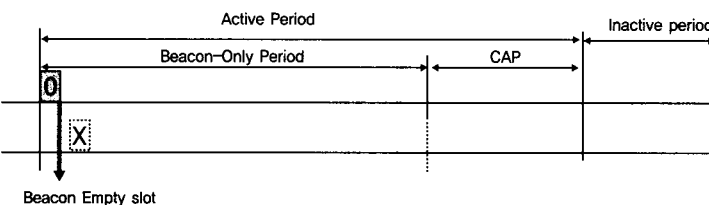
그럼에도 불구하고 U-City의 구축에 가장 어려운 부분은 실제 U-City의 완공 시기는 대부분 5년 이후이며 이 기간 동안 유비쿼터스 네트워킹 기술이 진화할 때 이 기술과의 호환성 지원 (Backward and Forward Compatibility) 문제는 매우 염려스러운 부분이다.

또한 U-City라는 이름의 도시를 건설한다고 하면서 U-City라고 불리어지지 않는 기존의 도시와 어떻게 차별화할 것인지는 아직 대안이 없이 각 지자체와 해당 기관은 다투어 U-City라는 표현을 서슴없이 사용하고 있는 것이다.

그리고 하나의 U-City에서 다양한 기술을 이용하여 여러 가지의 서



(그림 9-21) Beacon realignment request를 통한 비컨 스케줄링 재조정



(그림 9-22) Beaconslot empty request를 통한 비컨 스케줄링 재조정

비스를 구현하면 그 U-City 안에서의 서비스 사이의 상호 운용성은 지원되지 않을 뿐만 아니라 다른 U-City를 넘나들 때 발생할 서비스 사이의 상호 운용성 문제는 매우 많은 문제를 야기시킬 수 있는 상황이다. 이 문제의 해결은 각 지자체가 스스로의 기술을 통한 서비스의 개발을 지양하고 U-City Forum의 표준화 작업에 참여하여 함께 문제를 해결해 나가야 할 것이다.

본 고에서는 이와 같은 U-City를 구현하는 데에 핵심적으로 필요한 BcN 기술과 무선 네트워킹 기술의 개요 및 표준화 동향에 대해 알아 보고, 이 기술들을 적용하여 U-City를 구현할 때 반드시 고려하여야 할 핵심 이슈들에 대해 논하였다. 이 기술들에는 유비쿼터스 네트워크의 핵심인 Context-Awareness 기술과 Ad Hoc 네트워크 기술, 그리고, USN을 구현하는 데에 가장 좋은 아키텍처를 지원하는 것으로 인정 받고 있는 IEEE 802.15.4, 4a, 그리고 ZigBee 기술의 문제점 및 이의 해결 방안에 대해 논하였다. RFID 기술은 U-City 구현 기술에 매우 중요한 역할을 하는 핵심 기술이지만 많은 수의 참고 자료와 본 특집에도 함께 실리므로 이에 대한 설명은 생략하였다.

[참고 문헌]

- [1] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific America, pp. 94-104, Sept., 1991; reprinted in IEEE Pervasive Computing, pp. 19-25, Jan.-Mar, 2002.
- [2] 사카무라 켄, 유비쿼터스 컴퓨팅 혁명, 동방미디어, 2002.
- [3] 사카무라 켄, "유비쿼터스 컴퓨팅 - 그 실현을 위해," u-Korea Forum 창립기념세미나, pp. 5-76, u-Korea Forum 준비위원회, 전자신문사, 한국전자통신연구원, 동방미디어, 2003년 4월 15일.
- [4] 노무라 총합연구소, 박우경, 김의 역, 유비쿼터스 네트워크와 신사회 시스템, 전자신문사, 2003.
- [5] <http://cooltown/dev/wpapers/webpres/WebPresence.asp>
- [6] Debashis Saha, and Amitava Mukherjee, "Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century," IEEE Computer, pp. 25-30, 2003.
- [7] IEEE 802.15, <http://grouper.ieee.org/groups/802/15>
- [8] Bluetooth, <http://www.bluetooth.com>
- [9] Draft Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN)
- [10] Draft Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN)
- [11] 정보통신부, <http://www.mic.go.kr>
- [12] ISO/IEC JTC1/SC31, <http://usnet03.uccouncil.org/sc31>
- [13] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, August 2002.
- [14] W. Ye, H. Heidemann, and D. Estrin, "An Energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks", In 21st conference of the IEEE computer and Communications Societies (INFOCOM), volume 3, pages 1657-1576, June 2002.
- [15] ITU-T NGN-FG, "Functional Requirements and Architecture of NGN(Y.NGN-FRM)," 2004. 6.
- [16] 광대역 통합망 기술 워크숍 발표자료 2004. 6. 17.
- [17] Paul Woosnam, 10 Hottest Technologies, Telecommunications, 2003.

- [18] C.R. Lin and M. Gerla, "MACA/PR: An Asynchronous Multimedia Multihop Wireless Network," IEEE INFOCOM' 97, 1997.
- [19] Seoung-Bum Lee, "INSIGNIA: In-Band Signaling Support for QoS in Mobile Ad Hoc Networks," International Workshop on MoMuC' 98, 1998.
- [20] C.E. Perkins, E.M. Royer, "Ad hoc On-demand Distance Vector Routing," IEEE WMCSA' 99, 1999.
- [21] IEEE Std 802.15.4TM-2003, IEEE Standard for Information technology - Telecommunication and Information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)
- [22] ZigBee Document 02130r9, Network Specification Revision 9, Draft Version 0.92
- [23] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," in Proceedings of the IEEE INFOCOM 2002, pp. 1567-1576, Jun. 2002.
- [24] E. Callaway, P. Gorday, L. Hester, J.A. Gutierrez, M. Naeve, B. Heile and V. Bahl, "Home networking with IEEE 802.15.4: a developing standard for low-rate wireless personal area networks," IEEE Communications Magazine, Aug. 2002.
- [25] ZigBee Alliance Web site <http://www.zigbee.org/members/>
- [26] G.D. Abowd, C.G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper and M. Pinkerton, "Cyberguide: A mobile context-aware tour guide," ACM Wireless Networks, 3(5), 1997
- [27] Jeffrey Hightower, Gaetano Borriello, "Location Sensing Techniques," Technical Report UW-CSE-01-07-01, University of Washington, July 2001.
- [28] OPNET, <http://www.opnet.com>



전호인

1992년 3월 ~ 현재 강원대학교 전기정보전자공학부 부교수

2001년 1월 ~ 현재 1394 Forum 의장

2003년 8월 ~ 현재 홈 네트워크 포럼 Technical Directors 위원장

2003년 11월 ~ 현재 ISO/IEC JTC1 SC6 WG1 국제 의장

2005년 3월 ~ 현재 U-Banking Forum 의장

2005년 4월 ~ 현재 U-City Forum 기술분과위원회 위원장

관심분야 : 홈 네트워크, 유비쿼터스 네트워크, IEEE 802.15.3, Zig-Bee over IEEE 802.15.4, IEEE 802.11, UWB, IEEE 1394, Wireless 1394, BcN, USN, U-City