

제 출 문

본 보고서를 「전송품질 보장형 무선 홈 네트워크를 위한 주파수 이용기술 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003. 12. 31.

연구책임자 : 전 호 인 (경원대학교)

연 구 원 : 최 진 산 (경원대학교)








연구보조원 : 김 용 배 (경원대학교)

김 범 주 (경원대학교)

김 덕 수 (경원대학교)

요약문

1. 과제명 : 전송품질 보장형 무선 홈 네트워킹을 위한 주파수 이용기술 연구
2. 연구 기간 : 2003년 2월 6일 ~ 2003년 12월 31일 (11개월)
3. 연구책임자 : 전 호 인
4. 계획 대 진도
가. 월별 추진내용

세부 연구 내용	연구자	월별 추진일정												비 고
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
- Ubiquitous Network 환경 구축을 위한 요구사항 점검	전호인													
- IEEE802.11e가 지원하는 전송 품질(QoS) 지원 기술 분석	김용배													
- HCF의 Scheduling 기법에 의한 QoS 강화 연구	김용배													
- IEEE802.15.3가 지원하는 전송 품질(QoS) 지원 기술분석	김덕수													
- IEEE1394.1 브릿지 표준의 한계점 분석	최진산													
- 무선 1394 기술을 위한 Multi Portal Bridge 기술연구	최진산													
- IEEE1394 신호 전송을 위한 프로토콜 정합기술 체계 연구	최진산													

세부 연구 내용	연구자	월별 추진일정												비 고
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
- NS-2 시뮬레이터를 이용한 MAC층에서의 동작 검증	김범주													
- 국제 및 국내 표준화회의 참 가 및 연구 결과기고	전호인													
- Ubiquitous 시대를 위한 새로 운 서비스 모델 창출 방안 검 토	김용배													
- 최종 보고서 제출	전호인													
분기별 수행진도(%)		20		60		80		100						

나. 세부 과제별 추진사항

1) Ubiquitous Network 환경 구축을 위한 요구사항 점검:

유비쿼터스 네트워크의 개념과 시나리오를 작성하고 유비쿼터스 네트워크환경을 위한 기반 기술로 WLAN, WPAN 통신 표준을 분석하여 유비쿼터스 네트워킹을 위한 무선 홈 네트워킹 기술의 구현 방안을 연구하였음.

2) IEEE802.11e가 지원하는 전송품질(QoS) 지원 기술 분석:

기존의 IEEE802.11 MAC에서 QoS를 제공하기 위해 추가된 기술로써 Prioritized QoS와 Parameterized QoS를 연구 검토하여 HCF의 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access) 메카니즘과 HCCA(HCF Controlled Channel Access) 메카니즘을 연구, 분석하였음.

3) HCF의 Scheduling 기법 향상에 의한 QoS 강화 연구:

IEEE802.11e에서 EDCA를 통한 QoS 지원 방안으로 IEEE802.11e Draft 6.0까지 나온 표준의 Scheduling 기법에 필요한 제반사항과 ACU(Admission Control Unit)을 연구, 분석

하였음.

4) IEEE802.15.3가 지원하는 전송품질(QoS) 지원 기술분석:

IEEE802.15.3 Draft 17까지 나온 Ad hoc 피코넷 구조와 슈퍼프레임 구조를 연구, 분석하여 채널 타임 관리, DEV간 통신 기술, 그 외에 PNC 핸드오버에 대한 기술을 분석하였음.

5) IEEE1394.1 브릿지 표준의 한계점 분석:

기존의 IEEE1394.1 브릿지 표준을 적용하여 무선 홈 네트워크를 구성할 경우 발생할 문제점들을 검토한 결과, 지금의 표준을 적용하여 구현한 무선 1394 기술은 총 버스의 개수가 63개를 넘을 수 없는 문제와 같은 한계점들을 발견하였음.

6) 무선 1394 기술을 위한 Multi Portal Bridge 기술연구:

기존의 브릿지 표준이 가지고 있는 한계를 해결하기 위해 MultiPortal Bridge를 새롭게 정의하고 이에 필요한 기술들을 연구하였음.

7) IEEE1394 신호 전송을 위한 프로토콜 정합기술 체계 연구:

IEEE1394 신호를 무선 백본 네트워크로 전달하기 위한 IEEE1394와 IEEE802.11a/e, IEEE802.15.3 사이의 인터페이스에 필요한 프로토콜 정합기술을 연구하였음.

8) NS-2 시뮬레이터를 이용한 MAC층에서의 동작 검증:

IEEE802.11e와 IEEE802.15.3 MAC의 동작을 시뮬레이션하기 위한 사전 작업으로 NS-2의 구조 분석과 IEEE802.11을 사용한 유·무선 네트워크상에서의 FTP 데이터 전송을 NS-2의 2.26 버전을 사용하여 시뮬레이션하였음.

9) 국제 및 국내 표준화회의 참가 및 연구 결과기고:

IEEE802.11, IEEE802.15.3, IEEE1394TA 국제 표준화회의에 참가하였으며, 이 회의에서 입수한 자료를 통해 Ubiquitous 홈 네트워크 구현에 필요한 기술을 연구, 분석 하였음. ISO/IEC JTC1 SC25 WG1 표준회의에 참가하여 국제 ISO 표준으로 채택되기 위해 본 연구에서 제안한 무선 1394 기술을 발표하고 새로운 프로젝트로 제안하였으나 NWIP (New Work Item Proposal)로는 채택되지 않았음.

10) Ubiquitous 시대를 위한 새로운 서비스 모델 창출 방안 검토:

유비쿼터스 네트워크 환경 구축에 필요한 기술을 기반으로 앞으로 도래하게 될 유비쿼터스 시대에 홈 네트워크에서 사용 가능한 어플리케이션과 새로운 서비스 모델 창출 방안을 검토하기 위해 미국, 일본, 유럽등 선진국의 유비쿼터스 산업 육성 동향과 추진 현황을 비교, 분석하였음.

5. 연구 결과

- 1) 유비쿼터스 네트워크 환경 구현을 위한 기반 기술 검토 완료.
"Always Connected" 관점에서 제공하기 위해 IEEE802.11 WLAN, IEEE802.15 WPAN, IEEE802.16 WMAN, IEEE802.20 MBWA 기술들이 필요하고, "Broadband Network" 관점에서는 고속의 가입자망을 필요로 하므로 차세대 통합 네트워크의 액세스 망이 필요하고, "Every Device in One Network" 관점에서는 센서 네트워크 같은 기술이 필요할 것을 판단됨.
- 2) 유비쿼터스 홈 네트워크의 전체 구조 완성. 유선 홈 네트워크 기술이 가지고 있는 문제로 인해, 무선으로 홈 네트워크를 구성 할 경우, 각각의 컴포넌트 네트워크 안에서는 IEEE1394같

은 기술을 사용하여 연결하고, 컴포넌트 네트워크 사이에는 무선 백본 네트워크가 필요함. 백본 네트워크로서 사용 가능한 QoS를 제공하는 무선 통신 기술인 IEEE802.11a/g/e와 IEEE802.15.3을 이용할 경우 IEEE1394와 무선 통신 프로토콜 사이에 프로토콜 정합기능을 가진 브릿지가 필요할 것으로 판단됨.

- 3) IEEE802.11e와 IEEE802.15.3의 QoS 지원 기술을 분석하였음. IEEE802.11e의 QoS 메카니즘으로 EDCA를 사용하는 Prioritized QoS와 HCCA를 사용하는 Parameterized QoS를 제공하고 있고, IEEE802.15.3에서는 디바이스에게 CTA를 할당해줌으로써 QoS를 제공함. STA들의 Service Scheduling 메카니즘에 따라 QoS의 성능 향상이 결정됨.
- 4) 무선 MAC을 검증하기 위해, NS-2를 이용한 무선망의 시뮬레이션을 하였음.

6. 기대효과

전송품질 보장형 무선 홈 네트워킹을 위한 주파수 이용 기술을 연구함으로써 Ubiquitous Networking 환경을 지원하는 정보가전 기기의 개발에 기초 기술로 활용가능하다. 또한 유·무선 멀티미디어 전송관련 산업체에 기술 정보로 활용가능하다. 이로 인하여 Ubiquitous 시대를 대비한 기초 기술의 확보로 시장을 조기 확보할 수 있고, 무선 홈 네트워킹 기술의 개발로 인하여 설치가 용이하여 홈 네트워킹 기술을 사용한 가정의 확산이 빨라질 것으로 예상된다.

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
Digital Oscilloscope	TDS350	1	파형측정	유		
Pentium PC	Pentium III	6	시뮬레이션	유		
XY Plotter	HP DesignJet 659C	1	자료출력	유		
Laser Printer	HP LaserJet 4050	1	자료출력	유		

8. 기타사항

없음

SUMMARY

It is known that Home Networking can play an important role for promoting Korean industries. That is why Korean government has selected the Intelligent Home Networking Technology as the one of the next-generation growth engines for the coming 10 years.

The problem of Home networking, however, is that there are too many working standards related with them. These include: Ethernet; HomePNA(Home Phonline Networking Alliance); PLC(Power Line Communications); IEEE1394; Bluetooth; UWB(Ultra Wide Band); IEEE802.11 WLAN; and IEEE802.15 WPAN technology. These various technologies are trying to get into the market by providing its own advantages that other technology does not support. Therefore, the Home Networking, inevitably, will adopt multiple standards, and thus, the home networking technology must be able to support heterogeneous network architecture, which makes the deployment delayed.

Moreover, there also exist too many control and streaming Home Networking middlewares including UPnP, HAVi, Jini, VHN(Versatile Home Networking), LonWorks, CENELEC, HNCP(Home Network Control Protocol), CEBus, and more. Too many working standards that are available in the market place have been causing serious interoperability problems. It is unlikely that a single networking technology with single middleware solution will exist that provide robust services that home appliances require.

In order to solve these problems, we need to adopt a well-defined home networking architecture based on backbone networks, rather than centralized home networking. If we determine to adopt a type

of backbone network, then we can design the whole home network by designing the bridge specifications between the component networks and backbone network. Under this architecture, we can list up the level of services that can provide killer applications, which might include VOD (Video on Demand) and/or EOD (Education on Demand). The concept of ubiquitous computing is also known to provide many killer applications. However, the ubiquitous computing requires various wireless networking technologies that uses well-organized frequency band.

Under the assumption that the proper frequency has been allocated in the right band, we need to choose a wireless networking technology that can provide enough bandwidth for the multimedia data communications with guaranteed QoS and data security suites supported. Considering the Korean home environment, two solutions are possible: IEEE 802.11a/g/e/i WLAN solutions or IEEE802.15.3.

With IEEE802.11a/g/e/i backbone network, we can deliver IEEE1394 A/V signals as well as control and command signals, while supporting legacy WLAN devices. This is the concept of Wireless 1394, and it requires IEEE1394.1 High Performance Serial Bus Bridge Specifications based on which PAL(Protocol Adaptation Layer) needs to be defined.

In this research project, we conducted a deep research on QoS mechanisms that IEEE 802.11e and IEEE 802.15.3 MAC provide, and presented the comparison chart. We also provided the simulation results of the wireless networking technologies using NS-2 network simulator. With the QoS of the wireless networking technologies mentioned above, we could deliver the isochronous IEEE 1394 data over the air. Since IEEE 1394.1 utilizes 2-port bridges, they came up with the concept of virtual bus incorporated inside the wireless domain. This virtual bus concept does not allow

more than 63 independent buses to be involved in the IEEE 1394 network, which also requires an enhancement of IEEE 1394.1 2-portal bridge specification, and we proposed multi-portal bridge concept to overcome the limitations that 1394.1 specification imposes. We also proposed a new concept of virtual port that can support the communication capabilities for the legacy IEEE 1394 devices.

Finally, we suggested a way of utilizing the frequency band of 5GHz band including 5.150 – 5.350 GHz and 5.470 – 5.825 GHz band based on the result of WRC-03 meeting that was held in June, 2003.

목 차

표목차	xiii
그림목차	xiv
제 1장 서 론	1
제 2장 유비쿼터스 환경을 위한 홈 네트워크	3
제 2-1절 유비쿼터스 네트워킹의 개념과 시나리오	3
제 2-2절 홈 네트워크 기술	8
제 2-3절 유비쿼터스 네트워킹을 위한 무선 홈 네트워킹 기술의 구현 방안	10
제 3장 IEEE802.11e의 QoS	20
제 3-1절 개 요	20
제 3-2절 IEEE802.11e에서의 트래픽 차별화	21
제 3-3절 IEEE802.11e의 MAC 구조	23
제 3-4절 QoS를 지원하기 위한 IEEE802.11e의 추가 기능	29
제 4장 IEEE802.15.3의 QoS	36
제 4-1절 개 요	36
제 4-2절 802.15.3 MAC(Medium Access Control)의 구조	37
제 4-3절 802.15.3 MAC의 기능	43
제 4-4절 IEEE802.11e와 IEEE802.15.3의 비교	60
제 5장 5GHz대 주파수를 이용하여 QoS를 지원하는 Wireless-	

IEEE1394 기술	62
제 5-1절 개 요	62
제 5-2절 QoS를 지원하는 A/V용 IEEE 1394기술	64
제 5-3절 IEEE1394 버스 간 통신을 위한 IEEE 1394.1 브릿지 기술	65
제 5-4절 IEEE1394.1 기반 무선 1394용 PAL (Protocol Adaptation Layer)	68
제 5-5절 Legacy 1394 기기의 버스 간 통신을 위한 가상 포트	71
제 5-6절 실험 및 고찰	74
제 5-7절 결 론	78
제 6장 NS-2를 이용한 무선 네트워크 시뮬레이션	80
제 6-1절 개 요	80
제 6-2절 NS-2 구조	81
제 6-3절 무선 네트워킹 시뮬레이션	82
제 6-4절 유무선 환경에서의 시뮬레이션	90
제 6-5절 시뮬레이션 결과	92
제 7장 QoS 지원 무선 홈 네트워킹을 위한 5GHz대 주파수 이용 정책 방안	97
제 7-1절 5GHz대 주파수 사용 현황	97
제 7-2절 WRC-03 회의 결과	102
제 7-3절 QoS를 지원하는 초고속 무선 홈 네트워킹을 위한 5GHz대 주파수 이용 정책 방안	104
제 8장 결 론	106
참고자료	108

표 목 차

<표 3-1> IEEE 802.1d의 우선순위와 AC와의 맵핑	22
<표 3-2> QoS 제어 필드	22
<표 3-3> 디폴트 EDCA 파라미터 값	24
<표 4-1> PNC 선택 기준	44
<표 4-2> IEEE802.11e와 IEEE802.15.3 비교	61
<표 5-1> 주소 변환 테이블	66
<표 5-2> Brg 필드	68
<표 5-3> PAL 헤더	71
<표 5-4> Self ID 패킷의 P 필드	73
<표 5-5> P 필드	73
<표 7-1> 미국의 소출력 무선기기 관련 기술기준	99
<표 7-2> 유럽의 맥내망 무선설비 관련 기술기준	100
<표 7-3> 일본의 소출력 무선기기 관련 기술기준	101
<표 7-4> 한국의 소출력 무선기기 관련 기술기준	101
<표 7-5> Resolves 1의 결과	103
<표 7-6> Resolves 2의 결과	103

그림 목 차

<그림 2-1> 유비쿼터스 네트워킹 환경을 구현한 세 가지 공간	4
<그림 2-2> 홈 네트워킹 기술을 채택한 주택의 구조	10
<그림 2-3> 분산형 홈 네트워킹을 요구하는 전형적인 한국 주택의 구조.	12
<그림 2-4> 분산형 홈 네트워킹 시스템의 모델	13
<그림 3-1> IEEE802.11e의 프레임형태	22
<그림 3-2> IEEE802.11e의 MCA 구조	23
<그림 3-3> EDCA를 통해 차별화된 트래픽의 전송 모델	25
<그림 3-4> Backoff를 통한 EDCA의 매체 접근	25
<그림 3-5> EDCA의 타이밍	26
<그림 3-6> HCCA를 통한 채널 접근 방법	27
<그림 3-7> TS(Traffic Stream) 설정 메시지 시퀀스 차트	28
<그림 3-8> TSPEC(Traffic Specification)	28
<그림 3-9> 스케줄링 예제	30
<그림 3-10> 스트림이 제거된 경우 TXOP의 재할당	31
<그림 3-11> DLP 설정	32
<그림 3-12> Block ACK 메카니즘의 메시지 시퀀스 차트	34
<그림 3-13> Immediate Block ACK	34
<그림 3-14> Delayed Block ACK	35
<그림 4-1> 802.15.3 피코넷 구성요소	37
<그림 4-2> 802.15.3 참조 모델	38

<그림 4-3> 802.15.3의 일반적인 MAC 헤더 프레임 형식	39
<그림 4-4> 802.15.3의 일반적인 MAC 프레임 바디 형식	40
<그림 4-5> 802.15.3의 비컨 프레임	41
<그림 4-6> 802.15.3 피코넷의 슈퍼프레임 구조	42
<그림 4-7> 스캔 동작 메시지 시퀀스 차트	43
<그림 4-8> 피코넷 시작 메시지 시퀀스 차트	44
<그림 4-9> PNC 핸드오버 메시지 시퀀스 차트	45
<그림 4-10> 부모 피코넷과 자식 피코넷과의 슈퍼프레임 관계	46
<그림 4-11> 자식 피코넷 생성 메시지 차트	47
<그림 4-12> 부모 피코넷과 이웃 피코넷과의 슈퍼프레임 관계	48
<그림 4-13> 이웃 피코넷 생성 메시지 시퀀스 차트	49
<그림 4-14> PNC Shutdown	49
<그림 4-15> 연관 프로시저 메시지 시퀀스 차트	51
<그림 4-16> DEV Association IE	52
<그림 4-17> 피코넷 서비스를 요청하기 위한 메시지 시퀀스 차트	53
<그림 4-18> 피코넷 서비스 커맨드	53
<그림 4-19> PNC Information Command	57
<그림 5-1> IEEE 1394 버스의 주소 체계	64
<그림 5-2> IEEE 1394.1 2-Portal 브릿지 모델	65
<그림 5-3> IEEE 1394.1의 모델	66
<그림 5-4> Self-ID 패킷 포맷	67

<그림 5-5>	IEEE 1394 프로토콜 스택	69
<그림 5-6>	무선 1394 프로토콜 스택	69
<그림 5-7>	IEEE 1394 서브액션 인캡슐레이션	70
<그림 5-8>	PAL 헤더	70
<그림 5-9>	무선 1394 로컬버스 구조	72
<그림 5-10>	Self ID 패킷 포맷	73
<그림 5-11>	실험에 사용된 기기	74
<그림 5-12>	IEEE 1394 버스 분석기	75
<그림 5-13>	파이어 스파이 데이터 전송 인터페이스	76
<그림 5-14>	버스 리셋 이전의 IEEE 1394 버스 상태	76
<그림 5-15>	버스 리셋 이후의 IEEE 1394 버스의 분석	77
<그림 6-1>	NS-2 구조	81
<그림 6-2>	NS-2 디렉토리 구조	82
<그림 6-3>	NS-2에서의 MobileNode	84
<그림 6-4>	MobileNode 객체간의 연결	85
<그림 6-5>	SRNode	85
<그림 6-6>	BaseStationNode	91
<그림 6-7>	시뮬레이션을 위한 유·무선 네트워크 구성	92
<그림 6-8>	유선 노드간의 패킷 전송	93
<그림 6-9>	BaseStationNode를 통한 무선 노드(3)로의 패킷 전송	94
<그림 6-10>	BaseStationNode를 통한 무선 노드(4)로의 패킷 전송	94
<그림 6-11>	시뮬레이션을 위한 무선 네트워크 구성	95

<그림 6-12> 무선 노드(0)에서 무선 노드(1)로의 패킷 전송	96
<그림 7-1> WRC-03 이전의 국내·외 5GHz 주파수 분배현황	102

제 1장 서론

지난 10년이 미국이 주도하여 인터넷으로 PC를 네트워크화하는 시기였다면, 21세기는 PC는 물론 다양한 형태의 휴대 단말기가 언제, 어디서나, 저가의 비용으로 고속의 통신을 지원받으며 끊임없이 차세대 인터넷에 연결되는 유비쿼터스 네트워크 시대가 개막된 것이다.

인간이 살아가는 지구상에서 이와 같은 유비쿼터스 세상의 필요성을 가장 많이 느끼는 곳이 가정 내라는 것은 짐작하기에 그리 어려운 일이 아니다. 그 이유는 하루 중에서 반 이상을 늘 지내는 곳이며 세상을 살아가는 기쁨과 애환이 항상 녹아 있는 곳이 가정이고, 개인의 모든 비밀과 미래를 묻어 두는 곳이 가정이요, 내가 유일하게 왕과 같은 지위를 부여받는 곳이 가정이기 때문이다. 또한, 가정이라는 하나의 작은 세상에 유비쿼터스 환경을 구현하는 것은 자신의 의지에 따라 나만의 맞춤형으로 언제든지 구현 가능한 일이기 때문에 유비쿼터스 세상이 가장 먼저 이루어질 곳은 가정이 될 것으로 보인다. 유비쿼터스 시대에서 가장 큰 인프라는 이미 가능성을 보이며 편재되고 있는 가정 내의 기간 통신을 위한 홈 네트워킹 시스템이 될 것이다. 이러한 관점에서 유비쿼터스 환경을 제공할 수 있는 홈 네트워킹 기술은 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 그리고 가정에서 유비쿼터스 네트워킹이 이루어지면 국가적인 차원의 인프라를 구축하는 데에 커다란 모티브를 제공할 것이기 때문에 가정 내의 유비쿼터스 네트워킹 환경의 구축은 매우 중요한 의미를 갖는다. 또한 홈 네트워킹 기술은 유비쿼터스 시대를 맞이하여 기존의 가전 시장이 겪고 있는 심각한 침체 현상을 해소해 줄 수 있는 핵심 기술로 부각되고 있다.

홈 네트워킹 기술 중에서 유선 홈 네트워킹 시스템은 유비쿼터스 시대를 위해서는 한계가 있는 기술이며 무선 통신 기술만이 진정한 유비쿼터스 시대를 가능하게 하는 기술일 것이다. 홈 네트워킹을 위한 무선 홈 네트워킹 기술의 가장 큰 강점은 기존의 맥내에 새로운 선을 설치할 필요가 없으므로 벽에 구멍을 뚫어야 할 공정이 생략되어 설치비가 줄어들고 각각의 정보가전 기기의 이동성이 보장된다는 것이다.

그러나 무선 통신기술을 이용하므로 여러 가지 제약 조건이 따르게 된다. 즉 통신 채널의 특성이 시간에 따라 변하는 Fading Channel이므로 Error Correcting Code를 이용해야 하며 따라서 사용할 수 있는 대역폭이 Code Rate

만큼 줄어든다는 것이다. 이것은 곧 보내고자 하는 데이터의 전송 속도에 영향을 주는 중요한 요인이 된다. 또한 공중에 전파가 방사되므로 Privacy에 대한 대책을 수립해야 하며 따라서 어떤 Security 정책을 사용하느냐에 따라 무선 네트워크의 성능이 판단된다고 해도 과언이 아니다. 거기다가 Data Security를 위한 알고리즘이 구현되면 홈 네트워킹을 위한 Plug-and-Play 기능이 지원되기 어렵기 때문에 그 유용성에도 불구하고 쉽게 사용하기가 쉽지 않은 부분이 있다.

또 다른 중요한 문제로는 무선 통신 시스템의 대역폭 한계이다. 이로 인해 서 QoS(Quality of Service)를 보장하는 데에 어려움이 있다. QoS 보장 기술은 오디오, 비디오 신호를 무선으로 전송할 때 필요한 기술이다. 등시성 전송 능력을 가지고 있으며 400Mbps에서 3.2Gbps까지의 높은 대역폭을 제공하여 멀티미디어 신호 전송 시 필요한 대역폭 문제를 해결할 수 있는 유일한 기술로 알려져 있는 IEEE1394 신호를 무선으로 전송하는 데에 이러한 QoS 보장 기술은 핵심적인 기술이다. 이처럼 QoS를 보장해 주는 무선 MAC 기술로는 현재 WLAN에서의 IEEE802.11E와 WPAN의 IEEE802.15.3을 예로 들 수 있다. 그러나 아직 IEEE1394 신호를 이러한 무선 전송 기술과 접목 시키는 기술 표준은 진행 중이고, 여러 문제점들이 많이 남아있다. 이와 같이 QoS를 보장하며 등시성 전송을 지원하는 홈 네트워킹 시스템을 무선 통신 기술로 구현할 수 있는 방안은 미래의 홈 네트워킹 시장의 선점은 물론 다가오는 유비쿼터스 시대를 준비하는 매우 중요한 기술이다.

본 연구에서는 유비쿼터스 네트워크 환경 구축을 위한 요구사항을 점검하여 유비쿼터스 네트워킹 환경을 지원하는 무선 홈 네트워킹 구조를 연구하였다. 이를 토대로 무선 통신 기술을 이용한 홈 네트워킹과 이를 위한 무선 백본 구현기술에 대해 연구하였고, 홈 네트워킹 백본으로 가장 각광을 받고 있는 IEEE802.11 WLAN 기술에 QoS를 지원하는 IEEE802.11e와 WPAN 기술 중에서 고속의 QoS를 지원하는 IEEE802.15.3 기술을 검토 정리하였다. 또한 IEEE 1394 기기들이 다른 버스에 있는 기기들에게 무선으로 데이터를 전송할 수 있는 무선 1394 전송 기술을 연구하기 위해 IEEE1394 기술과 IEEE 1394.1 High Performance Bus Bridge 표준에 대해 연구한 후 Multi-Portal Bridge를 이용한 Wireless 1394 PAL (Protocol Adaptation Layer)의 성능 개선에 대해 논하였다. 그리고 NS-2를 이용하여 무선 네트워킹 기술에 대한 시뮬레이션 결과를 제시하였으며, 끝으로 QoS를 지원하는 무선 홈 네트워킹을 위한 5GHz대 주파수 이용 정책 방안을 제시하였다.

제 2장 유비쿼터스 환경을 위한 홈 네트워크

제 2-1절 유비쿼터스 네트워킹의 개념과 시나리오

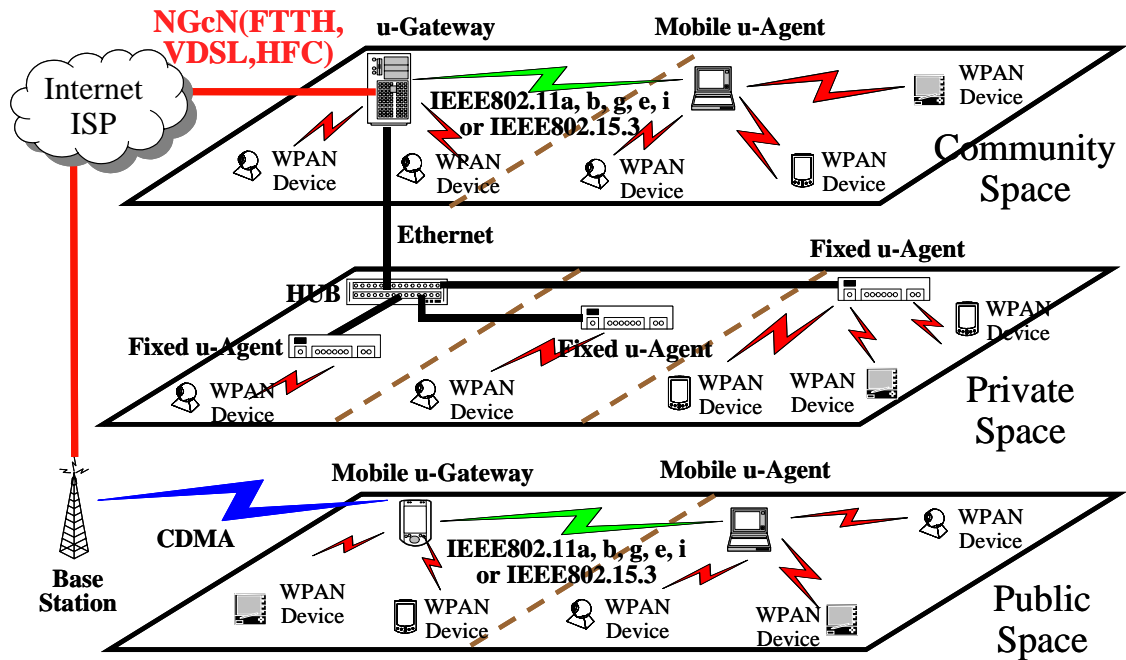
유비쿼터스 컴퓨팅의 창시자로 인정받는 마크 와이저[1]의 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 정의는 “어디에서든지 컴퓨터에 액세스가 가능한 세계 (Computing access will be everywhere.)”이었다. 본인의 의도에는 상관없이, 이 정의 속에는 네트워크 상에 있는 서버에 접속하여 원하는 서비스를 받기를 원하는 컴퓨터 사용자의 관점을 강조한 것으로 받아들여진다.

유비쿼터스 네트워킹에 대한 마크 와이저의 접근은 일본의 사카무라 켄 교수의 접근[2-4]과는 관점이 다소 다를 수 있다. 1984년에 시작된 일본의 TRON 프로젝트는 근본적으로 “모든 물건에 컴퓨터를” 이식하여 사람과 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 네트워킹은 Top-Down 방식에 해당한다고 할 수 있다.

두 사람의 접근에 어떠한 차이점이 존재하든 지금의 유비쿼터스 네트워킹은 이러한 기능 모두를 수용하여 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[5-7]. <그림 2-1>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 2-1> 유비쿼터스 네트워킹 환경을 구현한 세 가지 공간

<그림 2-1>에 보인 바와 같이, 가장 위층에 보이는 u-Gateway는 NGcN (Next Generation Convergence Network) 개념[8-10]을 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 센서들은 WLAN이나 IEEE802.15.3와 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 IEEE802.15.3이 필요하며, 센서와의 통신을 위한 Zig-Bee와 같은 센서 네트워크가 필요하다.

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 하는데 이를 위하여 TRON 프로젝트에서는 T-Engine을 개발하였다[4].

유비쿼터스 네트워킹의 정의와 접근은 미국과 유럽, 일본의 각 기업이 지향하는 비즈니스 모델과 적용 방안에 따라 그 특징이 모두 다르다[11]. 이는 유비쿼터스 네트워킹의 구현을 위한 접근과 정의가 다양하게 이루어질 수 있다는 것을 의미한다.

각국의 유비쿼터스 네트워킹에 대한 적용 예를 살펴보면 먼저, 미국의 경우 국방부 산하 고등 연구 계획국(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)은 정보처리기술국 (IPTO: Information Processing Technology Office)을 중심으로 유비쿼터스 네트워킹에 관련된 프로젝트를 지원하고 있다. 대표적인 프로젝트로 마이크로소프트사의 이지리빙(Easy Living) 프로젝트[12]는 건물과 실내의 사람들과 물체들에 대한 위치 관계를 나타낼 수 있는 기하학적인 모델링 시스템과 자동적 행위를 발생시키거나 행위에 대한 관계를 규명하는 기하학적 모델과 사물에 대한 정보를 저장하는 SQL DBMS를 기반으로 하는 월드 모델 등 분산 프로그래밍을 프레임워크로 하는 표준 웹 서비스들의 통합으로 이루어지며 지능적인 환경을 구축하는 시험적 시스템이다.

한편 HP 사의 쿨타운[13]은 유·무선 통신 네트워크 기술과 웹 기반의 정보통신 기술을 기반으로 하며, 전자 태그 및 내장형 웹 서버, 그리고 근거리 무선 통신이 가능한 PDA와 기존의 웹 인프라를 기반으로 하는 전자 공간에서 현실 세계의 사람과 사물이 연동되는 시나리오와 데모를 제시하였다.

UC Berkeley의 스마트 먼지(Smart Dust) 프로젝트는 1^{부피의 먼지} ^{mm³}처럼 작은 입자에 컴퓨터, 센서, 태양 전지 등을 탑재하여 자율적인 센서 네트워크의 역할을 하도록 하는 극소형 칩 개발이 목표이다. 이 프로젝트는 에너지 관리, 제품의 품질 관리 및 유통 경로 관리, 병력 및 장비의 이동 감지 등 RFID 시장을 대체할 수 있는 핵심 기술인 셈이다.

컴퓨터가 우리의 일상생활 속으로 들어가 컴퓨터의 협조를 통해 인간의 삶과 질을 지원하는 미래 컴퓨팅 비전을 목표로 하는 MIT미디어 랩의 생각하는 사물 (Things that think.) 프로젝트는 인간을 주인으로 섬기는 지능화된 사물 및 컴퓨터 연구로서 사물들은 사용자의 언어, 행동, 생활 습관 등을 스스로 이해하고 적합한 서비스를 제공한다.

MIT Computer Science Lab.의 옥시전(Oxygen) 프로젝트는 컴퓨터가 산소와 같이 풍부해져서 우리의 환경 자체를 파고드는 인간 중심의 컴퓨팅 환경을 추구한다.

컴퓨터 시스템에서 가장 중요한 자원은 프로세서, 메모리, 하드디스크, 네트워크가 아니라 인간의 집중도(Attention)라는 관점에 착안하여 사용자의 집중도를 떨어뜨리지 않으면서 작업할 수 있는 컴퓨터 환경 구성을 주요 목표로 하는 유비쿼터스 네트워킹 프로젝트가 CMU (Carnegie Mellon University)의 Aura 프로젝트이다[14-15].

Washington 대학의 Portolano 프로젝트는 사용자의 의도에 따른 다중 사용자 인터페이스 기능과 네트워크에 기초한 수평적, 계층적 서비스 기능, 그리고 액티브 네트워크, 분산처리 기반 Infrastructure 기능을 제공하는 것으로 이를 위해 분산 서비스를 위한 다중 인터페이스 기능과 상황 인지 컴퓨팅 기능 등이 중요한 핵심 기술이다.

IBM의 퍼베이시브 컴퓨팅[16]은 분산화와 다양성, 그리고 연결성과 간결성의 네 가지 패러다임을 기반으로 구현되는 차세대 핵심 기술이다. 퍼베이시브 기기에는 핸드헬드 컴퓨터, 스마트 카드, 셀룰러 폰, 셋톱박스, 대화형 텔레비전, 게임 콘솔, 홈 네트워크로 연결된 가전기기, 산업용 기기와 네트워크 스위치, 자동차 내의 크루즈 컨트롤, 차량 내의 전화, 방향 지시 보조 시스템 등이 이에 속한다.

유럽의 유비쿼터스 컴퓨팅 프로젝트는 2001년에 시작된 유럽 공동체(EU)의 미래 기술 계획(FET)에서 자금을 지원받아 “사라지는 컴퓨팅 계획 (Disappearing Computing Initiative)”이라는 개념의 구현에 역점을 두고 있다. 총 16 개의 연구 프로젝트로 구성되는 이 연구 사업은 일반 사물에 스마트한 기능이 증진된 정보 인공물(Information Artifacts)의 개발과 정보 인공물들 간의 상호 작용에 의한 새로운 기능과 용도 연구, 그리고 인간의 생활이 정보 인공물의 조합으로 이루어진 환경에 밀착하고 조화롭게 생활할 수 있는지에 대한 연구가 주요 방향이다.

“사라지는 컴퓨팅 계획” 중에서 스위스 연방 기술 연구소와 독일의 TecO (Telecooperation Office), 그리고 핀란드의 국립 연구소 등이 공동으로 진행

중인 “스마트 잇 (Smart It)” 프로젝트는 일상 사물에 소형의 내장형 디바이스인 “스마트 잇”을 삽입하여 감지, 인식, 컴퓨팅 및 통신 기능을 지닌 정보인공물 개발을 목적으로 한다. 이 프로젝트의 대표적인 프로토타입으로 미디어 컵 (Media Cup)이 있는데, 이는 일반 머그 컵에 “스마트 잇”을 보이지 않게 탑재함으로써 컵에 대한 정보와 함께 사용자의 정보까지도 인식, 처리, 전달할 수 있도록 한 것이다.

한편, 영국의 Kings College, HP 연구소, 독일의 Anitra, 스위스 연방기술 연구소, 프랑스의 Arjo Wiggins 등이 공동으로 수행하고 있는 “Paper++” 프로젝트는 센서가 포함되어 있는 투명한 잉크를 개발하여 이를 이용한 전자펜을 종이책에 대면 그 책의 그림에 대한 여러 가지 자료와 애니메이션이 전자펜에 연결된 기기에 나타나게 함으로써 유비쿼터스 환경을 구현하자는 것이다.

“Grocer” 프로젝트는 스페인의 Navara 대학에서 추진하고 있는 것으로 식료품 가게에서 Bluetooth, WAP, RFID 등과 같은 통신 기능을 갖는 위치 기반 정보 인공물을 시리얼 박스와 같은 일반 내장물에 내장하여 장소에 구애받지 않고 소비자로서 하여금 쇼핑을 가능하게 하는 유비쿼터스 시스템이다. 이 개념이 적용되면 소비자는 어디에서든 PDA나 휴대 전화를 이용하여 식료품을 검색하거나 구매할 수 있으며 개인별 맞춤형 서비스도 제공받을 수 있다.

“2Wear” 프로젝트는 입을 수 있고 가지고 다닐 수 있는 컴퓨터를 구현하자는 것으로, 어떤 사람이 사진을 찍으면 GPS에 연계된 시계에 의해 사진 찍은 위치와 시간이 함께 기록되고, 디지털 카메라의 저장 용량이 초과하면 자동으로 GPS의 공간으로 데이터가 저장된다.

이상에서 살펴 본 유비쿼터스 네트워킹의 구현 사례는 각 국의 유비쿼터스 네트워킹에 대한 관점의 차이를 조망하고자 함이 그 목적이었다. 즉 미국과 유럽, 그리고 일본의 유비쿼터스 네트워킹의 본질이 어디에 있는 상관 없이 유비쿼터스 네트워킹을 구현하려면 크게 다음과 같은 세 가지의 키워드가 세계적인 우수 기업과 연구소들이 지향하는 유비쿼터스 네트워킹 시스템을 대변해 주는 것으로 보인다. 즉, 그 첫 번째가 “Always Connected (상시 접속성)”이며 두 번째는 “Broadband Network (광대역 네트워킹)”이고 세 번째가 “Every Device in One Network”이라는 것이다.

제 2-2절 홈 네트워크 기술

지금 전 세계는 표준 전쟁을 치르고 있다. 20세기 말부터 시작된 IMT-2000 기술 표준이 세계적인 로밍 기능을 앞세운 이동통신의 표준으로 가장 대표적인 표준 전쟁의 중심에 놓여 있었다면, 21세기에 추가된 기술 표준 전쟁의 중심에는 홈 네트워킹 기술이 있는 셈이다. 그 이유는 가정 내의 모든 가전기기 및 PC 관련 제품들을 하나의 네트워크로 연결하고, 이 모든 기기들을 인터넷 접속을 통해 제어 및 데이터 전송이 가능하게 할 수 있는 홈 네트워크 분야가 IMT-2000 기술을 앞세운 이동통신 시장보다 더 큰 잠재력을 가지고 있기 때문이다. 따라서 가전 시장의 침체와 IT 산업을 일으켜 세울 가장 유력한 기술이 홈 네트워킹 기술이라는 사실에는 많은 공감대를 형성하고 있는 것으로 보인다. 정보통신부가 홈 네트워킹 기술을 이용하여, 기존의 가전 시장이 겪고 있는 심각한 침체 현상을 해소하고 전 국민들의 정보화 마인드 확산을 위해 인터넷 정보가전 산업 협의회를 구성하여 홈 네트워킹을 위한 기술 개발 및 표준을 제정하고 있는 것이 이를 입증하고 있는 것이다.

홈 네트워킹 기술을 채택한 주택이 기존의 주택과 다른 점은 댁내의 PC와 프린터 등과 같은 PC 관련 기기는 물론 냉장고, 세탁기 등 가정 내의 모든 가전 기기들을 하나의 네트워크로 연결하여, 서로의 정보를 공유하고 내부에서 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 각각의 기기가 인터넷에 동시에 접속할 수 있으며, 이에 따라 인터넷을 통하여 외부에서도 제어가 가능한, 첨단 정보 통신 시스템을 갖춘 주택이라는 점이다. 이와 같은 기능을 수행하려면, 가정 내에는 각 기기들 간의 네트워킹이 형성되어 상호 기기간의 통신은 물론 이를 통한 정보의 공유 및 엔터테인먼트 향유, 그리고 에너지 절약 기능과 홈오토메이션 기능 등을 제공할 수 있는 시스템과 소프트웨어가 지원되어야 한다.

홈 네트워킹의 중요한 응용 분야를 살펴보면 광대역 인터넷 서비스의 공유, 다중 전화 서비스, 멀티미디어 신호의 전송, 원격 접속, 다수가 참여하는 게임, 컴퓨터 주변 기기의 공유, 데이터와 파일의 공유, 홈오토메이션 등 매우 다양하다. 그러나 이 중에서 홈 네트워킹 시장을 주도할 진정한 킬러 애플리케이션을 찾기는 그리 쉬운 일이 아니다. 이미 검증된 비즈니스 모델을 모두 걷어내고 새로운 홈 네트워킹 기술을 적용하기에는 너무나 많은 비용이 소요되기 때문이다. 또한 이미 나름대로 홈 네트워킹 기능을 수행하고 있는 기술들이 존재하고 있으며 이 기술들은 각각의 다른 장점과 단점들을

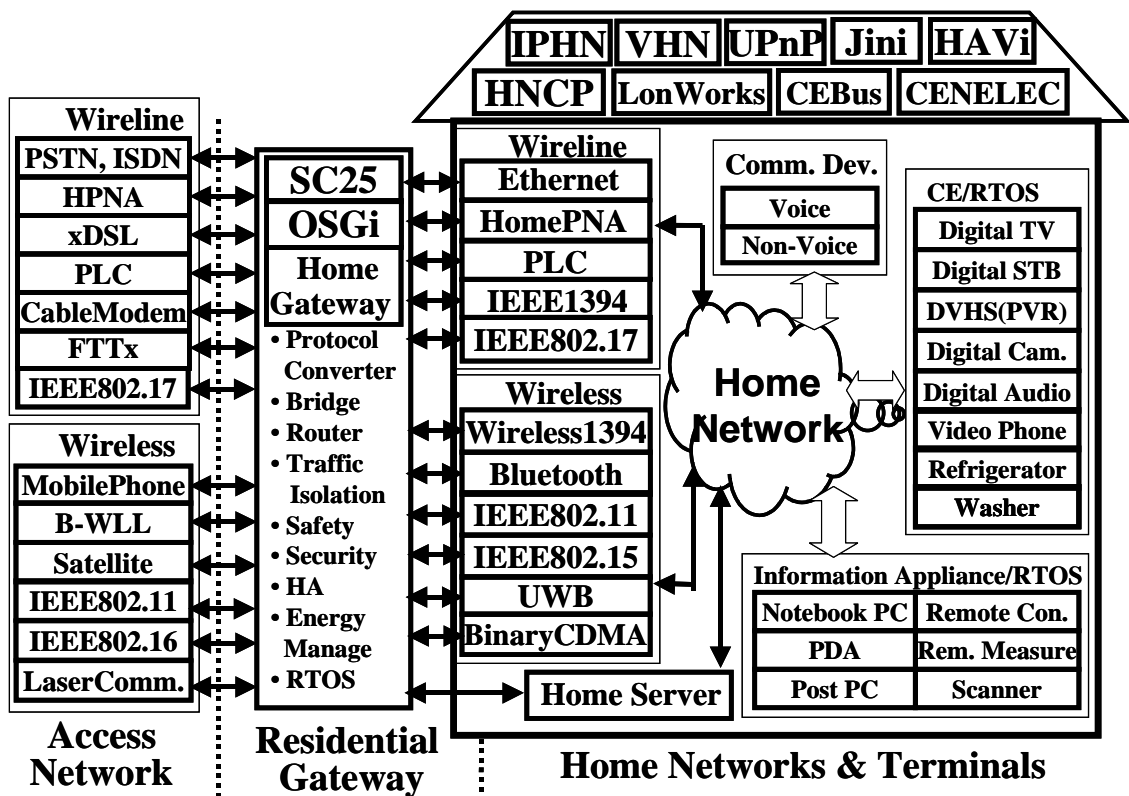
가지고 최선의 방안을 찾아 진화하고 있기 때문에 하나의 홈 네트워크 기술이 댁내에 설치되면 다른 기술을 이 집안에 설치하기란 사용자가 쉽게 움직이지 않을 것이기 때문이다.

홈 네트워크 시장이 아직 시장을 점유하지 못하고 있는 이유는 설치하기가 복잡할 뿐만 아니라 유지 보수도 어렵고 가격이 여전히 비싸며, 아직 시중에 많이 알려져 있지 않기 때문이다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 기기들 사이의 통일된 미들웨어의 부재로 인하여 상호 운용성이 보장되지 않기 때문일 것이다. 이러한 핵심적인 문제를 대처하고 홈 네트워크 기술이 시장의 우위를 범하기 위해서는 댁내 장치 간 고속의 데이터를 전송할 능력이 있어야 하며, 댁내 통신 및 가전 기기의 공통된 접속 규격이 뒤따라야 한다. 그리고 댁내의 원하는 장소에서 이동이 가능하여야 하며, 기존 설비를 적극 활용할 수 있는 기술이어야 하고, 가능한 한 신규 배선 억제해야 하며, 신규 주택 건축 시 사이버 표준 공법을 이용하여 시공할 필요가 있다. 무엇보다 중요한 것은 Plug and Play형의 간편한 설치가 이루어질 수 있어야 하며, 저 가격으로 구현할 수 있어야 하고, Human Interface를 쉽게 구현하여야 한다. 그리고 보안 및 사생활이 보장되도록 안전장치를 제공하여야 하며, 댁내에서 이중 망 토폴로지를 지원할 수 있도록 홈 네트워크를 구성하여야 하고, 차세대 멀티미디어 댁내 통신망으로의 전환이 용이하여야 한다.

전 세계적으로 기술 개발이 활발히 이루어지고 있는 홈 네트워크 기술을 고려하여, 가정 내의 여러 기기들을 연결하며, 외부에서 인터넷을 통하여 제어도 하고 인터넷에도 다중으로 접속이 가능한 새로운 개념의 미래 주택의 구조는 <그림 2-2>과 같은 구조가 될 것으로 예측된다. 홈 네트워크 기능을 갖춘 주택은 <그림 2-2>에 보인 바와 같이 가입자망(Access Network)과 홈 네트워크로 연결된 가정용 기기들, 그리고 이들을 연결시켜주는 게이트웨이(Residential Gateway)로 구성된다.

홈 네트워크를 위한 무선 홈 네트워크 기술의 가장 큰 강점은 기존의 댁내에 새로운 선을 설치할 필요가 없으므로 벽에 구멍을 뚫어야 할 공정이 생략되어 설치비가 줄어들고 각각의 정보가전 기기의 이동성이 보장된다는 것이다. 그러나 무선 통신기술을 이용하므로 여러 가지 제약 조건이 따르게 된다. 즉 통신 채널의 특성이 시간에 따라 변하는 Fading Channel이므로 Error Correcting Code를 이용해야 하며 따라서 사용할 수 있는 대역폭이 Code Rate 만큼 줄어든다는 것이다. 이것은 곧 보내고자 하는 데이터의 전송 속도에 영향을 주는 중요한 요인이 된다. 또한 공중에 전파가 방사되므로 Privacy에 대한 대책을 수립해야 하며 따라서 어떤 Security 정책을 사

용하느냐에 따라 무선 네트워크의 성능이 판단된다고 해도 과언이 아니다. 거기다가 Data Security를 위한 알고리즘이 구현되면 홈 네트워킹을 위한 Plug-and-Play 기능이 지원되기가 어렵기 때문에 그 유용성에도 불구하고 쉽게 사용하기가 쉽지 않은 부분이 있다. 또한 아직 Physical Layer를 지원하는 칩의 가격이 매우 높으며, 이들 칩 간의 상호 운용성을 위한 표준 규격이 지원되어야 한다는 것이 무엇보다 중요하다.



<그림 2-2> 홈 네트워킹 기술을 채택한 주택의 구조

제 2-3절 유비쿼터스 네트워킹을 위한 무선 홈 네트워킹 기술의 구현 방안

2003년으로 접어들면서 한국은 미래의 5년 동안 우리나라의 경제를 지탱해 나갈 핵심 기술 개발에 대한 대대적인 투자를 계획하고 이에 대한 방향을 잡기 위하여 정부 부처별로 많은 시간을 들여 방안을 모색하고 있다. 그 중에서 산업자원부와 정보 통신부의 미래 산업에 대한 방향이 어느 정도 가

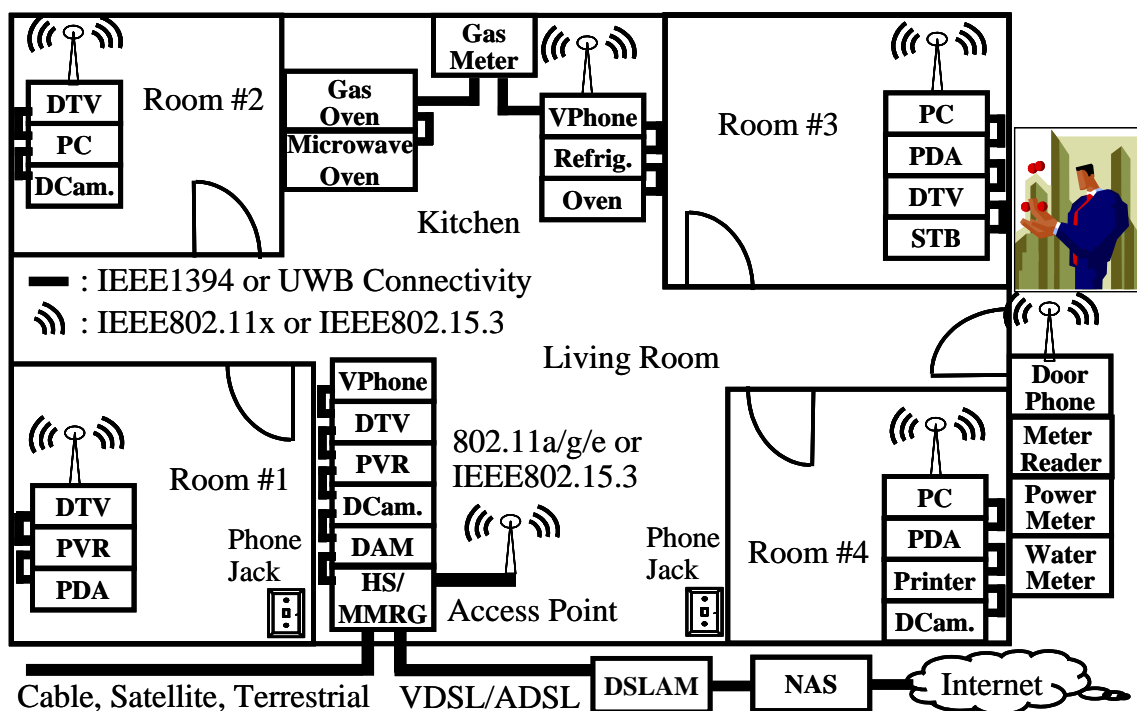
닥을 잡아가고 있는데 정보통신부는 차세대 성장 동력 산업에 대한 미래의 비전이라면 산업자원부는 미래 전략 산업 발전 전략이라는 기치 아래 두 부처 공히 차세대 Digital TV와 Digital STB 등을 포함하는 디지털 가전기기는 물론 홈 네트워킹 기술과 디지털 그린 가전기기에 대한 기술 개발에 역량을 집중시키기로 결정하였다. 즉 홈 네트워킹과 디지털 가전 산업을 육성함으로써 침체된 IT 산업을 일으키는 계기로 삼자는 것이다.

그러나 이와 같은 정책을 시행하기 전에 세심한 주의를 기울여야 할 부분이 존재한다. 그 이유는 가전기기를 각 사가 임의대로 만들면 상호 운용성의 문제로 인하여 시장을 키우지도 못할 뿐만 아니라 고가의 제품을 사 들여야만 하는 소비자의 부담으로 인하여 홈 네트워킹 시장은 꽃을 피우지 못하고 고사하는 위기를 맞을 수도 있기 때문이다. 이러한 위험성을 해소하기 위하여 홈 네트워킹 기술을 이용하여 스마트 홈을 구축할 때에는 가장 먼저 홈 네트워킹의 아키텍처를 고려하여야 지속적인 서비스의 업그레이드를 지원할 수 있을 것이며 이 방법이야말로 모든 산업이 자신의 파이를 확보할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다.

홈 네트워킹의 아키텍처를 결정하기 위해 <그림 2-2>에 보인 바와 같은 일반적인 홈 네트워킹 구조를 먼저 고려해 보자. <그림 2-2>의 홈 네트워킹 시스템에서 댁내의 모든 기기에는 이 그림의 지붕에 표시된 제어 혹은 스트리밍 미들웨어 중의 하나가 공통으로 탑재되어야 상호 운용성이 보장되며 각각의 기기들을 제어할 수 있다. 이 모든 기기들은 Ethernet, HomePNA, PLC, IEEE 1394, IEEE802.17 등과 같은 유선 홈 네트워킹 기술과, Bluetooth, IEEE802.15.3, UWB (Ultra Wide Band), IEEE802.11 WLAN, Binary CDMA 기술 등과 같은 무선 홈 네트워킹 기술에 의해 상호 연결되어 있으며, Residential Gateway를 통하여 유·무선 가입자망을 거쳐 외부 인터넷 망과 연결된다.

<그림 2-2>는 홈 네트워킹에 대해 개념적으로 매우 잘 정리한 그림이지만 궁극적으로 이 그림은 완성된 홈 네트워킹을 제공해 주지는 못한다. 그 이유는, 집안의 어느 위치에 존재하는 Residential Gateway가 모든 인터페이스를 지원하더라도 IEEE1394나 Bluetooth, 그리고 UWB와 같은 10m 이내의 전송거리를 지원하는 단거리 유·무선 홈 네트워킹 기기가 집 안의 각 방 구석구석에 위치할 경우 이와 같은 기기 모두를 홈 네트워킹에 연결시킬 수가 없기 때문이다. 이러한 상황은 한국의 전형적인 38평형 아파트를 도시한 <그림 2-3>을 보면 조금 더 구체적으로 파악할 수 있다. 즉 거실에 위치한 HS/MMRG (Home Server)/(Multimedia Residential Gateway)가 가져

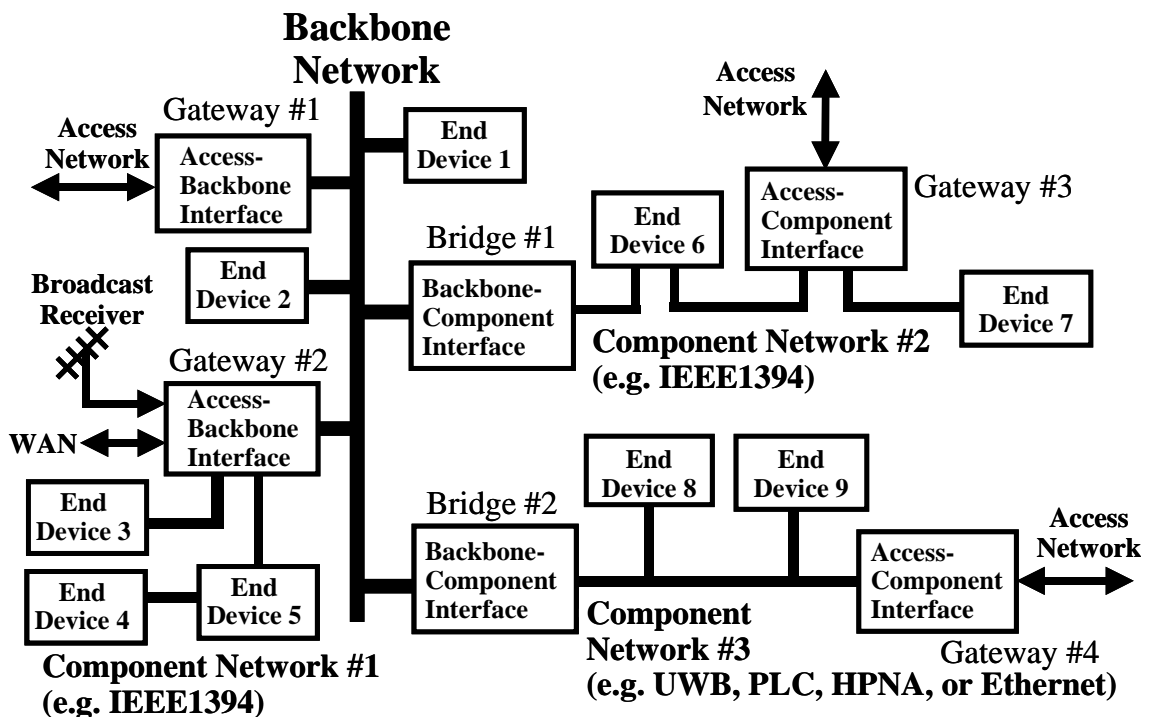
야 할 홈 네트워킹 기술을 살펴보면 <그림 2-2>의 구조만으로는 홈 네트워킹을 완성시킬 수 없음을 알게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 홈 네트워킹 백본 망의 필요성이 대두된다. 물론 이러한 백본 망은 적어도 전송 거리가 50m 이상을 지원하는 홈 네트워킹 기술이어야 하며 Ethernet, Home PNA, PLC 등과 같은 유선 홈 네트워킹 기술과 IEEE802.11 WLAN 기술과 IEEE802.15.3 등이 이와 같은 백본 망이 될 수 있다. <그림 2-4>는 이와 같은 백본 망을 기반으로 하는 홈 네트워킹 시스템의 모델을 보여주는 것이다.



<그림 2-3> 분산형 홈 네트워킹을 요구하는 전형적인 한국 주택의 구조.

<그림 2-4>에 보인 바와 같이 어떤 Component 네트워크에 있는 기기 사이의 통신은 백본 네트워크를 거치지 않고 자체의 통신 방식을 이용하여 네트워킹 기능을 수행하지만 Component Network #1에 속해 있는 End Device 3이 다른 Component Network #2에 속해있는 End Device 7과 통신을 하려면 반드시 백본 네트워크를 거쳐야 하며 이와 같은 프로토콜 변환 기능을 Bridge가 수행하게 된다. 백본 네트워크로 활용될 수 있는 기술에는 Ethernet 기술과 HomePNA 기술, 그리고 PLC 기술과 IEEE1394b 등과 같은 유선 네트워킹 기술이 있으며, 무선 네트워킹 기술로는 IEEE802.11

WLAN 기술과 IEEE802.15.3 기술이 백본 네트워크로 활용될 수 있다. 한편 Cluster Network으로도 불리는 Component Network으로는 IEEE1394 기술과 Bluetooth 기술, 그리고 IEEE802.15.4 기술과 UWB 기술이 이에 속하게 된다. Wireless 1394 기술이란 이와 같이 IEEE802.11a 기술이나 IEEE802.15.3 기술과 같은 무선 통신 기술을 이용하여 각 방에 분산되어 있는 4.5m의 짧은 전송 거리를 갖는 IEEE1394 기기들을 전체 집안에 모두 연결시켜줄 수 방안을 제공하는 기술이다. 이와 같은 일을 가능하게 하려면 먼저 IEEE1394.1 High Performance Serial Bus Bridge 표준이 필요하게 된다. 그리고 이 표준을 준수하는 브리지는 반드시 IEEE1394 신호를 백본 네트워크가 필요한 신호로 변환해 주고 백본 네트워크로 전송된 후 다시 IEEE1394 신호로 변환해주는 PAL(Protocol Adaptation Layer)의 구현이 필수적이다.



<그림 2-4> 분산형 홈 네트워킹 시스템의 모델

IEEE1394 신호와 IEEE802.11 사이의 PAL은 지난 2001년 1월 하와이에서 열린 1394TA (Trade Association) 회의에서 결성된 1394TA의 WWG(Wireless Working Group)에서 약 2년 동안 정의되어 왔지만 향상된 QoS를 지원해주기로 예정되어 있는 IEEE802.11e Task Group의 표준안이

빠른 진행을 보이지 못하고 시간적으로 많이 지체됨으로 인하여 아직 많은 성과를 이루지 못하였다. 2002년 10월 15일 Cupertino에서 열린 1394TA 회의에서는 이와 같은 문제를 해소하고자 자체적으로 QoS와 Security 방식을 제공하는 IEEE802.15.3를 백본 네트워크로 채택하자는 Starw Poll이 실행되어 만장일치로 동의를 얻어내었다.

유선을 이용한 홈 네트워킹 기술이지만 기존에 이미 설치되어 있는 전화선을 사용하기 때문에 새로운 선로를 가설할 필요가 없어 가장 저렴한 가격으로 구현할 수 있다는 장점으로 인하여 커다란 주목을 받고 있는 HomePNA(Home Phoneline Networking Alliances) 기술은 버전 1.0이 1 Mbps를 지원하고 있으며, 10 Mbps를 지원하는 버전 2.0 칩이 미국의 Broadcom사에 의해 공급되고 있다. HomePNA 표준은 두 개의 버전 모두 산업체가 이미 개발한 상품을 표준으로 채택하였으므로 사실상 표준(De Facto Standard)의 특혜를 누리고 있는 매우 좋은 홈 네트워킹 솔루션이다. 최근에는 100 Mbps를 지원하는 HomePNA 버전 3.0에 대한 기술 표준이 이루어지고 있다. HomePNA 기술은 전화선이 제공하는 대역폭 중에서 4.75 MHz에서 9.25 MHz의 대역폭을 사용하므로 현재는 ADSL과 상호 운용이 가능하지만 120 KHz부터 30 MHz까지의 넓은 대역을 사용하는 VDSL 기술이 적용되면 사용 주파수의 중첩으로 인하여 곤란을 겪을 가능성이 매우 높다. 또한 HomePNA가 제공하는 10 Mbps의 전송속도로는 두 개 이상의 비디오 신호를 전송할 수 있는 대역폭이 아니므로 주로 비동기 전송만을 요구하는 데이터 통신에만 활용할 수 있는 솔루션으로 활용되고 있는 실정이다. 또한 <그림 2-3>에 보인 바와 같이 한국의 기축 아파트나 가정에 이 기술을 적용하려면 설치의 문제는 여전히 남아있는 셈이다. 즉, 한국의 대부분의 아파트와 가정은 1998년 이전에 건립된 아파트의 경우 각 방마다 전화선 플러그가 설치되어 있지 않으며, 방이 네 개가 되는 40평형 아파트도 거실과 안방에만 있으므로 모든 방을 전화선으로 연결하려면 새로운 선을 설치해야 하는 문제는 여전히 남게 되는 단점이 있다. HomePNA 기술을 이용하여 홈 네트워킹의 백본 망으로 이용하면 위에서 설명한 문제 외에도 개인이 가지고 다니는 무선 단말기가 다시 전화선에 의해 구속되므로 진정한 유비쿼터스 네트워킹 솔루션은 아님은 쉽게 알 수 있다.

<그림 2-2>에 나타난 유선 홈 네트워킹 기술 중 전력선 통신이 갖는 가장 큰 장점은 새로 건설되는 아파트는 물론 기존의 아파트에도 전력을 공급해주는 전력선이 이미 매설되어 있어서, 별도의 통신 선로 없이 무선과 같은 개념으로 이미 설치된 많은 콘센트를 이용하여 가정 내의 기기들을 간편

하게 연결시켜줄 수 있다는 것이다.

그러나 전력선을 이용하여 네트워킹을 구성하면, 가전 기기가 플러그에 연결될 때마다 전체 네트워크의 임피던스에 변화가 생기게 되고, 이에 따라 최적의 통신 조건이 달라지므로 안정적인 고속의 데이터 전송에는 어려움이 있다. 이와 같이 시간에 따라 통신 채널의 특성이 변하는 Fading Channel의 문제를 해결하기 위해 다양한 형태의 에러 정정 부호를 사용하므로 전송 속도가 제한을 받게 된다. 또한 변압기를 거칠 때마다 전력의 신호 레벨이 감소할 뿐만 아니라, 스위칭 모드 파워 서플라이나 전등의 밝기를 제어하는 Dimmer와 같은 전기기기에 의해 신호가 잡음으로부터 많은 영향을 받게 되는 단점이 있어 이를 해결하기 위해 특수한 변조 기술과 신호처리 기법을 사용해야 하므로 칩의 가격이 높아지는 문제점 등을 안고 있다.

이와 같은 전력선의 불완전성 문제로 인하여 많은 데이터 통신의 변조 기술 및 에러 정정 코드 기술이 다른 회사들에 의해 개발되어 전력선 통신을 위해서는 매우 많은 방식이 소개되었다. 따라서 전력선 통신의 가장 큰 문제는 전력선 통신 기술을 제공하는 제조업체마다 서로 다른 모뎀 기술을 사용하므로 업체들과의 진정한 단일 표준이 확정되지 않는 한 상호 운용성을 보장받을 수 없는 것이 현실이다. 또한 에러 정정 코드의 사용으로 인하여 활용할 수 있는 최대 전송률은 세계에서 가장 빠른 전송 속도를 지원하는 미국 Intellon사의 기술을 감안하더라도 현재 7Mbps에 불과하다. 따라서 멀티미디어 신호의 전송에 사용되기에는 대역폭의 불충분성이 문제가 된다. 여기에 PLC 기술은 HomePNA와 마찬가지로 전력선으로 연결되어야만 통신이 가능하므로 진정한 유비쿼터스 네트워킹 환경을 제공하지 못하는 것이 무엇보다 큰 단점이다.

400Mbps에 이르는 고속의 전송 속도와 비동기 및 동시성 전송 모드를 모두 지원해주므로 홈 네트워크의 궁극적인 솔루션으로 인정받고 있는 IEEE1394 기술[17-20]은 1995년에 IEEE 표준화기구에 의해 처음으로 확정되었으며, 이의 보완 표준인 IEEE1394a-2000을 통해 400Mbps의 전송 속도를 안정적으로 지원하는 고성능 직렬 버스 통신 기술이다. USB(Universal Serial Bus) 기술은 12Mbps를 지원하는 USB1.0과 480Mbps를 지원하는 USB2.0이 있지만 Host Controller가 반드시 집안에 존재해야 하므로 분산형 구조를 필요로 하는 홈 네트워킹 기술로는 적당한 방식이 아니다. 반면에 IEEE1394 기술은 Peer-to-Peer 동작 모드를 지원하므로 분산형 구조에 적합할 뿐만 아니라 실시간 멀티미디어 데이터 전송도 함께 지원하므로 최적

의 홈 네트워크 솔루션으로 알려져 있다.

IEEE1394a-2000은 100, 200, 400Mbps의 높은 전송률을 지원하지만 최대 전송 거리가 4.5m로 제한되어 있어서 댁내 A/V와 PC Clustering 및 Home Networking 용으로 제한되는 것이 가장 큰 단점이며, 이를 극복하기 위해 3.2Gbps의 전송 속도로 최대 800m의 전송 거리를 지원하는 IEEE1394b 표준이 지난 2000년 12월 확정되었지만 아직 시장에서 활성화되어 있지 않으며, 유선 홈 네트워킹 기술이므로 신축 주택에 계획적으로 포설하지 않으면 기존 주택의 홈 네트워킹 기술로는 활용하기에 어려움이 있는 기술이다. 이러한 유선 IEEE1394 기술의 한계를 극복하는 방안이 무선 1394 기술이며, IEEE1394 클러스터 네트워크를 IEEE802.11a WLAN 기술이나 IEEE 802.15.3 WPAN 기술을 백본 망으로 이용하여 홈 네트워킹을 완성시키고자 노력하고 있다.

홈 네트워크를 구현하는 무선 통신 기술 중 가장 커다란 각광을 받았던 기술은 Ericsson과 Nokia 등 유럽의 대형 이동통신 회사들을 포함하여 전세계 1,790여개의 회사들이 심혈을 기울여 표준을 주도하고 있는 Bluetooth이다. 한국에는 현재 삼성, LG 정밀, 그리고 SK Telecom 등 50여 개 업체가 이 그룹에 참여하고 있다. 홈 네트워킹을 위한 Bluetooth 기술은 버전 1.1이 가장 최근에 발표된 버전이며 2.4 GHz의 ISM 밴드를 사용함으로써 무선 자원의 사용 규제에 대한 법적인 제한이 없는 것이 강점이다. 블루투스의 동작은 동기 모드일 경우 1 Mbps의 전송 속도를 지원하며, 비동기 모드일 경우 720 Kbps의 전송 속도를 지원한다. 마스터로부터 10m 이내의 거리에 슬레이브 단말기가 들어오면 Frequency Hopping 방식에 의해 데이터를 송수신 한다.

무선으로 모든 정보를 교환하므로 가장 편리한 홈 네트워킹 방법이지만 기기간의 간섭 문제를 해소하기 위해 대역 확산 방식을 사용함으로써 높은 대역폭을 갖는 통신은 기대할 수 없는 실정이다. Bluetooth 2.0은 10 Mbps의 전송 속도를 지원하기 위해 준비 중인 표준안이다. Bluetooth 기술은 \$5.00대의 저렴한 가격으로 칩을 생산하기 위해 매우 간단한 기술을 채택하였지만, 아직 칩의 가격이 아직 저가화가 실현되지 않아 핸드프리 서비스를 가능하게 해 주는 헤드셋 프로파일이나 대형 스크린을 이용한 무선 인터넷 서비스를 가능하게 해 주는 Dial-Up Networking Profile 서비스의 활성화가 되지 못하고 있는 실정이다.

Wireless LAN 구현 기술인 IEEE802.11은 2.4 GHz대와 5 GHz 대의 무선 주파수를 사용하여 다양한 전송 속도를 지원하지만 DS(Direct Sequence)

대역 확산 기법을 이용하여 최대 11Mbps를 지원하는 IEEE802.11b 표준이 현재 가장 많은 시장을 구축하고 있다. PCMCIA 카드 형태로 무선 랜을 구축하여 노트북 컴퓨터에 장착하면 선을 연결하지 않고도 즉시 컴퓨터 사이의 연결이 이루어져 기존의 Ethernet을 이용한 랜을 급속히 대체하고 있으며, 외부의 인터넷과 연결된 AP(Access Point)를 설치하면 무선 랜에 연결된 모든 기기들이 동시에 인터넷에 접속되므로, 인터넷 접속 데모 등과 같은 실시간 교육이나, 발표 도중 자료를 직접 다운받을 필요가 있는 대형의 학술발표회, 그리고 워크샵, 혹은 표준화회의 등에 폭발적으로 활용되고 있는 기술이다. 이러한 시장을 위해 현재 Lucent Technologies나 삼성전기와 같은 IT관련 회사에서는 이미 IEEE802.11b 기술을 이용하여 무선 랜 솔루션을 공급하고 있지만 Bluetooth가 사용하고 있는 2.4 GHz대의 반송파를 사용하므로 전자파의 간섭 현상으로 인하여 사용에 곤란을 겪을 가능성이 매우 높다. 이와 같은 간섭 문제도 해결하면서 보다 높은 대역폭을 얻기 위해 무선 랜 기술은 5 GHz대의 반송파를 이용하여 최대 54 Mbps의 광대역 데이터를 전송할 수 있는 IEEE802.11a와 IEEE802.11g로 방향을 바꾸고 있는 상황이다.

홈 네트워킹을 위한 WPAN 기술은 IEEE802.15 Working Group에서 정의하고 있다. 원래 WPAN 기술은 10m 이내에 존재하는 기기간의 데이터 전송을 가능하게 해 주는 방식에 대한 기술로 Ericsson을 중심으로 진행되었던 Bluetooth가 대표적인 기술인 셈이다. 그러나 Bluetooth는 최대 723.2 Kbps의 통신 속도 상의 한계와 최대 8개만이 통신에 참여할 수 있는 한계 등으로 인하여 보다 빠른 WPAN 기술에 대한 요구가 있어 왔다. 이를 위하여 IEEE802.15 Working Group에서는 모두 5개의 Task Group이 구성되었는데 이 중 IEEE802.15.1 Task Group에서는 유럽의 Bluetooth 기술을 IEEE802 위원회에서 어떻게 유도할 것인지를 다루는 것으로 이미 표준이 완료된 상태이다.

IEEE802.15.2 Task Group은 2.4 GHz대의 대역폭을 사용하는 기기 사이에 상호 간섭을 어떻게 해소할 수 있을 것인지에 대한 표준을 만들고 있다. 대표적인 방법으로는 IEEE802.11b 기기와 Bluetooth 기기가 사전에 서로의 정보를 미리 나누어 각각의 기능과 사용 주파수 채널에 대해 파악한 후 최적의 통신 방식을 사용하는 Collaborative 방식이 있으며, 어느 한 쪽이 통신을 시작한 이 후 다른 기기가 이를 사용하려면 서로에 대한 정보의 교류 없이 같은 주파수 대역을 피하여 사용하는 Non-Collaborative 방식이 있다. 현재 IEEE802.15.2 표준에는 Non-Collaborative 방식으로 DFH (Dynamic

Frequency Hopping) 방식이 채택되어 있으나 Mobilian 등과 같은 회사는 IEEE802.11b 기술과 Bluetooth 기술을 동시에 탑재한 칩을 개발하여 Collaborative 방식을 채택하고 있다.

한편 IEEE802.15.3 표준은 낮은 전력을 소모하는 저가의 칩으로 Security와 QoS는 물론 최대 55 Mbps의 데이터 전송 속도를 지원함으로써 이동용 무선 영상 시스템과 멀티미디어 시스템에의 적용을 고려하고 있다. 특히 QoS를 지원할 뿐만 아니라 WPAN 솔루션이면서도 최대 70m의 전송을 지원하므로 아직 QoS 지원 방식이 확정되지 않은 IEEE802.11e를 급속히 잠식하고 있다. IEEE802.15.4 기술은 20 Kbps와 40 Kbps, 그리고 250 Kbps만을 지원하는 WPAN 기술로 초저가의 무선 제어 Controller를 개발할 수 있는 표준을 제공하는 Sensor Networking 기술이다. 이 기술의 또 다른 응용은 아마도 Universal Controller가 될 것으로 보인다. 즉 이것만 있으면 집안의 어디를 가더라도 10m 이내에 있는 모든 기기를 무선으로 제어할 수 있게 되는 것이다.

끝으로 IEEE802.15.3a 기술은 IEEE802.15.3 기술이 사용하는 MAC(Medium Access Control)을 그대로 이용하며 PHY 기술만 UWB(Ultra Wide Band) 기술을 이용하여 보다 높은 대역폭을 갖도록 하는 것이다.

UWB 기술은 매우 오래된 역사를 가지고 있는 기술로 사용할 수 있는 대역폭은 3.1 GHz부터 10.6 GHz까지 총 7.5 GHz라는 광대역의 대역폭을 사용할 수 있지만 실제로 신호의 대역폭은 중심 주파수의 25% 이상을 점유하여야 하고 이 대역의 전자파는 -41.25 dBm/MHz를 넘지 않아야 한다. 따라서 펄스폭은 약 1 nsec보다 작으며 Carrier를 통한 변조를 사용하지 않고 Baseband 신호로 전송하므로 송신기의 제작이 매우 쉽고 싼 가격으로 구현할 수 있는 장점이 있다. 변조 방식은 PPM(Pulse Position Modulation) 방식과 BPSK(Binary Phase Shift Keying) 방식을 이용하며 수신단에는 대부분 Correlator를 이용하여 데이터를 수신한다. 방사 전력의 FCC Part 15에 의해 엄격히 제한되어 있으므로 10m 이상의 거리를 전파할 수 없는 단점이 있으며 벽을 통과할 수 없어서 홈 네트워크로 사용할 경우 Cluster Network로만 사용 가능하다.

UWB 기술이 가지는 가장 큰 장점은 간섭을 일으킬 확률이 매우 낮다는 것이다. 따라서 UWB는 GPS나 PCS, 그리고 WLAN 기능과 함께 하나의 기기에 통합될 수 있다. 그리고 매우 낮은 감지 확률로 인하여 신호 레벨에서 데이터의 안전성이 보장되며 저 전력을 소모한다는 것도 매우 큰 강점이

다. 또한 10m 거리에 110 Mbps를 지원하며 4m 거리에서는 200 Mbps라는 초고속의 무선 데이터 전송이 가능하므로 비디오/오디오 응용과 디지털 카메라 신호의 전송, 그리고 MP3 Player 데이터의 다운로드 등에 매우 좋은 응용 분야를 갖는 기술이다. 무엇보다 UWB가 홈 네트워킹 기술로 적합한 이유는 넓은 대역폭을 사용하므로 다중 반사로 인한 다중 페이딩 문제에 매우 강한 특징을 가지고 있다는 점이다. 이와 같은 무선 통신 기술을 이용하여 홈 네트워킹에 적용하고자 하는 단체가 WiMedia이다.

UWB 기술을 개발하여 보유한 회사는 Time Domain Corporation, WisAir, Aether Wire & Location, Inc., ANRO Engineering, Inc., Fantasma Networks, Inc. (Interval Corp.), Livermore Labs, Multispectral Solutions, Inc., 그리고 XtremeSpectrum Inc. 등이 있다. 이 대부분의 회사들은 서로 다른 기술을 이용하여 데이터를 송신하고 있으므로 기기간의 상호 운용성이 보장되지 않는다. 이를 위하여 IEEE802.15.3a Task Group에서는 이들 중의 오직 하나만의 방식을 단일 표준으로 정하기로 하고 여러 가지의 제안서를 받아 발표하도록 하였다.

끝으로 IEEE802.20 Working Group에서 제정하고 있는 이동형 광대역 액세스 네트워크 기술은 현재 한국에서도 2.3 GHz 대의 주파수대를 사용하여 시속 250Km의 속도로 주행하더라도 2Mbps의 데이터 전송 속도를 지원하는 것이 이 Task Group이 정의하고 있는 표준이다. Flarion사의 Flash-OFDM 기술과 ArrayComm사의 i-Burst, 그리고 Navini Networks사의 Ripwave 기술 등이 언급되고 있다.

제 3장 IEEE802.11e의 QoS

제 3-1절 개 요

IEEE802.11 TGe는 기존의 MAC 방식을 향상시켜 오디오 및 비디오와 같은 실시간 데이터 전송을 요구하는 QoS(Quality of Service)를 지원하기 위해 새로운 MAC을 정의하는 Task Group이다. 2000년 3월에 처음으로 PAR이 승인되었으며 당시에는 QoS와 Security를 동시에 지원하는 표준을 개발하기로 결정하였으나 두 표준을 동시에 처리하기에는 너무나 많은 분량의 표준화 작업이었으므로 Security 관련 표준은 IEEE802의 TGi에서 처리하기로 한 것이다. TGe에서 결정한 가장 최근의 표준안은 2003년 11월에 정한 Draft 6.0이다.[21]

TGe는 음성 데이터를 위해 20 msec의 전송 속도를 필요로 하는 ADPCM 데이터를 지원할 수 있어야 하며, MPEG 비디오로는 3Mbps의 대역폭을 필요로 하는 MPEG2와 IEEE1394 디지털 인터페이스 전송을 지원하여야 한다. 또한 TCP/IP 프로토콜을 지원하는 Ethernet 데이터 스트림을 10 Mbps의 속도로 전송할 수 있는 규격을 준비하기로 결정하였다. 그리고 Latency와 지연 변화율을 최소화하고 데이터의 전송 효율을 최대화하는 일과 Ad-Hoc 모드는 물론 Infrastructure 전송 모드 모두를 지원하는 트래픽 모델을 개발하는 것이 TGe의 목표이었다.

이와 같이 향상된 QoS를 위해 TGe가 채택한 새로운 개념을 정리하면 다음과 같다:

1. User Priority (UP) / Access Category (AC) / Traffic Specification (TS)
2. Arbitration Inter Frame Spacing (AIFS)
3. Hybrid Coordination Function (HCF)
4. Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) / HCF Controlled Channel Access (HCCA)
5. Traffic Category (TC) / Traffic Stream (TS)
6. EDCA TXOP(Transmission Opportunity) / HCCA(Polled) TXOP
7. No ACK / Block ACK

- 8. Direct Link Protocol (DLP)
- 9. Automatic Power-Save Delivery (APSD)

이 개념들은 기존의 IEEE802.11e Draft 에서 이미 기술된 내용들과 Draft 6.0에서 새롭게 추가된 내용들이다. 본 장에서는 IEEE802.11e에서 정의하고 있는 QoS의 제공 방안에 대해 설명하고 그 특징들에 대해 논하였다.

제 3-2절 IEEE802.11e에서의 트래픽 차별화

IEEE802.11e는 QoS를 제공하는 데이터 전송을 위해 공유 매체에 차별화된 접근제어를 제공한다. 이를 위해 IEEE802.1d에서 사용하는 0에서 7까지의 총 8개의 우선순위와 이 우선 순위로부터 유도된 4개의 Access Category (AC)를 사용한다. <표 3-1>에서 IEEE802.1d의 우선순위와 AC와 맵핑에 대한 기본 설정값을 설명하였다. 이 우선 순위 값은 IEEE802.11e MAC 프레임에서 새롭게 추가된 QoS 제어 필드의 앞 3 비트인 Traffic Identifier (TID) 필드에 표시하고 이 값을 기반으로 트래픽을 차별화 시킨다. <그림 3-1>에서 새롭게 정의한 프레임 형태를, <표 3-2>에서 QoS를 제공하기 위한 제어 필드를 설명하였다.

QoS 제어 필드에서 각각의 비트를 살펴보면, TID는 앞에서 설명한 8가지의 우선순위를 가지는 Prioritized QoS (TC)를 위한 우선순위 값 또는 Parameterized QoS (TS)를 위한 TSID 값을 가진다. EOSP(End of Service Period)는 현재 SP(Service Period)의 끝을 나타낸다. 현재 프레임이 성공적으로 전송된 후 SP가 끝나면 1로 설정한다. Ack Policy는 Ack의 종류(Normal ACK, No ACK, No Explicit ACK, Block ACK)를 나타내고, 비트 8에서 15 값은 각각의 프레임에 따라 필요로 하는 값들을 나타낸다. Queue Size나 TXOP duration 값을 통해 다음 프레임을 보내는데 필요한 Queue의 크기나 TXOP 길이를 요구할 수도 있다.

<표 3-1> IEEE 802.1d의 우선순위와 AC와의 맵핑

User Priority	IEEE802.1d 트래픽 분류	Access Category	IEEE802.1e 트래픽 분류
1	BK(Background)	AC_BK	Background
2	-	AC_BK	Background
0	BE(Best Effort)	AC_BE	Best Effort
3	EE(Excellent Effort)	AC_BE	Video
4	CL(Controlled Load)	AC_VI	Video
5	VI(Video)	AC_VI	Video
6	VO(Voice)	AC_VO	Voice
7	NC(Network Control)	AC_VO	Voice

Frame Control (2octet)	Duration /ID (2)	Address 1 (6)	Address 2 (6)	Address 3 (6)	Sequence Control (2)	Address 4 (6)	QoS Control (2)	Frame Body	FCS (4)
------------------------------	------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------------	---------------------	-----------------------	---------------	------------

<그림 3-1> IEEE802.11e의 프레임 형태

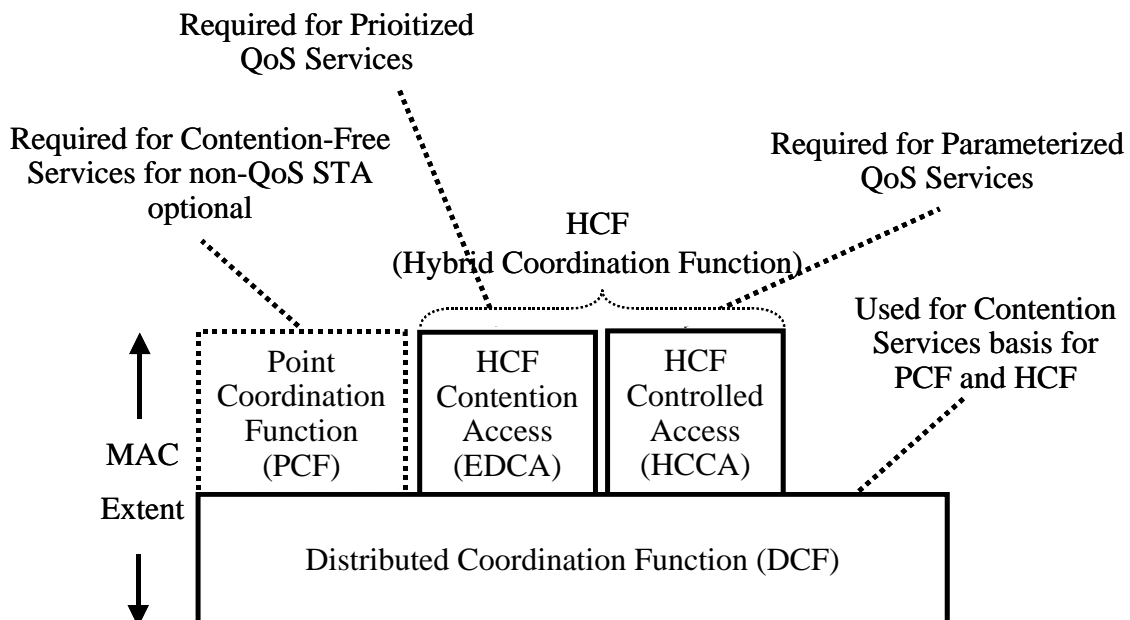
<표 3-2> QoS 제어 필드

Application Frame Type	Bit 0 ~ 3	Bit 4	Bit 5 ~ 6	Bit 7	Bit 8 ~ 15
QoS CF-Poll frames sent by HC	TID (UP, TSID)	End of Service Period (EOSP)	ACK Policy	Reserved	TXOP limit (32us)
QoS Data, QoS CF-ACK and QoS Data+CF-ACK frames sent by HC		EOSP			Reserved
QoS data type frames sent by non-AP QSTAs		0			TXOP duration requested (32us)
		1			Queue size (256octets)

제 3-3절 IEEE802.11e의 MAC 구조

<그림 3-2>은 IEEE802.11e의 MAC 구조를 나타내고 있다. IEEE802.11e는 기존의 IEEE802.11에서 제공되는 DCF와 PCF 기능을 제공하고, QoS를 제공하기 위해 Hybrid Coordination Function (HCF)이 추가되었다.

HCF는 Contention을 기반으로 Prioritized QoS를 위한 Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)와 Polling, Parameterized QoS를 위한 HCF Controlled Channel Access (HCCA) 두 가지 매체 접근 메커니즘을 제공한다. EDCA와 HCCA 메커니즘은 각각 기존의 DCF와 PCF에 새로운 기능을 추가한 것이다. QoS STA(QSTA)들은 이 채널 접근 메커니즘들을 통해 Transmission Opportunity (TXOP)들을 획득할 수가 있는데, QSTA들은 이 TXOP를 획득해야만 프레임들을 전송할 수 있는 권한을 가지게 되어, IEEE802.11e에서 정의한 방식에 따라 TXOP 동안 프레임들을 전송하게 된다. TXOP은 이전 프레임이 끝난 이후 새로운 프레임의 시작 시간으로부터 사용할 수 있는 최대 시간 길이로 정의된다. TXOP은 EDCA를 통해 획득한 EDCA TXOP과 HCCA 메커니즘을 통해 획득한 HCCA(Polled) TXOP 두 가지 종류로 나누어진다.



<그림 3-2> IEEE802.11e의 MCA 구조

3-3-1 HCF의 경쟁 기반 채널 접근 방식 (EDCA)

먼저 EDCA를 살펴보면, EDCA는 기존의 DCF 메커니즘을 향상시킨 것으로서 AC에 따라 다음 값들이 차별화 된다.

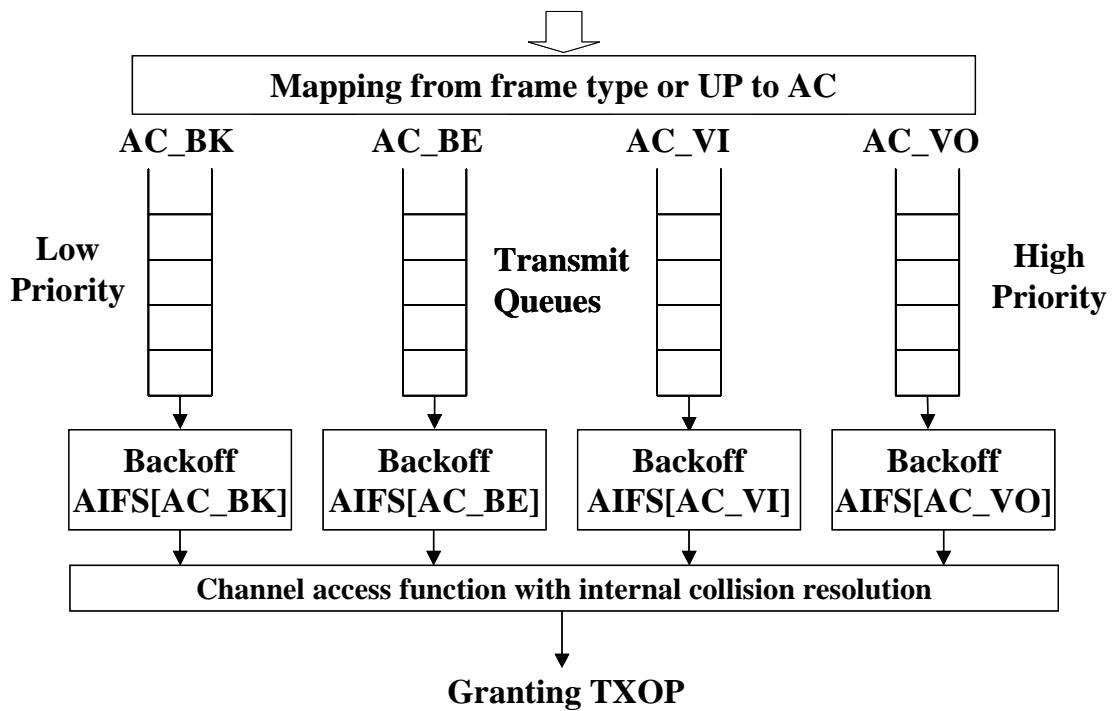
CWmin[AC]
 CWmax[AC]
 AIFSN[AC]
 TXOPLimit[AC]

CWmin, CWmax 값은 Backoff 시에 사용되는 Contention Window (CW)의 최소 값과 최대 값을 나타내고, AIFSN 값을 사용하여 AIFS[AC]값을 결정하는데 이 값은 QSTA이 매체를 접속하기 위해 사용하는 접속 시간으로 이 시간 동안 연속적으로 IDLE하다고 판단되면 Backoff를 시작한다. TXOPLimit는 한번의 접속에 의해 QSTA이 사용할 수 있는 최대 시간을 나타낸다. <표 3-3>에서 이 값들에 대한 디폴트 값을 나타내었다.

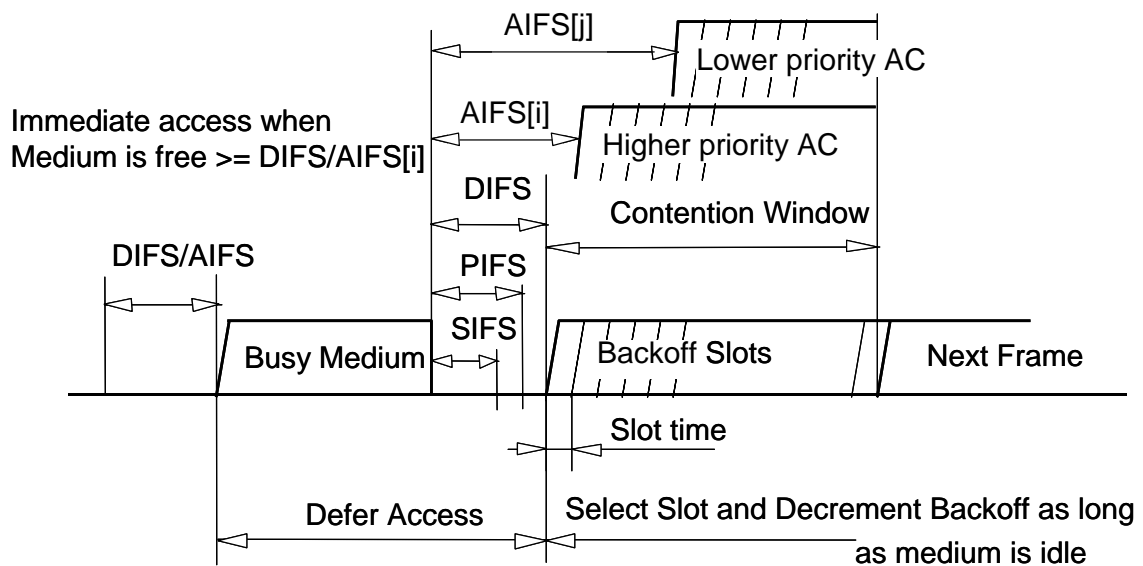
<표 3-3> 디폴트 EDCA 파라미터 값

AC	CWmin	CWmax	AIFSN	TXOP Limit		
				DS-CCK	Extended Rate/OFDM	Other PHYs
AC_BK	aCWmin	aCWmax	7	0	0	0
AC_BE	aCWmin	aCWmax	3	0	0	0
AC_VI	(aCWmin+1)/2-1	aCWmin	2	6.016 ms	3.008 ms	0
AC_VO	(aCWmin+1)/4-1	(aCWmin+1)/2-1	2	3.264 ms	1.504 ms	0

프레임 타입 또는 8개의 우선순위에 따른 AC 맵핑에 의해 네 개의 전송 큐를 이용하여 독립적으로 채널에 접근함으로써 QoS를 지원하는 메커니즘을 <그림 3-3>에 나타내었다. 여러 AC들은 각각 경쟁하여 전송권을 획득한 AC만이 프레임을 전송한다.



<그림 3-3> EDCA를 통해 차별화된 트래픽의 전송 모델



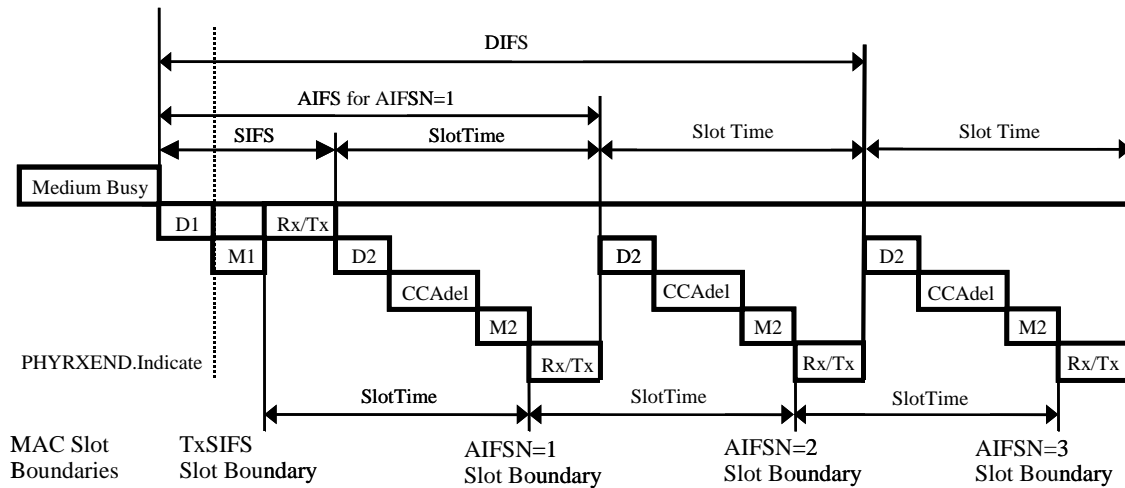
<그림 3-4> Backoff를 통한 EDCA의 매체 접근

<그림 3-4>는 각각의 AC들이 EDCA TXOP를 획득하기 위한 Backoff를

나타낸 것이다. AIFS[AC] 값은 다음과 같이 결정된다.

$$\text{AIFS[AC]} = \text{AIFSN[AC]} \times \text{aSlotTime} + \text{aSIFSTime}$$

Clear Channel Assessment (CCA)와 Virtual Carrier Sense를 통해 AIFS[AC] 시간 동안 기다린 후, 선택된 Backoff 시간만큼 Backoff를 하여 Idle하면 EDCA TXOP를 얻을 수 있고, 매체가 Busy인 경우 다시 Backoff를 하게 된다. 이 때, Backoff 시간은 $(1, 1+\text{CW[AC]})$ 사이의 Random 수 aSlotTime 이 된다. 또한 동시에 보다 높은 우선순위의 AC와 동시에 내후적으로 충돌이 발생할 때도 Backoff를 하게 된다. <그림 3-5>는 이러한 EDCA의 시간적인 설명을 나타낸 그림이다. <그림 3-5>에서 AIFSN이 2인 음성인 경우, DIFS만큼 기다린 후, Backoff를 하게 된다.



D1 = aRxRFDelay + aRxPLCPDelay (Referenced from the end of the last symbol of a frame on the medium)

D2 = D1 + AirPropagationTime

Rx/Tx = aRxTxTurnaroundTime (Begins with PHYTXSTART.request)

M1 = M2 = aMACPrcDelay

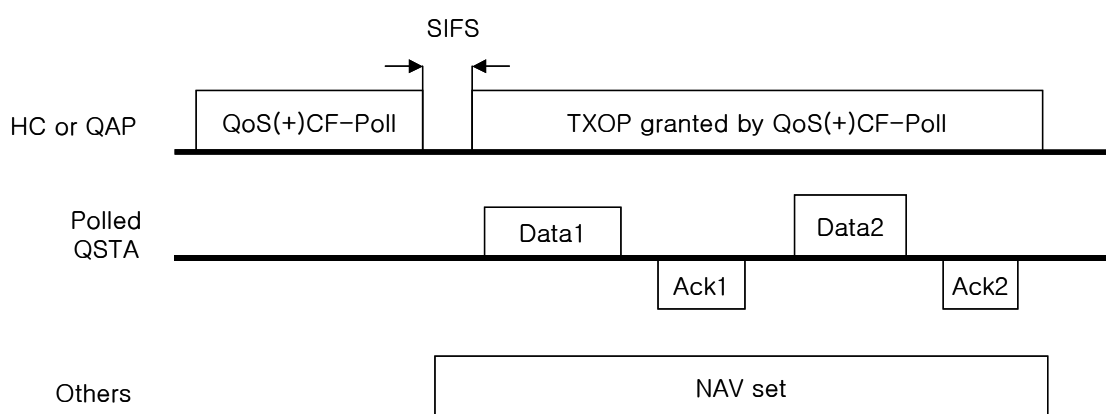
CCAdel = aCCATime - D1

<그림 3-5> EDCA의 타이밍

3-3-2 HCF의 제어된 채널 접근 방식 (HCCA)

HCCA(HCF Controlled Channel Access) 메카니즘은 QAP가 아닌 QSTA들보다 우선순위가 보다 높은 Hybrid Coordinator (HC)를 사용하여

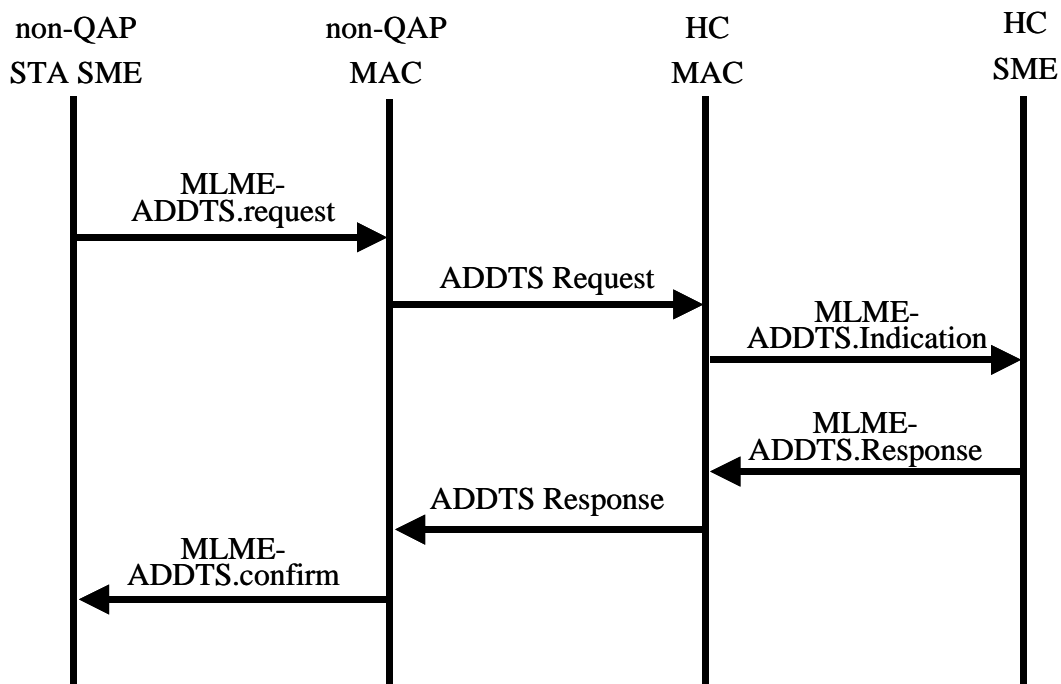
Wireless Medium (WM)으로의 접근을 관리한다. 즉, QoS 트래픽을 QSTA들에 전송하거나 QoS(+)CF-Poll들을 QSTA들에 전송하기 위해서 Wireless Medium (WM)의 제어가 필요한 경우, EDCA나 DCF를 사용하는 QSTA들보다 짧은 시간(PIFS)후, 채널을 사용한다. TXOP 동안 HC 또는 현재 TXOP 권한을 가진 QSTA은 다음 프레임을 전송하기 전에 SIFS를 기다린다. HC는 Point Coordinator(PC)와 비슷하게 Polling을 기반으로 하지만, 차이점은 HCF는 Contention Period(CP)와 Contention Free Period(CFP) 동안 프레임을 전송할 수 있다. 또한 PC로서 필요한 CF Parameter Set element를 Beacon 프레임에 넣어 전송한다. HC는 QoS(+)CF-Poll 프레임에 설정된 HCCA(Polled) TXOP를 제공하여 해당 QSTA이 프레임들을 전송할 수 있게 한다. <그림 3-6>에 보인 바와 같이 이 HCCA(Polled) TXOP를 얻은 QSTA는 프레임을 전송하게 되고, 이 HCCA(Polled) TXOP는 NAV를 통해 보장받는다. QoS(+)CF-Poll을 수신한 QSTA들은 SIFS 후 응답을 해야 하는데, 그 때 QSTA에서 전송할 데이터가 없거나 전송할 데이터가 TXOP 보다 긴 경우, QoS(+)Null 프레임으로 전송한다.



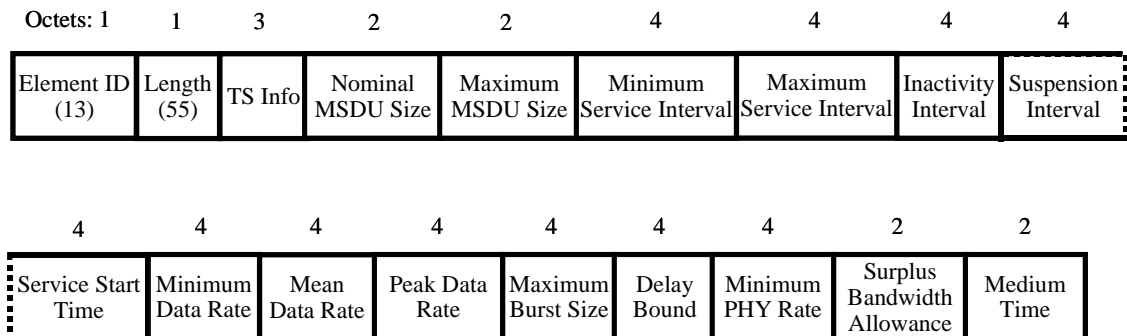
<그림 3-6> HCCA를 통한 채널 접근 방법

<그림 3-7>에서처럼, QSTA이 TS를 설정하기 위해서 HC에게 ADDTS Request 프레임을 전송하게 되는데, HC가 ADDTS Request 요구 프레임을 QSTA으로부터 수신하면, HC는 그에 해당하는 ADDTS Response 프레임을 QSTA에게 전송하게 된다. QSTA은 QAP에게 요구하는 트래픽의 특징들을 ADDTS Request 프레임을 통해서 전달한다. ADDTS Request 프레임에는 <그림 3-8>과 같은 TSPEC(Traffic Specification) 정보가 들어있다. 서비스의 요구사항을 이 TSPEC을 통해서 정의한다. MSDU 크기, 서비스

간격, 데이터 전송율, 최대 지연 값을 통해서 QAP는 적절하게 각 QSTA에게 스케줄을 통해서 TXOP을 제공하게 된다. Inactivity Interval은 TS이 Active 상태를 유지하기 위해서 트래픽이 발생해야 하는 최대 간격으로 이 동안 트래픽이 발생하지 않으면 그 TS는 삭제되어야 한다. Surplus Bandwidth Allowance는 재전송을 고려할 때 추가적으로 필요한 대역폭 요구량의 추가 비율로서 일반적으로 1보다 큰 값을 가지게 된다. HC의 Polling에 의하여 각각 QSTA은 각 TS에 대해서 QoS를 만족시키기 위한 적절한 전송 기회를 HC의 스케줄 관리를 통해 할당받게 된다.



<그림 3-7> TS(Traffic Stream) 설정 메시지 시퀀스 차트



<그림 3-8> TSPEC(Traffic Specification)

제 3-4절 QoS를 지원하기 위한 IEEE802.11e의 추가 기능

3-4-1 HC의 스케줄 관리

QSTA들의 채널 사용 가능 여부는 수락된 TSPEC을 기반으로 폴링(polling)을 할 것인지 HC가 결정하게 된다. 모든 QSTA들의 QoS 요구에 맞도록 협상을 통해 수락된 TSPEC 파라미터들을 기반으로 HC는 스케줄링을 하게 된다. 그래서 TSPEC 파라미터 중 Minimum Service Interval과 Maximum Service Interval 사이에 HC는 폴링을 하게 된다. Minimum TXOP duration은 TSPEC에 정의된 minimum PHY rate으로 전송할 때, 적어도 하나의 최대 MSDU 길이를 전송할 수 있는 시간이어야 한다. QSTA들은 서비스 스케줄을 직접 거절할 수는 없고, 현재 TSPEC들을 제거하거나 수정함으로써 서비스 스케줄에 영향을 줄 수는 있다. HC는 Minimum PHY rate이 있는 경우 이 값으로 TXOP들을 계산하거나 없는 경우 관찰된 PHY 전송 속도를 사용할 수도 있다. Minimum Service Interval은 QoS(+)CF-Poll들은 전송하는 최소 시간 간격으로 나타낸다. TSPEC 협상을 통해 설정하여, 스케줄러가 스트림들을 스케줄 하는데 필요한 최소의 필수적인 파라미터로는 Mean Data Rate, Nominal MSDU Size, Maximum Service Interval이 필요하다. Maximum Service Interval이 없는 경우 Delay Bound로 대체할 수 있다. 이 파라미터들은 ADDTS Request 프레임을 통해 HC에 요구하게 된다. 이 파라미터들은 MAC 위의 계층에 있는 엔티티에서 설정하거나 MAC에서 자동적으로 설정할 수도 있다. 현재 TGe에서는 서비스 스케줄 파라미터 설정과 Admission Control에 대해 표준 밖으로 해놓았지만, 참조하기 위한 간단한 스케줄러를 설명하고 있다. 이 간단한 스케줄러는 필수적인 파라미터들을 사용하여 최소의 성능 요구를 만족시키게 한다. 즉, 스케줄된 서비스 간격(Scheduled Service Interval; SI)과 TXOP 길이를 계산한다. 먼저 SI는 다음과 같이 계산된다. 수락된 스트림들에 대한 모든 Maximum Service Interval들 중에서 최소 값을 'm'이라고 하면, 비컨 간격의 약수중 이 'm'값 보다 바로 작은 값이 SI가 된다. 수락된 스트림의 TXOP 길이를 구하는 방법은 다음과 같이 계산된다. 협상된 TSPEC으로부터 Mean Data Rate(\bar{R}), Nominal MSDU Size(L)를 구하고, 위에서 구한 SI와 PHY의 전송 속도(R), 최대 MSDU 크기(L), Overhead 시간(O)들을 사용한다. PHY 전송 속도 R 는 협상된 TSPEC의 Minimum PHY Rate R_M 를 사용하거나 이 값이 없는 경우는 측정된 PHY의 전송속도를 사용한다. Overhead 시간은 Interframe 시간(IFS), ACK, CF-Poll들의 시간을 나타낸다. 먼저 SI 동안 Mean Data Rate으로 도착하는 MSDU 수(N)를 계산하면

다음과 같다.

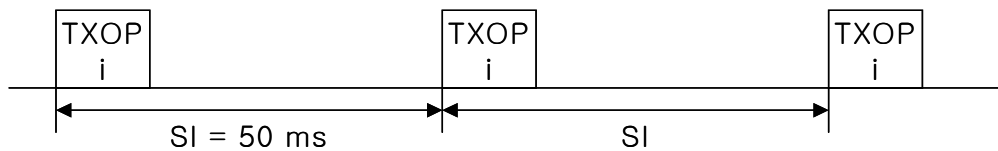
$$N_i = \left\lceil \frac{SI \times \rho_i}{L_i} \right\rceil$$

TXOP 길이는 R_i 의 전송 속도로 N_i 수만큼 프레임을 전송하는데 필요한 시간에 $Overhead(R_i)$ 를 더한 시간과 N_i 의 전송 속도로 하나의 MSDU 최대 크기를 전송하는데 필요한 시간 중 긴 시간이 TXOP 길이가 된다. 수식으로 나타내면 다음과 같다.

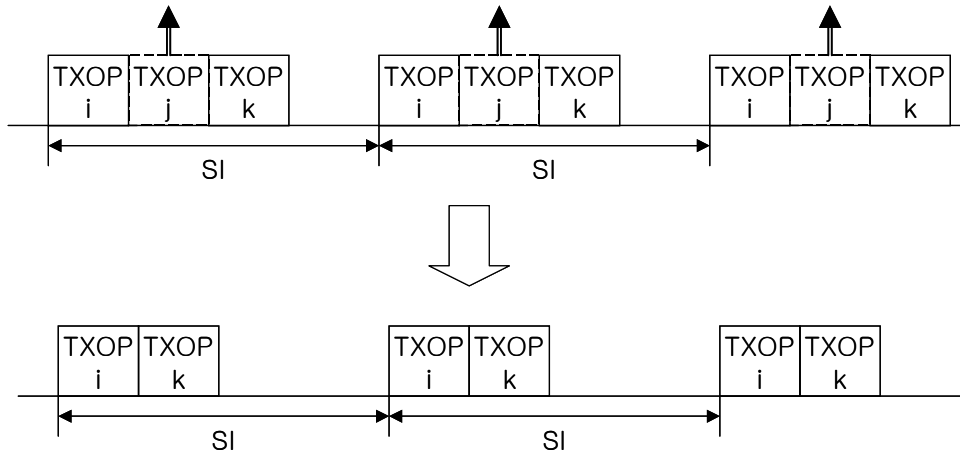
$$TXOP_i = \max\left(\frac{N_i \times L_i}{R_i} + O, \frac{M}{R_i} + O\right)$$

<그림 3-9>는 비컨 간격이 100ms 이고 Maximum Service Interval이 60ms 일 때, QSTA "i"로부터 전송되는 스트림을 수락한 경우를 나타낸다. 이 경우 SI 값은 50ms가 된다.

현재 SI 보다 작은 Maximum Service Interval을 가지는 새로운 스트림이 수락되면, 스케줄러는 비컨 간격의 약수중 이 Maximum Service Interval 보다 작은 값으로 SI를 변경한다. 이런 여러 스트림들이 동작하는 동안, 어느 한 스트림이 제거되면, 그 제거된 시간(TXOP)동안 Contention을 할 수 있는 시간으로 사용하거나, <그림 3-10>처럼 제거된 스트림의 다음 스트림 TXOP을 앞으로 이동할 수도 있다. 이 경우 모든 QSTA들에게 변경된 스케줄을 알려줘야 한다.



<그림 3-9> 스케줄링 예제



<그림 3-10> 스트림이 제거된 경우 TXOP의 재할당

표준에서 제시하는 간단한 스케줄러보다 성능이 높은 스케줄러를 구현하기 위해 수정할 수 있다. 또한 QSTA들마다 서로 다른 SI를 생성할 수도 있고, 재전송을 고려한 TXOP을 계산하기 위한 완충 요소를 고려할 수도 있다. 표준에서는 TSPEC들의 수락을 관리하는 Admission Control Unit(ACU)을 설계하는데 참조할 수 있는 방법도 제시를 하였다. 새로운 스트림을 요구하면, ACU는 SI 동안 Mean Data Rate으로 도착하는 MSDU들의 수()를 계산하고, 이 스트림을 할당하는데 필요한 TXOP 길이()를 계산한다. 그 후, 다음 수식을 만족하면 그 스트림을 수락한다.

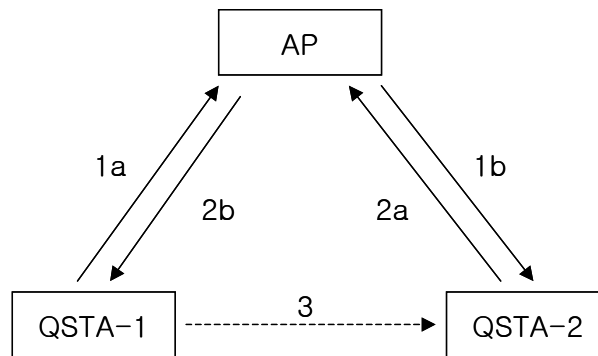
$$\frac{TXOP_{k+1}}{SI} + \sum_{i=1}^k \frac{TXOP_i}{SI} \leq \frac{T - T_{cp}}{T}$$

은 새롭게 도착하는 스트림을 나타내고, i부터 k까지의 합계는 이전에 수락된 스트림들을 나타낸다. 는 비컨 간격을 나타내고 는 EDCA 트래픽에 사용되는 시간을 나타낸다. 또한 스케줄러는 할당된 TXOP들이 dot11CAPlimit를 넘지 않게 수락해야 한다. 그 외에 재전송에 필요한 추가 시간을 고려하거나, 우선순위를 고려하여 스트림을 수락하거나 기존의 우선 순위가 낮은 스트림을 제거할 수도 있다.

3-4-2 Direct Link Protocol(DLP)

기존의 IEEE802.11에서 Infrastructure BSS에서는 각 QSTA의 Power

Save 상태를 AP가 관리하기 때문에 각 QSTA는 다른 QSTA의 Power Save 상태를 직접 파악할 수 없다. 따라서 각 QSTA는 AP를 통해서만 프레임을 전송할 수 있다. IEEE802.11e에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 DLP라는 프로토콜을 통해 QSTA간 직접 전송이 가능하다. 그러나 Hidden Node Problem 같은 문제에 대한 해결책이 필요한 상황이다. DLP Handshake를 통해 Direct Link가 설정되면 전송 대상인 QSTA은 Power Save 상태로 전환될 수 없다.



<그림 3-11> DLP 설정

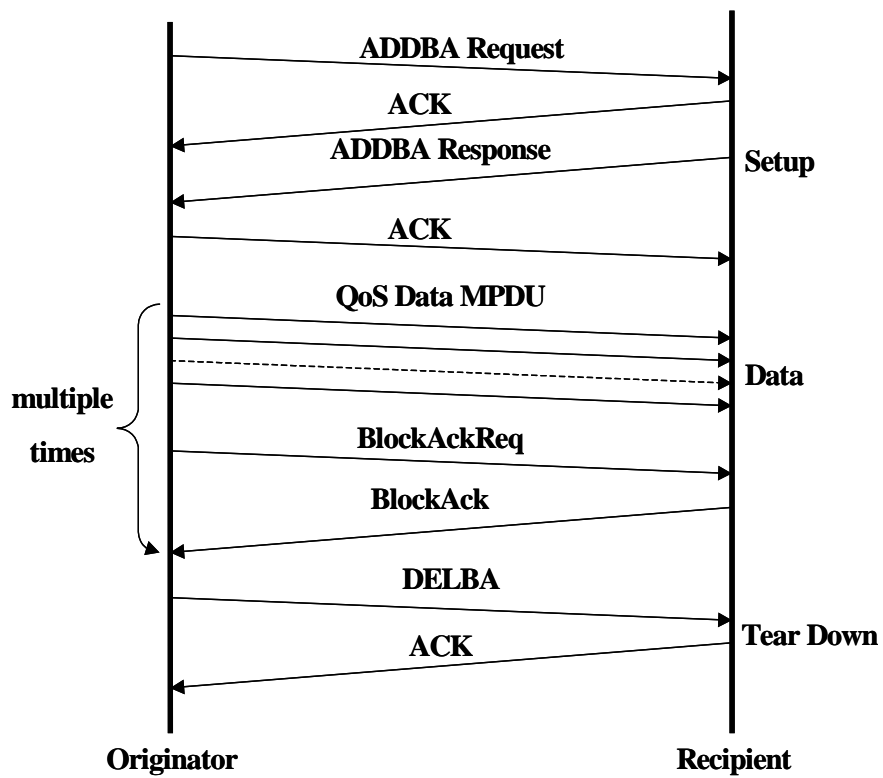
<그림 3-11>에서는 DLP를 사용하여 프레임을 전송하기 위해 설정하는 과정을 나타내고 있다. 프레임을 전송하려는 QSTA-1은 DLP-request 프레임을 AP에 전송하여 DLP를 시동시킨다(1a). 이 request 프레임에는 전송 속도, QSTA-1의 capability, QSTA-1과 QSTA-2 각각의 MAC 주소가 들어 있다. AP는 수신된 DLP-request 프레임을 실제 수신 QSTA인 QSTA-2에 발송(forward)한다(1b). QSTA-2가 Direct Stream을 수락하면 AP에 DLP-response 프레임을 전송한다(2a). 이 response 프레임에도 request 프레임과 마찬가지로 전송 속도, QSTA-2의 capability, QSTA-1과 QSTA-2의 MAC 주소가 들어 있다. AP는 수신한 DLP-response를 QSTA-1에 발송한 후(2b), Direct Link는 설정되고 프레임들을 직접 전송할 수 있게 된다. QSTA-2에서 DLP-response 프레임을 전송한 후에는(2a), QSTA-2는 aDLPIdeTimeout 시간 동안, power-save 상태로 변환할 수 없다. Direct Link가 설정된 후, QSTA-1은 DLP-probes(3) 프레임을 사용하여 QSTA-1과 QSTA-2간 링크의 상태를 점검할 수 있다. aDLPIdeTimeout 동안 전송할 프레임들이 없게되면 Direct Link는 해제되고 QSTA-2에 AP를 통해서 프레임들을 전송하게 된다.

3-4-3 Automatic Power-Save Delivery(APSD)

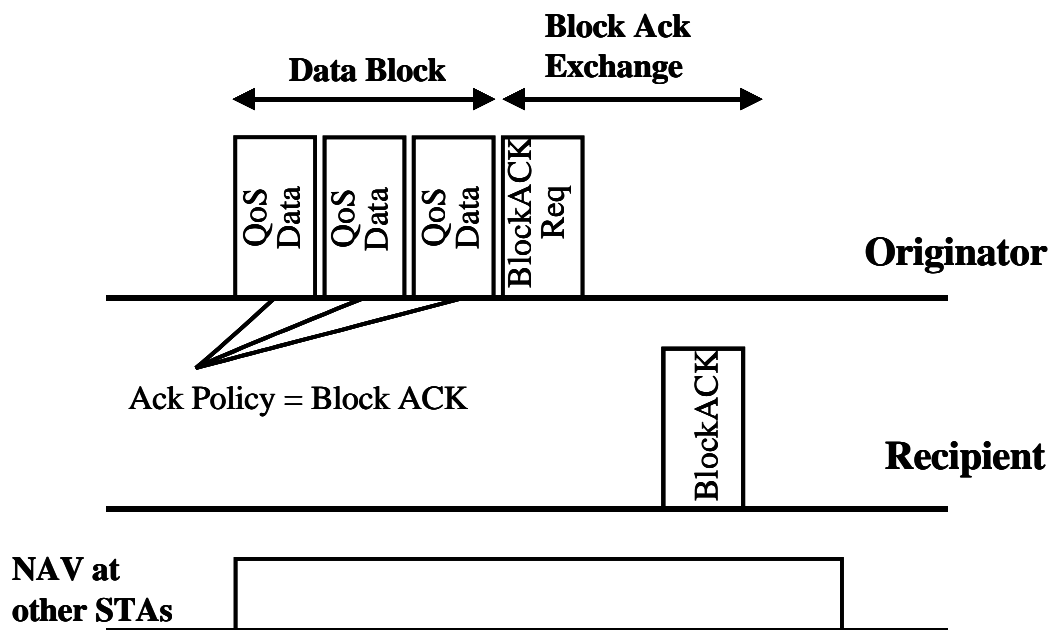
기존의 IEEE802.11에서 AP가 Power Save Mode에 있는 STA에 프레임을 전송하기 위해서는 STA으로부터 PS-Poll 프레임이 수신되어야만 한다. 이것은 AP가 STA이 Power Save Mode에 있을 경우 Awake State에 있는지 Doze State에 있는지 알 수 없기 때문인데 STA으로부터의 PS-Poll 프레임은 PS-Poll 프레임을 전송한 STA이 현재 Awake State에 있다는 것을 나타내기 때문에 AP는 STA에 프레임을 전송할 수 있다. 따라서 이러한 비효율적인 문제를 해결하기 위해 IEEE802.11e에서는 APSD를 통해 STA이 언제 Awake State에 있을 것인지를 Association 때 설정하여 PS-Poll 프레임을 통해 전송할 필요가 없다. AP가 아닌 QSTA들은 (re)association 또는 action management 프레임을 통해 QAP에게 Power Save에 관한 정보를 미리 알려준다. 그러면 QAP는 데이터들을 저장한 후 APSD mode에 있는 QSTA에게 해당 Wakeup 주기의 Beacon 기간동안 전송한다.

3-4-4 Block ACK

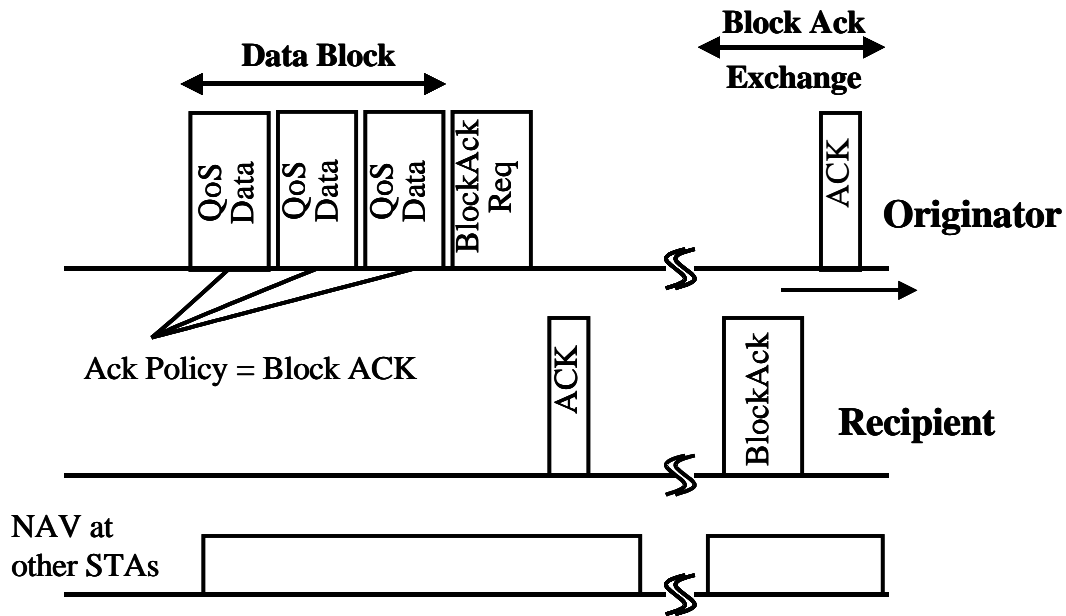
기존의 IEEE802.11에서 ACK 프레임은 각각의 MDPU가 전송될 때마다 전송되어야 한다. IEEE802.11e에서는 효율을 높이기 위해 최대 64개의 MSDU에 대해 한 개의 ACK 프레임으로 처리가 가능한 Block ACK 프레임을 정의하였다. <그림 3-12>에서는 Block ACK 메카니즘에서 주고받는 메시지를 나타내었다. ADDBA Request와 Response를 통해 Block ACK를 설정하고 여러 프레임들을 전송한다. 이 때 여러 프레임들을 전송하기 위해서는 polled TXOP 또는 EDCA TXOP를 얻어야 전송할 수 있다. 일반적으로 이렇게 여러 프레임들을 전송하는 것은 한 TXOP동안에서 이루어지고 SIFS 간격으로 전송한다.



<그림 3-12> Block ACK 메카니즘의 메시지 시퀀스 차트



<그림 3-13> Immediate Block ACK



<그림 3-14> Delayed Block ACK

BlockAckReq 제어 프레임을 통해 ACK를 요구하여 BlockACK를 받은 후, DELBA Request를 전송하여 해제하게 된다. BlockACK는 두 가지 종류로 나뉘지는데, <그림 3-13>과 <그림 3-14>는 각각 Immediate Block ACK와 Delayed Block ACK 방식을 설명하였다. Immediate Block ACK는 Block ACK 프레임이 도착할 때까지 전송 QSTA이 계속적으로 Block ACK Request 프레임을 전송하는 방식이고, Delayed Block ACK 방식에서 전송 QSTA은 한번의 Block ACK Request 프레임 전송 후에 Block ACK 프레임이 도착할 때까지 기다린다. Immediate Block ACK는 높은 대역폭의 latency가 적은 트래픽에 적합하고, Delayed Block ACK는 일반적인 latency용의 어플리케이션에 적합하다.

이상과 같이 본 장에서는 QoS를 지원하는 IEEE802.11e의 표준에 있어서 핵심 이슈가 되었던 새로운 개념의 구현 방법들에 대해 논의하였다. IEEE802.11e가 제공하는 QoS의 성능에 따라 앞으로 연구할 홈 네트워킹 기술이 제공할 성능이 크게 영향을 받게 될 것임은 자명한 일이다.

제 4장 IEEE802.15.3의 QoS

제 4-1절 개 요

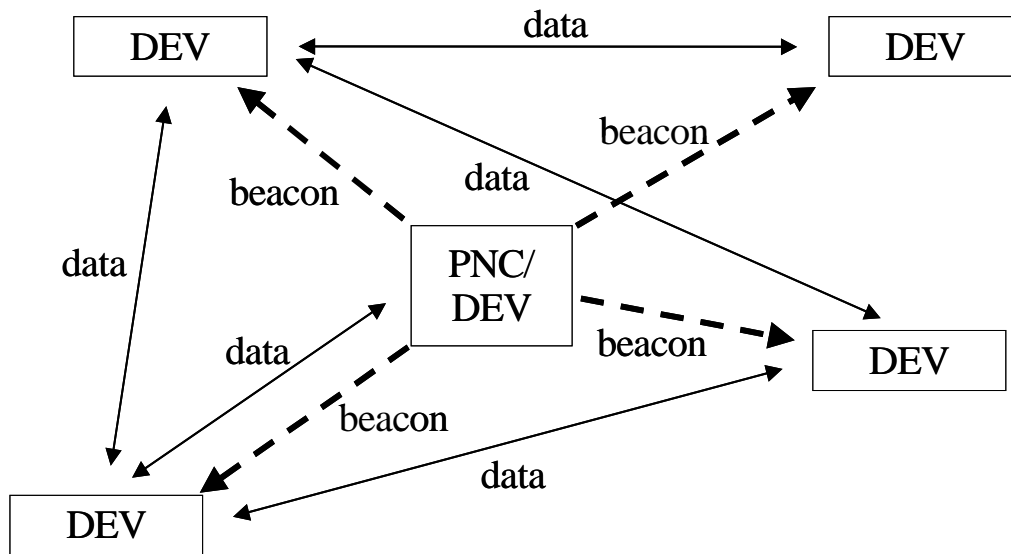
WPAN(Wireless Personal Network)은 소수의 디바이스들이 비교적 짧은 거리를 통해 정보를 전달하는데 사용된다. WLAN(Wireless Local Area Network)과는 달리 WPAN에서 DEV(Device)들의 연결은 인프라스트럭처 (Infrastructure) 형태를 거의 가지지 않는다. 따라서 저가이면서 전력 낭비가 심하지 않은 소형 디바이스를 구현할 수 있는 방법이 가능하게 된다. 현재 IEEE802.15.3은 Draft 17까지 나와 있다.[22]

4-1-1 802.15.3 피코넷(Piconet)

피코넷은 다수의 독립적인 DEV들이 서로 간에 무선으로 통신 가능한 Peer-to-Peer의 Ad hoc 무선 데이터 통신 시스템이다. 피코넷에서의 통신은 고정되었거나 아니면, 이동 가능한 기기로 반경이 일반적으로 10m 정도인 좁은 영역 내에서 통신을 한다.

빌딩이나 학교 또는 도시같은 비교적 넓은 영역을 커버하는 LAN(Local Area Network), MAN(Metropolitan Area Network), WAN(Wide Area Network)과의 차이점이다.

802.15.3 피코넷은 <그림 4-1>에서처럼 몇몇 구성요소들로 형성된다. 가장 기본적인 구성요소는 DEV이다. 피코넷을 구성하기 위해서는 PNC(Piconet Coordinator) 역할을 하는 DEV가 꼭 있어야만 한다. PNC는 비컨(Beacon)을 사용하여 그 피코넷의 타이밍 동기 및 피코넷의 동작에 필요한 여러 정보 요소(Information Element)들을 제공한다. 또한 PNC는 피코넷을 구성하는 DEV들의 채널 타임 관리, 채널 접근 제어, 전력 관리 등을 담당한다.



<그림 4-1> 802.15.3 피코넷 구성요소

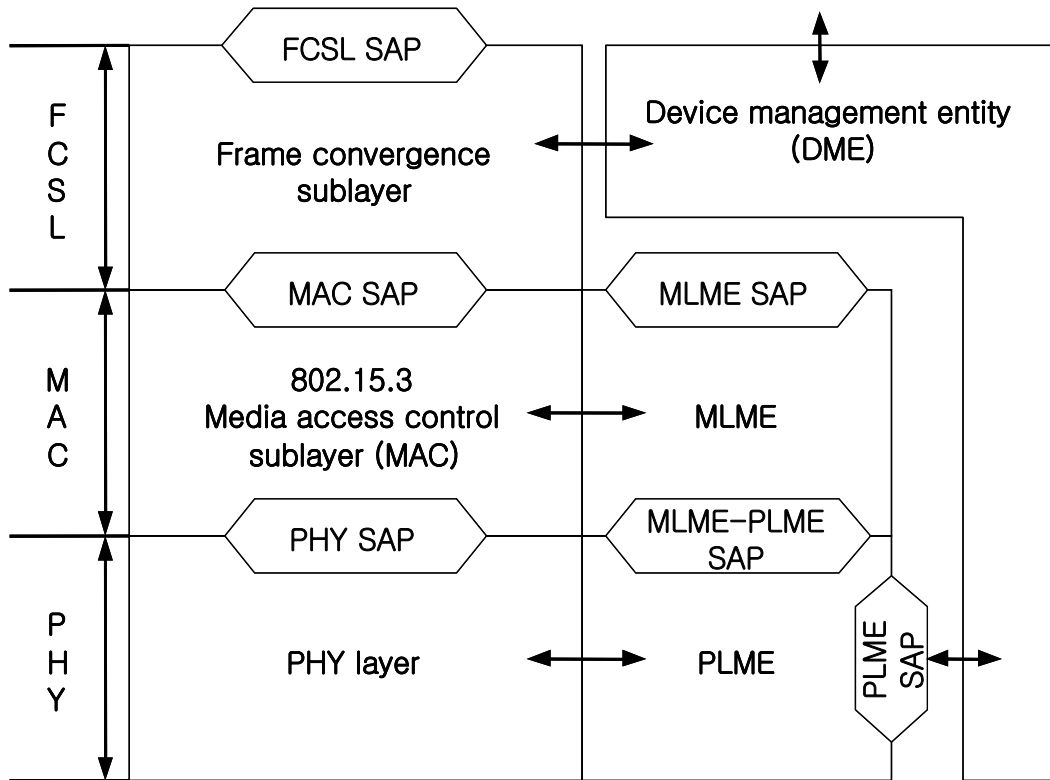
802.15.3 피코넷은 Ad hoc 네트워크에서처럼, 어떤 DEV가 통신을 하려고 할 때, 기존에 있던 피코넷에 가입하거나 피코넷이 없는 경우 자신이 PNC가 되어서 피코넷을 구성하고, 피코넷의 DEV들이 더 이상 통신하지 않는 경우 피코넷을 제거한다.

802.15.3 표준에서는 DEV의 요구에 따라 종속적인 피코넷을 구성할 수도 있다. 종속적인 피코넷을 만든 원래의 피코넷을 부모(Parent) 피코넷이라고 한다. 부모 피코넷에 있는 PNC와의 연관(Association)된 방식에 따라 종속적인 피코넷을 자식(Child) 또는 이웃(Neighbor) 피코넷이라고 한다. 부모 PNC의 채널 타임 할당 방식에 따라 종속적인 피코넷의 동작은 결정된다. 독립적인 피코넷은 어떠한 종속적인 피코넷들도 가지지 않는다.

제 4-2절 802.15.3 MAC(Medium Access Control)의 구조

802.15.3의 참조 모델(Reference Model)은 <그림 4-2>와 같다. 크게 PHY, MAC, FCSL(Frame Convergence SubLayer) 계층, 그리고 각각의 계층을 관리하는 MLME(MAC subLayer Management Entity), PLME(PHY Layer Management Entity)와 MAC이 올바르게 동작하기 위해서 각각의 DEV에 존재하는 DME(Device Management Entity)가 있다. 802.15.3 표준에서는 DME의 정확한 기능에 대해서는 정의하지 않았다. 그러나 일반적인

로 DME의 역할은 각각의 계층 관리 엔티티로부터 각 계층에 관련된 정보를 수집하고 파라미터들을 설정하는 일을 한다. 각 계층간에는 프리미티브(Primitive)를 정의한 SAP(Service Access Point)가 존재한다.



<그림 4-2> 802.15.3 참조 모델

<그림 4-3>과 <그림 4-4>는 802.15.3 MAC 프레임의 헤더(Header)와 바디(Body)의 형식(Format)을 나타낸 것이다. MAC 헤더에는 SrcID(Source DEVID), DestID(Destination DEVID) 두 개의 DEVID(Device ID)가 들어간다. DEVID는 DEV가 연관(Association) 프로시저 동안 PNC가 각각의 DEV마다 할당해 주는 고유한 번호이다. 이 DEVID 중에서, 몇 개의 번호는 다음과 같은 용도로 미리 예약을 해 두었다.

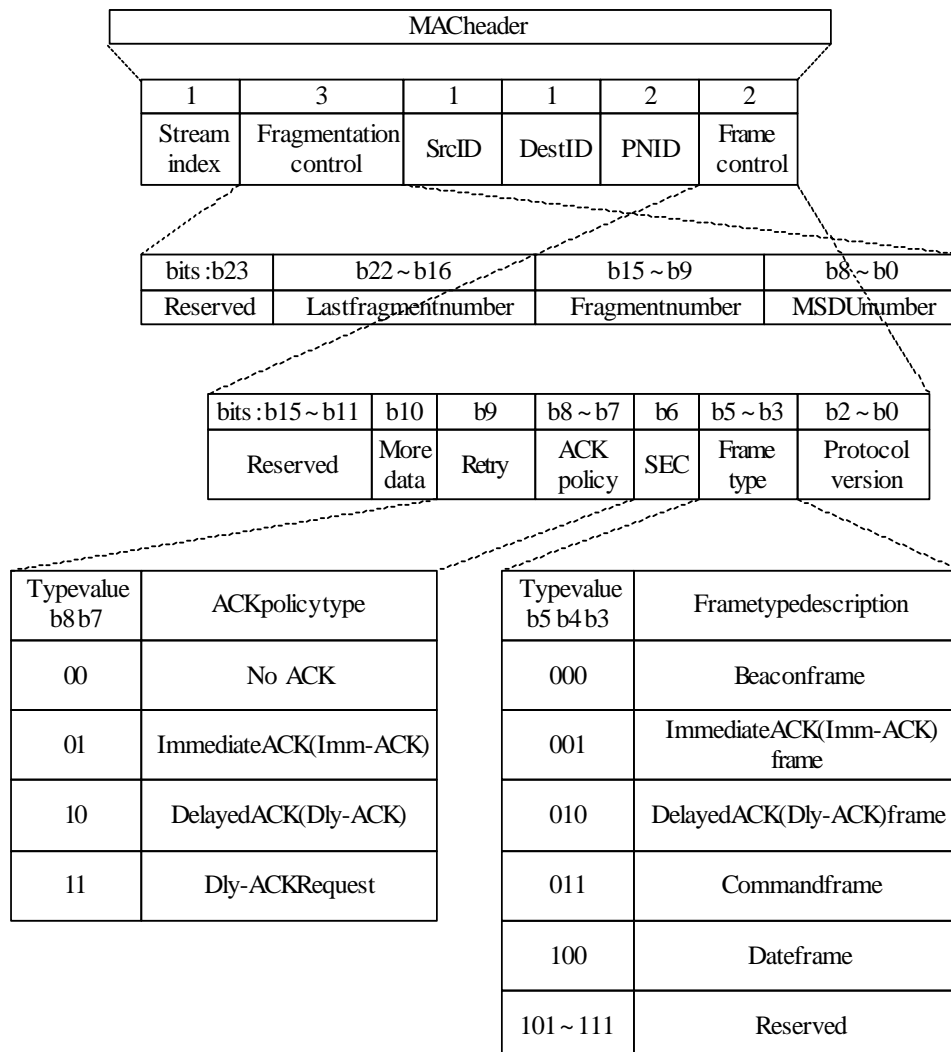
- 0x00 : PNC의 DEVID(PNCID)
- 0xED - 0xF6 : 이 후에 사용할 용도로 예약함.
- 0xF7 - 0xFC 이웃 피코넷(NbrID)
- 0xFD : 멀티캐스트 프레임(McstID)
- 0xFE : 연관되지 않은 DEV들이 PNC와 연관을 하려고 할 때 사용하는 번호(UnassocID)로써 PNC로부터 DEVID를 받기 전까지 사용.

- 0xFF : 브로드캐스트 프레임(BcstID)

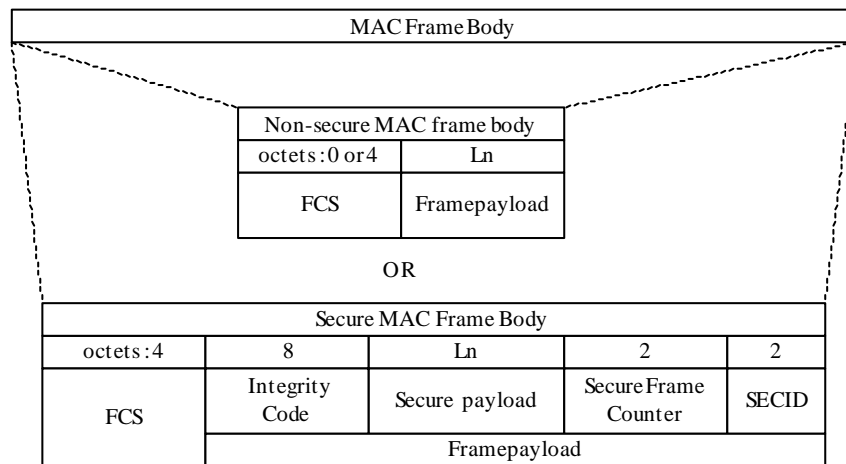
Fragmentation control 필드에서 MSDU 번호는 현재 MSDU 시퀀스 번호를, Fragment 번호는 현재 MSDU에서 현재 프래그먼트된 순서를 나타내는 번호를, Last Fragment 번호는 전체 프래그먼트의 수를 각각 나타낸다.

Stream index는 다음과 같다.

- 0x00 : 비동기 데이터
- 0xFD : MCTA 트래픽
- 0xFE : 할당되지 않은 스트림
- 그 외 : 그 외의 번호는 PNC가 데이터 스트림을 설정하는 동안 동적으로 할당한다. PNC는 피코넷에 있는 각각의 등시성(Isochronous) 스트림마다 고유한 번호로 할당한다.



<그림 4-3> 802.15.3의 일반적인 MAC 헤더 프레임 형식



<그림 4-4> 802.15.3의 일반적인 MAC 프레임 바디 형식

MAC 프레임의 바디(Body)는 대칭 키를 사용하여 페이로드(Payload)를 암호화하여 보호할 수도 있다. 이 경우, SECID(Secure session ID)로 키에 대한 정보를 보낸다.

802.15.3 MAC은 다음과 같은 기능을 제공할 수 있도록 설계되었다.

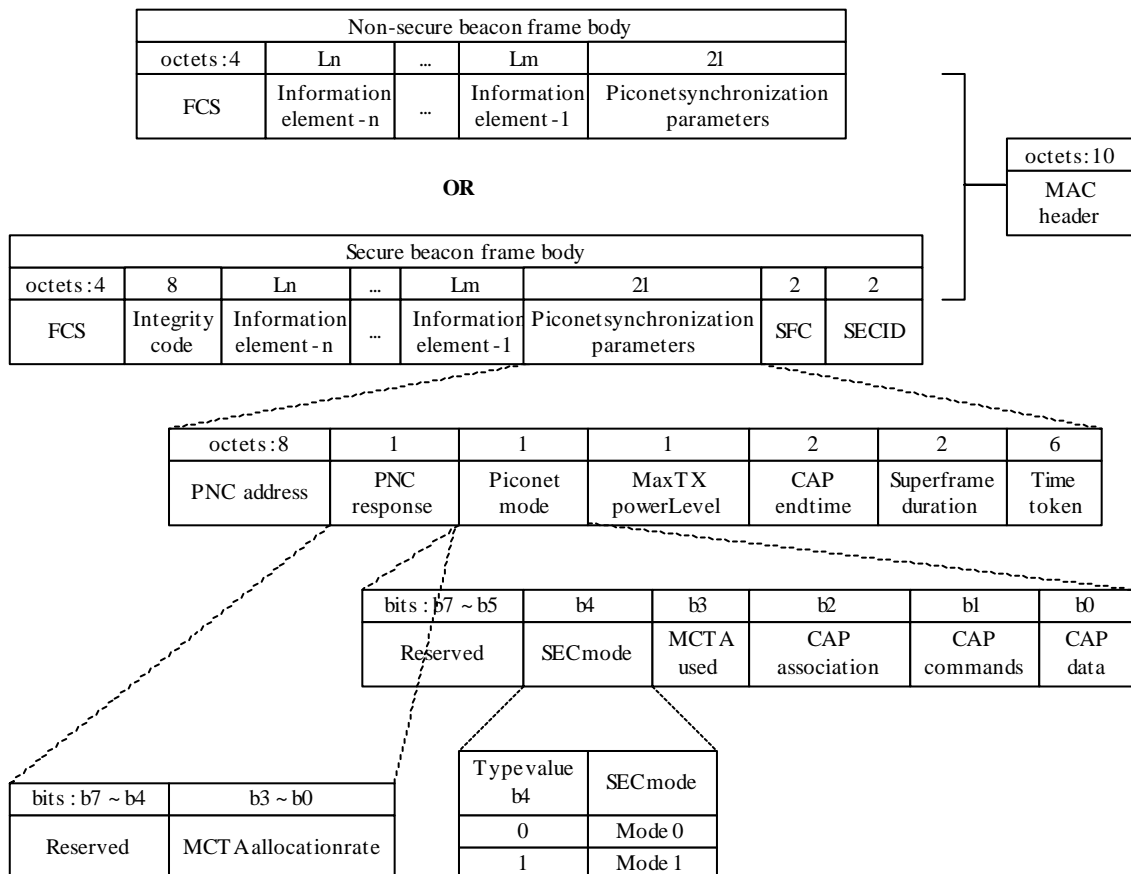
- 빠른 연결 시간
- Ad hoc 네트워크
- QoS를 제공하는 데이터 전송
- 보안성
- 동적인 멤버구성
- 효율적인 데이터 전송

4-2-1 코디네이션(Coordination)

PNC로서 동작할 수 있는 802.15.3 DEV가 <그림 4-5>와 같은 비컨을 전송함으로써 피코넷은 형성된다. 비록 비컨을 전송하는 PNC만 있고 PNC에 연관된 DEV들이 없더라도 피코넷으로 간주한다. PNC의 주요 기능들 중 하나는, 이 비컨을 통해 피코넷 정보를 전송하는 것이다.

비컨 프레임의 바디도 암호화하여 보호할 수 있다. 이 경우도 SECID, SFC(Secure Frame Counter), Integrity code가 프레임 바디에 들어가게 된다. 먼저 피코넷 동기 파라미터(Piconet synchronization parameter)를 살펴

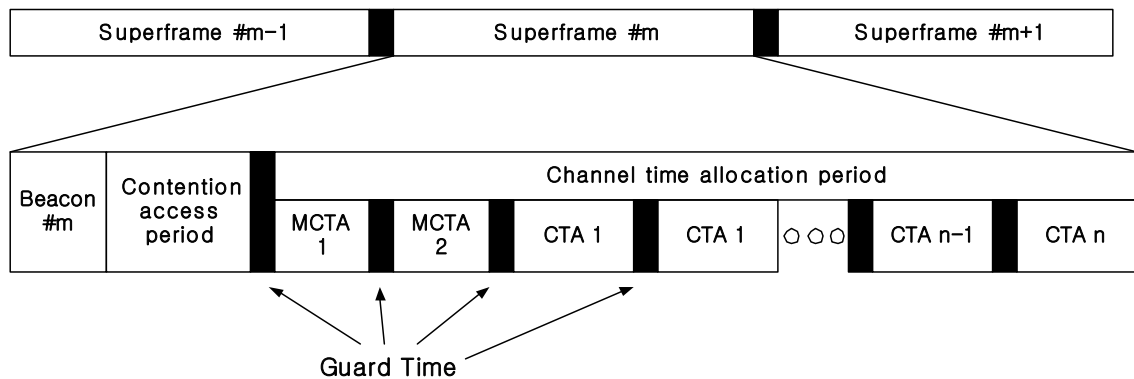
보면, 타임 토큰(Time Token)은 48비트 카운터로 매 비컨마다 증가를 한다. 타임 토큰의 16 LSB(Least Significant Bit)를 가지고 비컨 번호로 사용한다. 슈퍼프레임 기간(Superframe duration)은 1μsec 단위로 슈퍼프레임의 시간 길이를 나타낸다. CAP(Contention Access Period) 끝 시간(CAP end time)은 비컨이 도착한 시각을 기준으로 CAP이 끝나는 상대적인 시간을 나타낸다. 즉 CAP의 시간 길이를 나타낸다. MAX TX 파워 레벨은 현재 슈퍼프레임의 최대 송신 파워를 나타낸다. 피코넷 모드(Piconet mode)는 현재 피코넷과 슈퍼프레임에 대한 특성을 나타낸다. CAP 동안 데이터, 커맨드, 연관 메시지를 보내도록 허용할 것인지, MCTA(Management CTA)를 사용하는지 보안 설정은 어떤 것을 사용하는지 나타낸다. MCTA 할당률(Allocation rate)은 MCTA를 얼마마다 할당하는지 나타낸다. 그 외에 IE(Information Element)들을 통해 피코넷 동작에 필요한 여러 정보를 전송한다.



<그림 4-5> 802.15.3의 비컨 프레임

4-2-2 802.15.3 슈퍼프레임(Superframe)

<그림 4-6>에서처럼 802.15.3 피코넷에서 타이밍은 슈퍼프레임을 기반으로 한다. 각 슈퍼프레임은 비컨으로 시작하여 CAP, CTAP(Channel Time Allocation Period)로 구성된다. CAP를 통해서는 비동기 데이터나 커맨드를 전송한다. CTAP는 CTA(Channel Time Allocation), MCTA(Management CTA)로 구성되고, CTA를 통해서는 커맨드, 등시성 데이터, 비동기 데이터 모두를 전송할 수 있다. 또한 동기를 맞추기 위해서 중간에 가드 타임이란 여유를 두었다. <그림 4-6>에서 MCTA가 CTAP의 맨 처음에 위치하지만, PNC는 슈퍼프레임내에 원하는 위치에 원하는 번호의 MCTA 또는 CTA를 위치시킬 수 있다.



<그림 4-6> 802.15.3 피코넷의 슈퍼프레임 구조

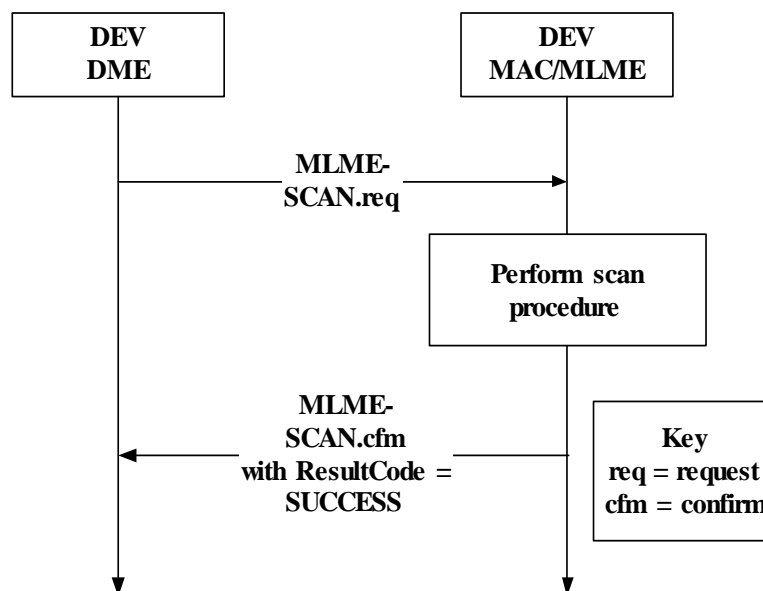
CAP의 길이는 PNC가 결정하고, 비컨을 통해 피코넷에 있는 DEV들에게 전달된다. PNC는 CAP에서 제공되는 기능을 MCTA로 변경할 수 있다. 그러나 2.4 GHz PHY에서는 모든 DEV들이 CAP를 사용하도록 하고 있다. MCTA는 DEV와 PNC간의 통신에 사용되는 CTA 형태이다.

CAP에서 매체 접근 방식으로 CSMA/CA를 사용한다. 반면에 CTAP는 DEV 마다 특정한 타임 윈도우를 가지는 TDMA 프로토콜을 사용한다. MCTA는 특정 송/수신 DEV 쌍에 할당되어 TDMA로 액세스를 하거나 Slotted Aloha 프로토콜을 사용하는 공유 CTA로써 사용된다.

제 4-3절 802.15.3 MAC의 기능

4-3-1 피코넷의 시작

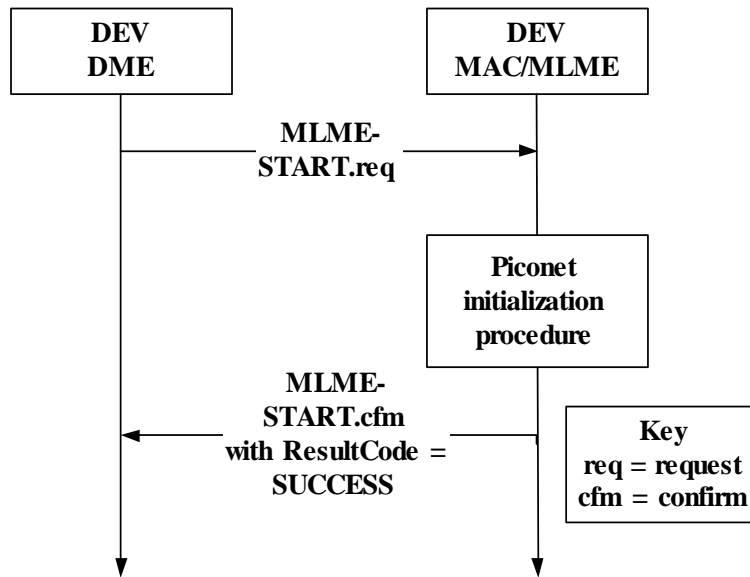
피코넷을 형성하기 위해서 PNC로 동작할 수 있는 DEV는 현재 동작중인 피코넷을 조사하기 즉 동작중인 피코넷의 PNC로부터 비컨을 수신하기 위해 <그림 4-7>과 같은 수동 스캔(Passive Scan)을 실행한다. ChannelScanDuration 시간동안 스캔을 해서 사용하지 않는 채널을 발견하면, <그림 4-8>과 같은 프로세스를 통해 PNC는 비컨을 전송함으로써 간단히 피코넷을 형성한다. 만약 사용가능한 채널이 없다면, DEV는 종속적인 피코넷을 형성할 수도 있다. 피코넷을 시작하는 프로세스를 통해서 맨 처음 선택된 DEV가 PNC로 가장 적합하지 않을 수도 있기 때문에 연관(Association) 프로세스와 PNC 핸드오버(Handover) 프로세스를 통해서 PNC로 가장 적합한 DEV가 결국은 피코넷의 PNC가 되도록 할 수 있다. 이때, PNC로서 가장 적합한 DEV를 선택하는 기준은 <표 4-1>에서처럼 PNC Capability 값 등을 통해서 결정한다.



<그림 4-7> 스캔 동작 메시지 시퀀스 차트

종속적인 피코넷의 PNC에게 PNC 핸드오버를 하는 경우, 종속적인 PNC가 두개의 피코넷을 합치는 것은 아니다. 802.15.3 표준에서는 두개의 피코

넷을 하나의 피코넷으로 합치는 프로세스는 제공하지 않는다.

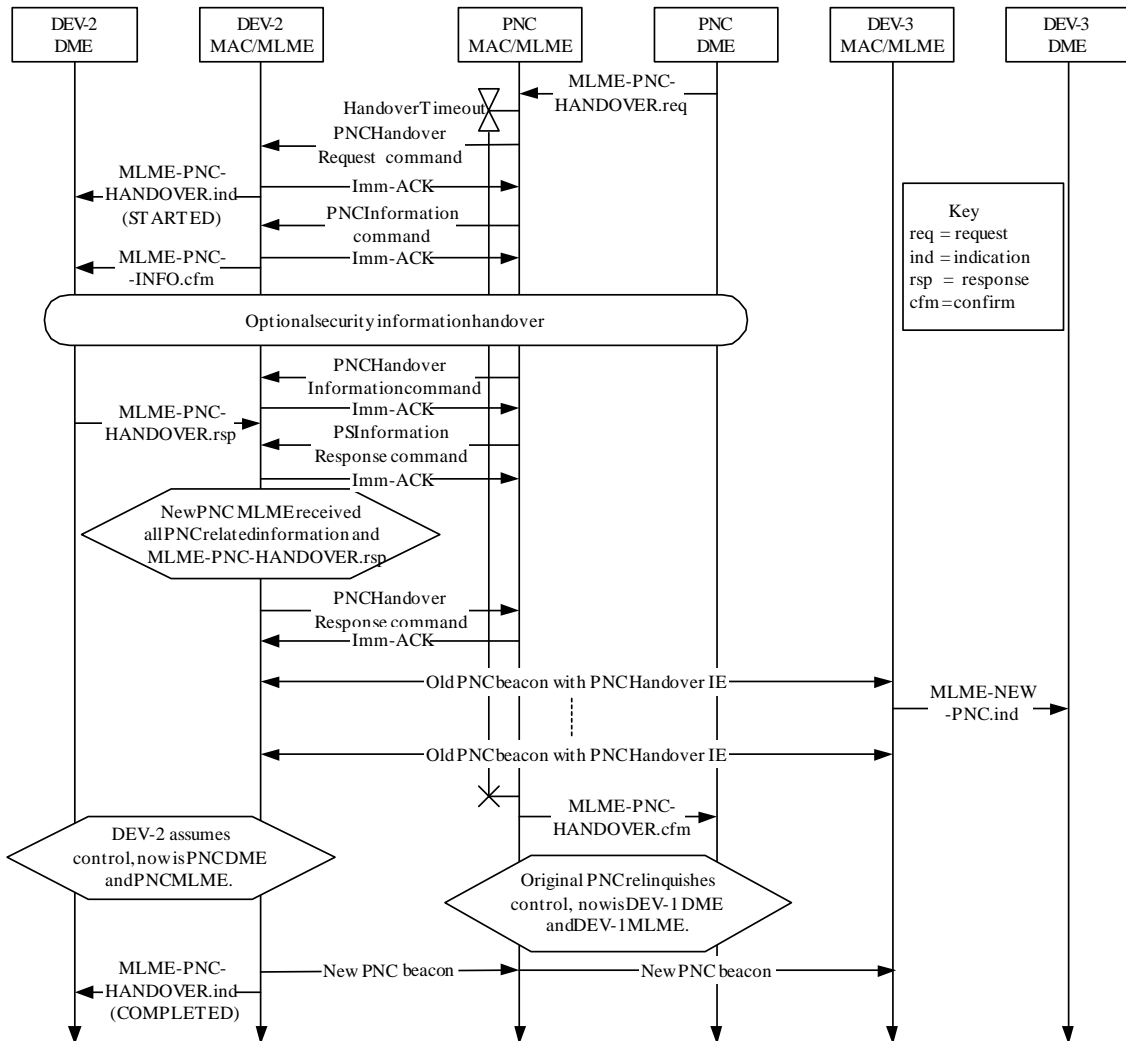


<그림 4-8> 피코넷 시작 메시지 시퀀스 차트

<표 4-1> PNC 선택 기준

순위	비교 정보	선택 조건
1	PNC Capability 필드의 PNC Des-mode(Desired mode) 비트	PNC Des-mode 비트가 1인 DEV를 PNC로 선택
2	PNC Capability 필드의 SEC(Security) 비트	SEC 비트가 1인 DEV를 PNC로 선택
3	PNC Capability 필드의 PSRC(Power Source) 비트	PSRC 비트가 1인 DEV를 PNC로 선택
4	PNC Capability 필드의 Max associated DEVs 값	높은 값을 가지는 DEV를 PNC로 선택
5	PNC Capability 필드의 CTRqBs(Channel Time Request Block) 값	높은 값을 가지는 DEV를 PNC로 선택
6	송신 전력 레벨 (PHY와 연관됨)	높은 값을 가지는 DEV를 PNC로 선택
7	MAX PHY 속도 (PHY와 연관됨)	높은 값을 가지는 DEV를 PNC로 선택
8	DEV 주소	높은 값을 가지는 DEV를 PNC로 선택

4-3-2 PNC 핸드오버



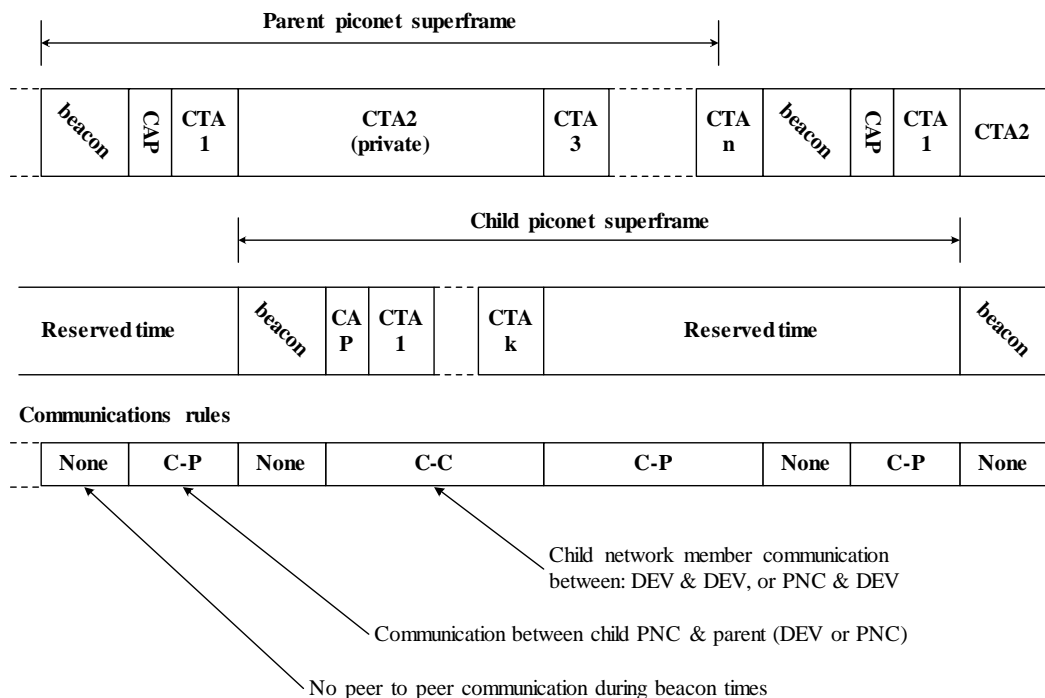
<그림 4-9> PNC 핸드오버 메시지 시퀀스 차트

새로운 DEV가 기존에 존재하는 피코넷에 연관(association)할 경우, 기존에 존재하는 피코넷의 PNC는 새로운 DEV가 PNC로서 보다 적합한지 <표 4-1>의 기준에 따라 결정하기 위해서 새로운 DEV의 PNC Capability 필드와 선택에 필요한 값들을 조사한다. 만약 새로운 DEV가 PNC로서 보다 적합하고 보안 정책상으로도 PNC 핸드오버가 가능하다면, PNC는 이 새로운 DEV에게 피코넷의 제어 권한을 전달할 수 있는 선택 권리를 가진다. 이 PNC 핸드오버 프로세스는 기존에 존재하는 모든 시간 할당(CTA)들을 계속 유지시키기 때문에 피코넷에서의 데이터 전송은 중지되지 않는다. 만약

PNC가 종료를 하거나 피코넷에서 떠나려고 한다면, 피코넷 내의 다른 DEV에게 피코넷의 제어 권한을 전달하기 위해서 PNC 핸드오버 프로세스를 실행할 수도 있다. 또한 종속적인 PNC로의 PNC 핸드오버도 가능하지만 독립적인 PNC 또는 부모 PNC의 핸드오버보다 다소 복잡하다. PNC 핸드오버의 메시지 시퀀스 차트는 그림 <그림 4-9>와 같다.

4-3-3 자식(Child) 피코넷 생성

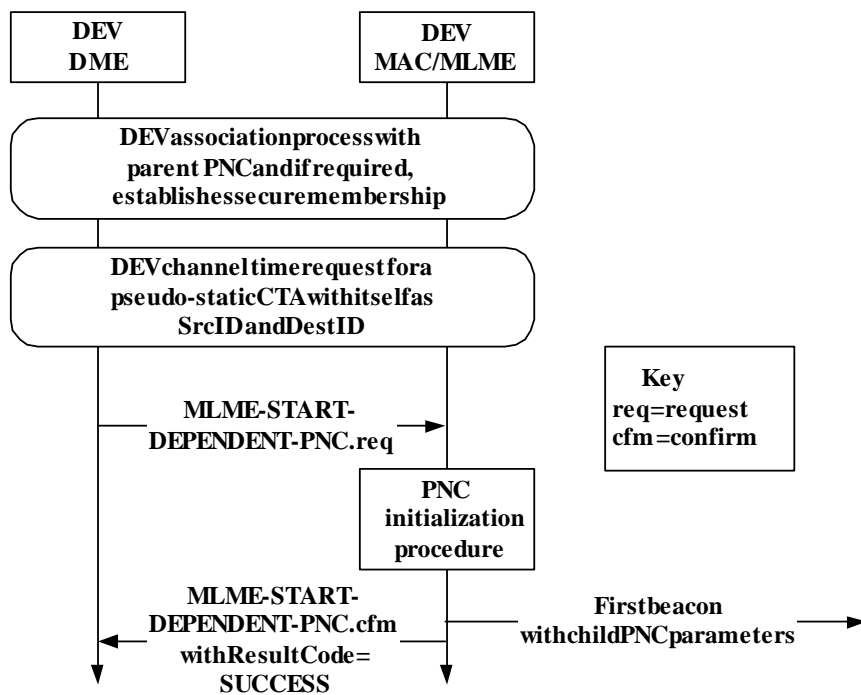
자식 피코넷은 기존에 생성된 피코넷 아래에 형성된다. 따라서 기존에 생성된 피코넷은 부모 피코넷이 된다. 자식 피코넷을 통해서 피코넷의 커버리지 영역을 넓힐 수 있고 또는 PNC가 가능한 DEV에게 계산에 필요한 자원 또는 메모리 사용 등을 이동시킬 수 있다. 부모 피코넷은 하나 이상의 자식 피코넷을 가질 수도 있고, 자식 피코넷 아래에 또다시 자식 피코넷을 형성하여 영역을 넓힐 수도 있다.



<그림 4-10> 부모 피코넷과 자식 피코넷과의 슈퍼프레임 관계

자식 피코넷은 부모 피코넷과 다른 별개의 PNID(Piconet ID)를 사용하고, <그림 4-10>에서처럼 부모 피코넷으로부터 할당받은 전용(Private) CTA(Channel Time Allocation)를 사용한다는 점을 제외하고 자율적인 피코넷으로 동작한다. 자식 피코넷의 연관과 보안 멤버쉽은 자식 피코넷 내부에서 처리되고 부모 PNC를 수반하지 않는다. <그림 4-11>은 자식 피코넷을 생성하는 메시지 시퀀스 차트를 나타낸 것이다.

자식 피코넷은 부모 피코넷과 다른 별개의 PNID(Piconet ID)를 사용하고, <그림 4-10>에서처럼 부모 피코넷으로부터 할당받은 전용(Private) CTA(Channel Time Allocation)를 사용한다는 점을 제외하고 자율적인 피코넷으로 동작한다. 자식 피코넷의 연관과 보안 멤버쉽은 자식 피코넷 내부에서 처리되고 부모 PNC를 수반하지 않는다. <그림 4-11>은 자식 피코넷을 생성하는 메시지 시퀀스 차트를 나타낸 것이다.

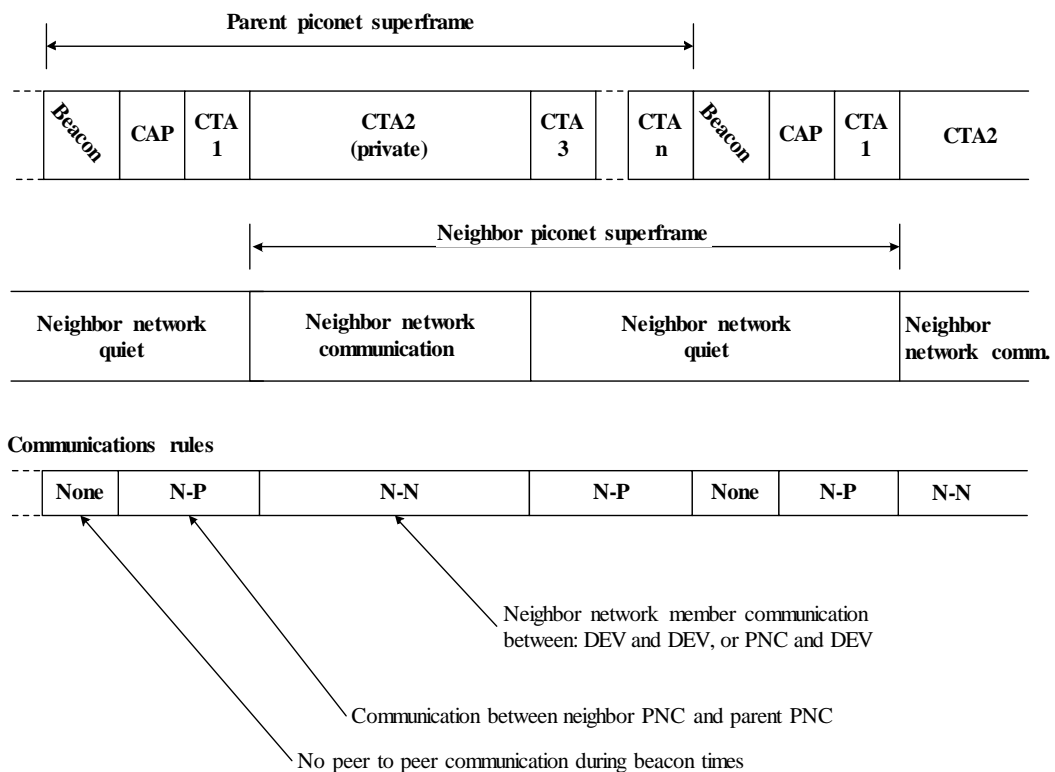


<그림 4-11> 자식 피코넷 생성 메시지 차트

자식 피코넷의 PNC는 부모 피코넷의 멤버이자 자식 피코넷의 멤버이므로 부모 피코넷에 있는 DEV와 통신을 할 수 있고, 또한 자식 피코넷에 있는 DEV와도 통신을 할 수 있다. 그러나 802.15.3 표준에서는 자식 피코넷의 멤버와 부모 피코넷의 멤버 사이에 직접적인 데이터 전송에 대한 메커니즘을 제공하지 않는다.

4-3-4 이웃(Neighbor) 피코넷 생성

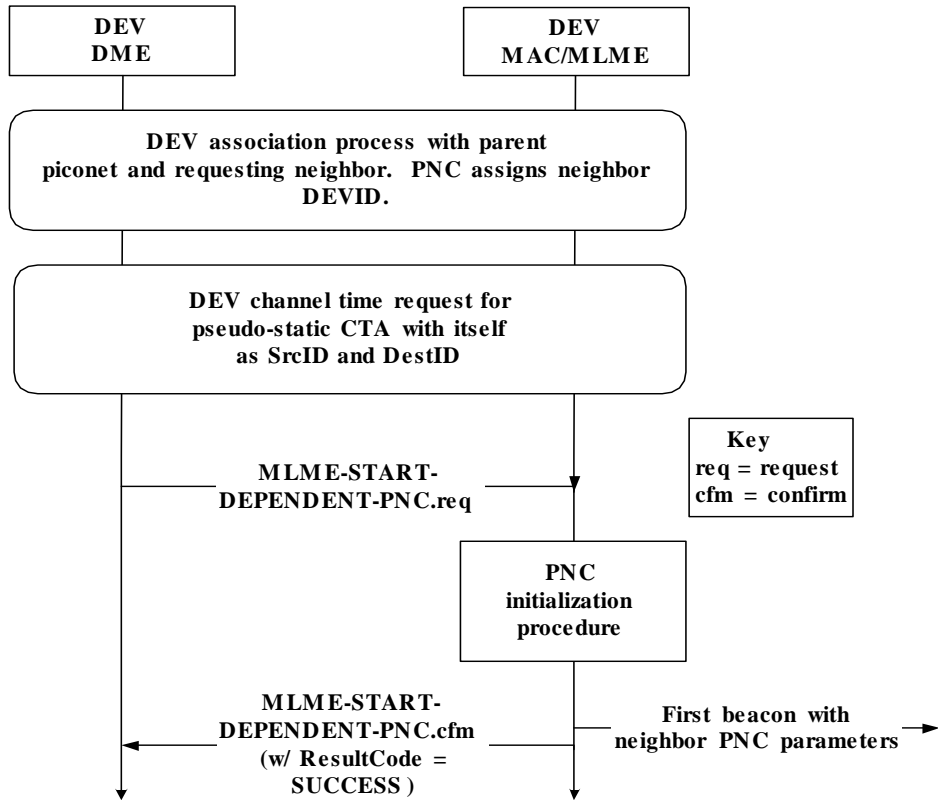
이웃 피코넷도 자식 피코넷과 마찬가지로 기존에 생성된 피코넷 아래에 형성되고, 기존에 생성된 피코넷은 부모 피코넷이 된다. 하나의 피코넷이 하나 이상의 이웃 피코넷을 가질 수도 있고 자식 피코넷과 이웃 피코넷을 동시에 가질 수도 있다. 또한 이웃 피코넷 아래에 또다시 이웃 또는 자식 피코넷을 형성할 수도 있다. 이웃 피코넷의 목적은 사용하지 않는 PHY 채널들이 없을 때, 서로 다른 피코넷들이 같은 주파수 스펙트럼을 공유하기 위한 메커니즘을 제공하는 것이다.



<그림 4-12> 부모 피코넷과 이웃 피코넷과의 슈퍼프레임 관계

이웃 피코넷도 자식 피코넷처럼 부모 피코넷과 다른 별개의 PNID(Piconet ID)를 사용하고, <그림 4-12>에서처럼 부모 피코넷으로부터 할당받은 전용 CTA(Channel Time Allocation)를 사용한다는 점을 제외하고 자율적인 피코넷으로 동작한다. 이웃 피코넷의 연관과 보안 멤버쉽은 이웃 피코넷 내부에서 처리되고 부모 PNC를 수반하지 않는다. <그림 4-13>는 이웃 피코넷을 생성하는 메시지 시퀀스 차트를 나타낸 것이다.

이웃 PNC는 부모 피코넷의 멤버가 아니기 때문에 부모 피코넷에 있는 어떤 DEV와도 정보를 교환할 수 없다는 점이 자식 피코넷과의 차이이다.



<그림 4-13> 이웃 피코넷 생성 메시지 시퀀스 차트

4-3-5 피코넷 종료

PNC가 동작을 멈추려고 하고 PNC 가능한 DEV가 피코넷에 없을 경우, PNC는 피코넷 멤버들에게 종료를 알리기 위해 비컨에 <그림 14>와 같은 PNC Shutdown IE(Information Element)를 넣어서 전송한다.

octets : 1	1	1
Remaining DEVID	Length(=1)	Element ID

<그림 4-14> PNC Shutdown

피코넷에서 PNC가 가능한 다른 DEV에게 제어 권한을 전달하지 않고, PNC가 갑자기 피코넷을 떠난 경우, 피코넷은 종료된다. 이 경우, 종료된 그 피코넷에서 PNC가 가능한 DEV는 ATP(Association Timeout Period)가 만료되면, 피코넷 생성 프로세스를 통해서 새로운 피코넷을 시작할 수 있다.

이웃 피코넷이 있는 경우, 부모 피코넷의 PNC는 Disassociation Request 명령을 통해 이웃 피코넷을 종료할 수 있다. 또는 자식 피코넷인 경우, 스트림 종료 프로시저를 통해 자식 피코넷을 종료할 수 있다.

4-3-5-1 종속적인 피코넷이 있는 경우 피코넷 종료

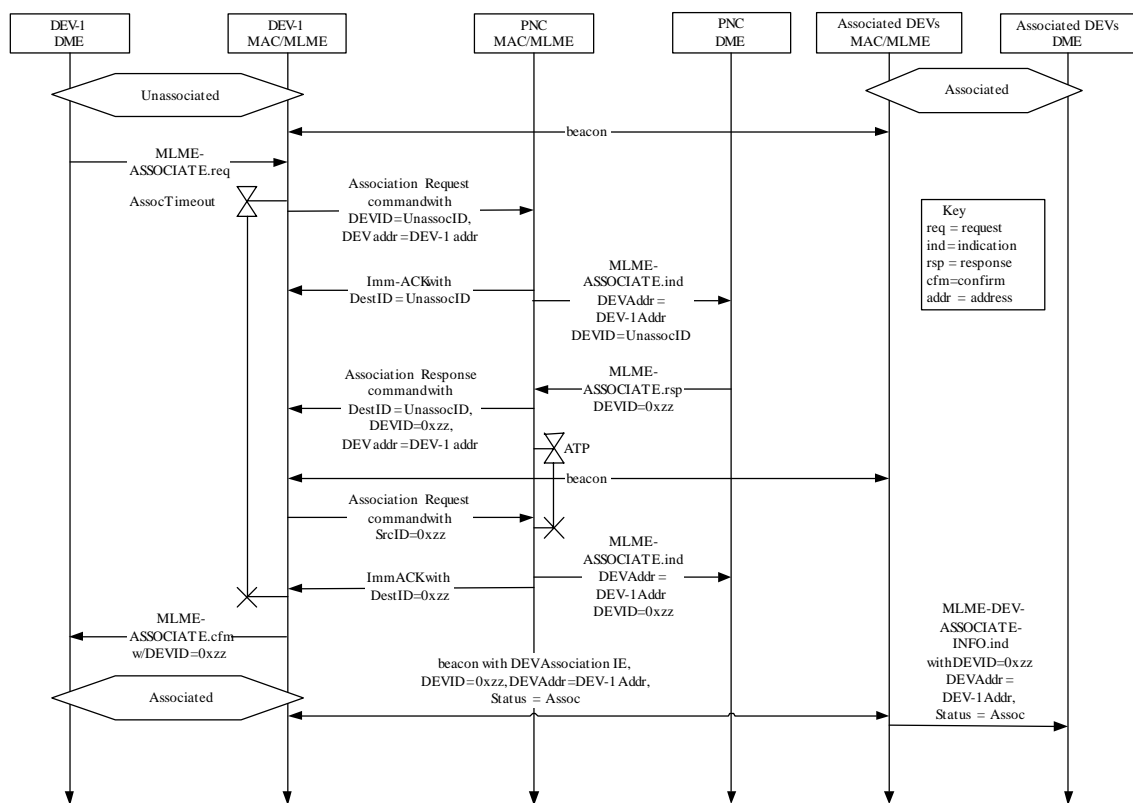
부모 피코넷이 동작을 멈추려는 경우, 부모 피코넷의 PNC는 PNC Shutdown IE의 Remaining DEVID에 계속 동작할 수 있는 종속적인 피코넷 PNC의 DEVID를 넣어서 그 PNC가 계속 동작하도록 할 수 있다. 계속 동작할 수 있는 이 종속적인 피코넷을 제외한 모든 종속적인 피코넷들은 부모 피코넷이 동작을 멈춘 경우, 같이 동작을 멈춘다. 동작을 중지해야 하는 이러한 종속적인 피코넷의 PNC는 채널을 바꾸어 피코넷을 만들거나 다른 피코넷에 종속적인 피코넷으로 참여하여 동작할 수도 있다. 계속 동작할 수 있도록 선택된 종속적인 피코넷의 PNC는 비컨에서 Parent Piconet IE를 제거함으로써 더 이상 종속적인 피코넷이 아님을 알린다. 부모 피코넷이 잠시 종료된 경우, 부모 피코넷의 PNC는 종속적인 피코넷으로 참여 시도를 할 수 있고, 잠재적으로 PNC 핸드오버를 통해 제어 권한을 다시 받게 된다.

자식 피코넷의 PNC가 자식 피코넷을 종료하려는 경우, Shutdown 프로시저를 통해 자식 피코넷을 종료한 뒤, CTRq(Channel Time Request) 커맨드를 부모 PNC에게 보내어 스트림을 종료하고, 부모 피코넷에게 자원(private CTA)을 반환한다.

이웃 피코넷인 경우 이웃 피코넷의 PNC는 Disassociation Request 커맨드를 부모 PNC에게 보내어 부모 피코넷과의 연관을 끊는다. 자식 피코넷에서처럼 부모 피코넷의 PNC 이웃 피코넷에 할당한 자원(CTA)을 해제한다. 이러한 종속적인 피코넷의 종료는 자원을 반환하는 것 이외에는 부모 피코넷에 아무런 영향을 주지 않는다.

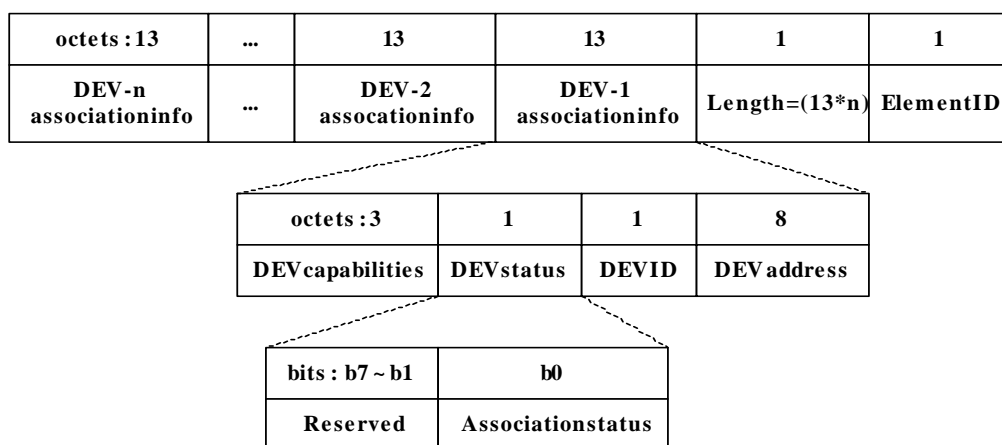
4-3-6 연관(Association)과 연관 탈퇴(Disassociation)

피코넷에 참여하기 위해서, DEV는 연관 프로세스를 사용하여 피코넷에 참여한다. 피코넷에 연관함으로써 DEV는 그 피코넷에서 유일한 식별자인 DEVID(Device Identifier)를 얻는다. 1옥텟 길이의 DEVID는 시스템의 부하를 절약하기 위해 8옥텟 길이의 DEV 주소대신 사용된다. 연관 프로시저를 통해서 PNC는 각각의 DEV에게 하나씩 증가하는 순서로 DEVID를 할당해 준다. 모든 DEV는 고유한 하나의 DEVID를 가지지만 PNC는 두 개의 DEVID를 가진다. PNC 기능의 트래픽을 전송할 때는 PNCID를 사용하고 PNC가 PNC 기능이 아닌 일반적인 DEV 기능으로 트래픽을 전송할 때는 PNCID가 아닌, DEV로서 가지는 DEVID를 사용한다. <그림 4-15>는 연관 프로시저를 나타낸 그림이다. 연관을 시도하는 새로운 DEV-1이 PNC를 통해 연관을 하는 연관 절차를 나타낸다.



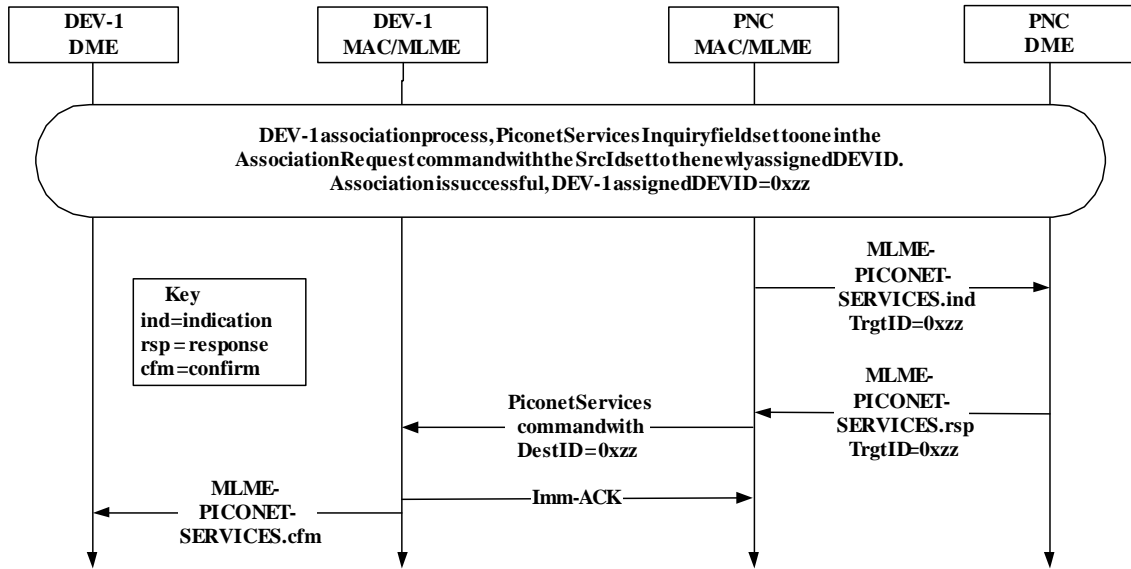
<그림 4-15> 연관 프로시저 메시지 시퀀스 차트

DEV-1은 Association Request 커맨드를 통해 PNC에 연관 요청을 한다. 이 때 DEVID로 UnassocID를 사용한다. PNC는 이 커맨드를 받았다는 Imm-ACK를 보내고, Association Response 커맨드에 할당한 DEVID 값을 보낸다. 동시에 여러 DEV들이 연관을 하려는 경우 이 Response 커맨드를 받으면 연관을 하려는 DEV들은 모두 ACK를 보낼 수 있기 때문에 충돌이 생길 수 있다. 따라서 이것을 방지하기 위해 Association Response 커맨드에 대해서는 No-ACK로 동작을 한다. DEV-1은 Association Response 커맨드를 수신하면, DestID가 UnassocID로 되어 있어서 이것이 DEV-1 자신에게 오는 커맨드인지 모르지만 DEV 주소가 DEV-1으로 되어 있어서 자신에게 오는 커맨드인지 알게 된다. 그 후, DEV-1은 PNC로부터 새로 받은 DEVID(0xzz)를 사용하여 Association Request 커맨드를 다시 PNC에게 전송을 하여 연관 절차를 마친다. 이러한 커맨드들은 CAP 또는 연관 MCTA를 통해서 이루어진다. 연관 절차가 끝나면 PNC는 비컨에 <그림 4-16>과 같은 DEV 연관 IE를 넣어서 다른 연관된 DEV들에게 새롭게 연관된 DEV-1에 대한 정보를 알려준다.



<그림 4-16> DEV Association IE

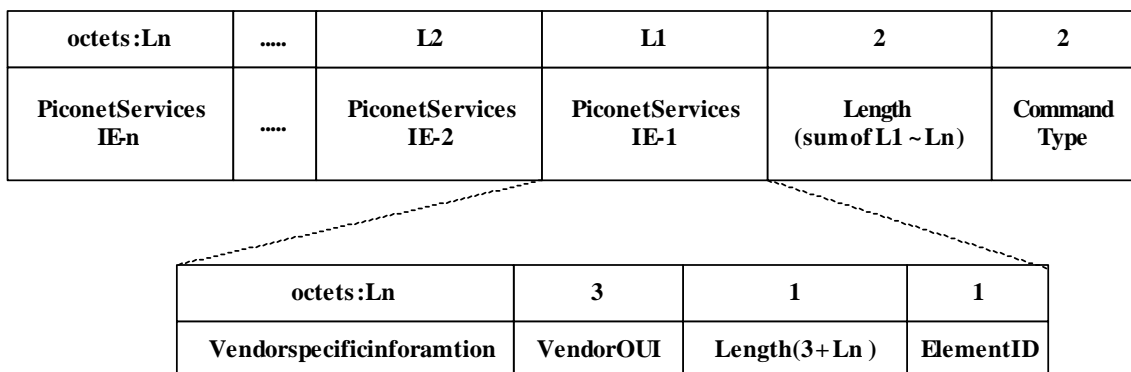
연관 프로시저는 선택 사양으로 DEV가 제공하는 서비스뿐만 아니라 피코넷에서 가능한 서비스의 정보를 제공한다. 또한 연관 프로세스는 PNC에게 새로운 DEV의 Capability 정보를 제공함으로써 새로운 DEV에게 피코넷의 제어 권한을 전달할지 PNC가 결정하게 한다. 새로운 DEV가 피코넷의 멤버가 되면, PNC는 PNC Information 명령을 사용하여 피코넷 정보를 브로드캐스트로 전달한다. 그리고 비컨에 새로운 DEV에 대한 정보를 넣는다.



<그림 4-17> 피코넷 서비스를 요청하기 위한 메시지 시퀀스 차트

<그림 4-17>에서처럼 연관 프로시저를 통해 Association Request 커맨드를 보낼 때, Piconet Services Inquiry 비트를 설정하여 PNC에게 피코넷 서비스 정보를 요청한다. 그러면 PNC는 피코넷 서비스 커맨드를 통해 피코넷에 있는 다른 DEV에 대한 정보를 받게 된다. <그림 4-18>은 피코넷 서비스 커맨드 프레임을 나타낸 것이다.

DEV가 피코넷을 떠나거나 PNC가 DEV를 피코넷에서 제거할 때 연관 탈퇴 프로세스가 사용된다. 연관 탈퇴된 DEV의 DEVID는 PNC가 그 DEVID를 재사용 하지 않는 한, 더 이상 유효하지 않다. PNC는 같은 DEVID를 최소 2 ATP(Association Time Period) 이상 동안 재사용하지 않는다.



<그림 4-18> 피코넷 서비스 커맨드

4-3-7 보안(Security)

802.15.3 표준은 피코넷의 두 가지 보안 모드를 제공한다.

- a) 모드 0 - 개방 : MAC에서 보안 멤버쉽도 필요하지 않고, 데이터 무결성이나 암호화 같은 페이로드의 보호도 사용하지 않는다. PNC는 피코넷으로의 액세스에 대한 수락이나 거절의 엔트리로 DEV 주소 리스트를 사용한다.
- b) 모드 1 - 안전한 멤버쉽과 페이로드 보호 : DEV들은 피코넷의 자원에 액세스를 하기 전에 PNC와 안전한 멤버쉽을 설정한다. 피코넷에서 전송하는 데이터는 데이터 무결성 및 또는 데이터 암호화 같은 페이로드 보호를 사용한다. 데이터 무결성은 피코넷에서 전송되는 대부분의 명령에 필요하다.

보안이 이네이블되면 즉, 피코넷이 보안 모드 1을 사용하면 피코넷에 참여하기를 원하는 DEV들은 PNC와 안전한 멤버쉽을 설정해야한다. 또한 안전한 통신을 위해 다른 DEV들과도 보안 관계를 설정해야한다. 보안 관계를 위한 관리키를 얻어야만 안전한 멤버쉽 또는 보안 관계를 설정할 수 있다. 이러한 보안 멤버쉽이나 관계를 설정하는 프로세스는 표준에서 정의하고 있지 않다. 키를 생성하고 분배하는 PNC 또는 DEV를 키 생성자(Originator)라고 한다.

페이로드 보호 프로토콜은 키 생성자로부터 만들어진 대칭키를 사용하고, 키 생성자와 안전한 멤버쉽 또는 관계를 설정한 DEV들에게 키를 안전하게 분배한다.

4-3-8 채널 타임 관리

802.15.3 피코넷에서 모든 데이터는 peer-to-peer 방식으로 주고받는다. 피코넷에서 DEV 간 데이터 통신을 위해 다음과 같은 세 가지 방식이 존재한다.

- a) CAP에서 비동기 데이터 전송

- b) CTAP에서 동시성 스트림을 위한 채널 타임 할당
- c) CTAP에서 비동기 채널 타임 할당

슈퍼프레임에 CAP가 있고, CAP에서 데이터 통신이 가능하다면, DEV는 채널 타임을 할당하지 않고도 CAP를 통해 적은 데이터를 보낼 수 있다.

어떤 DEV에 채널 타임이 필요하다면, 그 DEV는 PNC에게 동시성 채널 타임을 요청한다. 여유 자원이 있다면 PNC는 그 DEV를 위해 CTA에 시간을 할당한다. 만약 데이터 전송의 요구사항이 변하면 DEV는 할당 변경을 요구할 수 있다. 송신 DEV나 수신 DEV 또는 PNC 모두다 스트림을 종료할 수 있다.

일반적인 CTA에서 PNC는 매 슈퍼프레임마다 CTA의 위치를 변경할 수 있다. DEV가 비컨을 놓치게 되면 이 CTA를 사용할 수 없게 된다. 따라서 이렇게 비컨을 수신하지 못한 경우, 전송 효율의 손실을 피하기 위해 pseudo-static CTA라는 특별한 형태의 CTA를 DEV는 요구할 수 있다. DEV에 pseudo-static CTA가 할당되면, 그 DEV는 mMaxLostBeacons 횟수만큼 비컨을 수신하지 못하더라도 CTA를 계속 사용할 수 있다. PNC는 이 CTA의 위치들을 움직일 수 있지만, 기존에 할당된 CTA의 위치를 mMaxLostBeacons 만큼은 유지해야 한다.

비동기 할당은 조금은 틀리다. 비동기 채널 타임 요구는 반복되는 채널 시간을 요구하기보다는 데이터 전송에 필요한 전체 시간을 요구한다. 채널 타임 요구사항들을 기반으로 현재 이 요구가 가능하다면 PNC는 시간을 스케줄한다. 동시성 할당과는 달리, 송신 DEV 또는 PNC만이 비동기 할당을 종료할 수 있다.

4-3-9 DEV간 데이터 통신

MAC 계층위에서 내려오는 대용량의 데이터 프레임들을 처리하기 위해서 802.15.3은 Fragmentation과 Defragmentation을 지원한다. 또한 데이터 프레임의 Fragmentation 기능은 프레임 크기를 줄임으로써 링크의 FER(Frame Error Rate)을 감소시키는데 유용하게 사용된다. Fragment 프레임들은 MAC 계층위에서 할당된 시퀀스 번호와 MAC 계층에서 Fragment를 통해서 할당된 시퀀스 번호를 사용하여 번호가 매겨진다. 데이

터 프레임의 총 Fragment 수도 같이 전송하여 수신하는 DEV에서 적절한 크기의 내부 메모리를 할당하도록 한다.

송신 DEV에서 프레임의 전송에 대한 확인을 필요로 하면, ACK(Acknowledgement) 전송 방식 중 하나를 사용한다. 802.15.3은 어플리케이션에 따라 세 가지 형태의 ACK를 제공한다. No-ACK(No Acknowledgement) 방식은 실시간으로 처리되는 데이터처럼 재전송되는 프레임의 도착 시간이 원하는 시간보다 너무 늦거나 MAC 이상의 계층에 위치한 프로토콜에서 ACK와 재전송을 처리하는 경우, MAC에서 전송에 대한 보장이 필요 없는 프레임들에 적합하다. Imm-ACK(Immediate Acknowledgement) 방식에서는 각각의 수신된 프레임마다 개별적으로 ACK를 전송하는 방식이다. Dly-ACK(Delayed Acknowledgement) 방식은 프레임을 전송할 때마다 각각의 ACK를 보내지 않고, 여러 개의 프레임들을 계속 전송하는 방식이다. 대신에 각각의 프레임에 대한 ACK는 그룹화 되어 송신 DEV가 요구하면 그 때에 한번의 응답으로 전송된다. Dly-ACK 방식은 Imm-ACK 방식에서처럼 매번 전송할 때마다 프레임이 정상적으로 전송되었는지 확인하는데 필요한 오버헤드를 줄여준다.

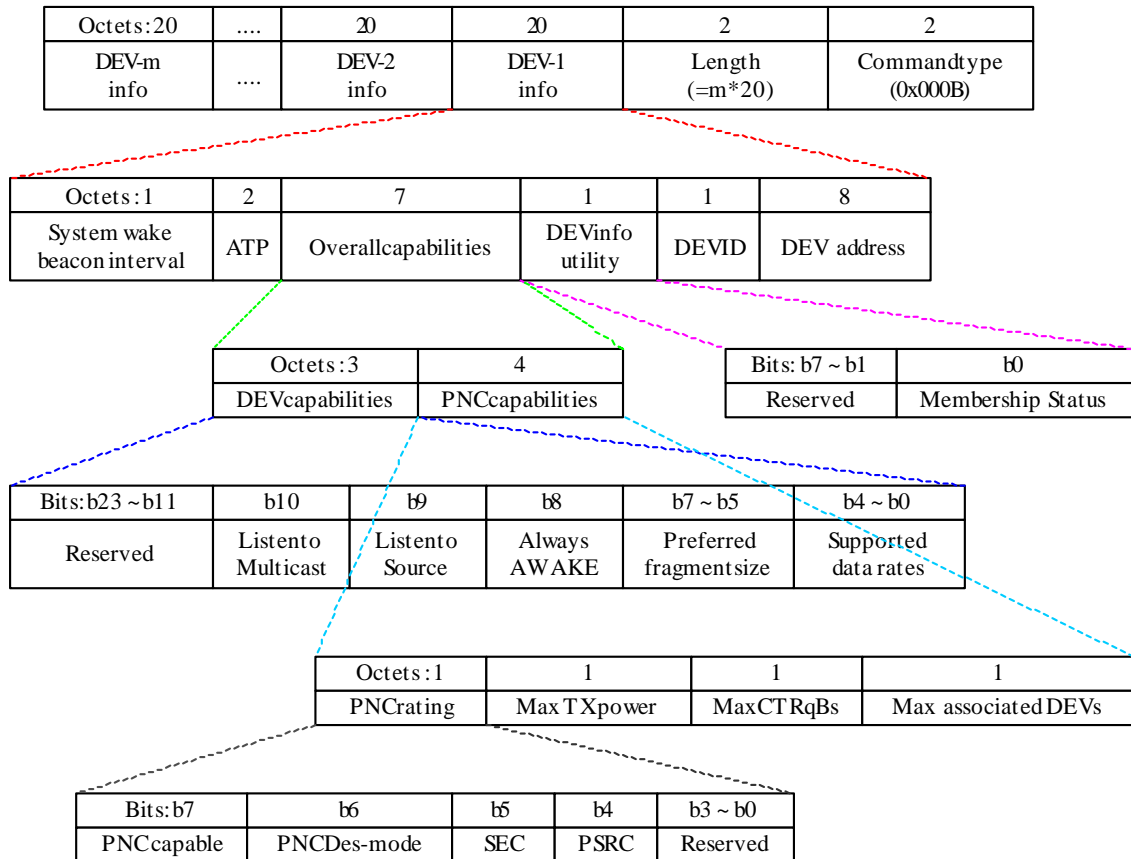
송신한 DEV가 ACK를 받지 못하면, 프레임을 재전송하거나 그 프레임을 버린다. 프레임을 재전송할지, 폐기할지 결정하는 것은 전송한 데이터/커맨드 종류, 프레임을 재전송한 횟수, 재전송하는데 걸리는 시간에 따라 또는 구현 방식에 따른 여러 변수에 의해 결정된다.

4-3-10 피코넷의 정보 탐색(Discovery)

802.15.3은 Ad hoc으로만 동작하기 때문에, DEV들은 그 DEV가 속한 피코넷에 있는 다른 DEV의 서비스, Capability에 대한 정보를 언제든지 알아낼 수 있어야 한다. 802.15.3은 피코넷에 있는 다른 DEV의 정보를 탐색하는데 사용하는 방식으로 다음 네 개의 명령을 사용한다.

- PNC Information Command
- Probe Request Command
- Announce Command
- Piconet Services Command

또한, PNC는 Remote Scan Request Command를 사용하여 현재 사용하고 있는 채널 또는 다른 대용 채널의 상태를 감지하기 위해 DEV에게 물어볼 수 있다. 반면에, 피코넷의 DEV는 Channel Status Request Command를 사용하여 다른 DEV에게 현재 사용하고 있는 채널의 상태를 물어볼 수 있다.



<그림 4-19> PNC Information Command

PNC Information Command를 사용하여 피코넷에 있는 특정 DEV 또는 모든 DEV에 대한 정보를 PNC로부터 얻을 수 있다. PNC는 이 요구 명령에 대한 응답으로 PNC Information Command를 전송한다. <그림 4-19>에서 보는바와 같이 PNC Information Command에는 DEV 또는 피코넷에 있는 DEV들에 대한 정보가 들어있다.

DEV는 Probe Request Command를 사용하여 피코넷에 있는 다른 DEV들에 대해 보다 상세한 정보를 얻는다. 이 명령을 송신하는 DEV는 이 명령을 통해서 피코넷에 있는 원하는 DEV로부터 많은 유효 IE(Inforamtion

Element)들을 얻는다. 이 IE들은 Probe Response Command를 통해서 전달된다.

피코넷에서 연결하려는 DEV들의 목적 중 하나는 서비스들을 공유하는 것이다. 그러나 서비스들을 공유하기 위해서 DEV는 피코넷에서 가능한 서비스들을 탐색(discover)할 수 있어야 할 뿐만 아니라 자신의 서비스들을 다른 DEV들에게 알릴(advertise) 필요가 있다. 802.15.3에서는 Piconet Services IE를 통해서 가능하다. 선택 사양으로 연관 프로세스를 통해 이 IE들을 교환한다. 그러나 보안 정책에 따라 이 IE들을 안 보낼 수도 있다.

PNC는 피코넷에서 사용할 채널을 선택하기 위해서 PNC가 위치한 곳의 채널 상태를 측정하거나 Remote Scan Request Command를 사용하여 다른 DEV로부터 채널의 정보를 요구할 수 있다. 일반적으로 피코넷에 있는 여러 DEV들은 지리적인 위치가 모두 다르기 때문에 각각의 DEV는 현재 전파 간섭에 대한 정보나 주위에 검색된 다른 피코넷의 정보를 PNC에게 제공한다. Remote Scan Request Command에 대한 응답으로 DEV는 PNC가 요구하는 채널을 검색하거나 검색할 수 없는 경우는 요구를 거절한다.

피코넷에 있는 모든 DEV는 자기 자신과 다른 DEV간의 링크 품질에 대한 정보를 Channel Status Request Command를 통해 요구할 수 있다. 이 명령은 두 가지 용도에 사용된다. 하나는 DEV간의 링크 상태를 기반으로 전송 전력, 데이터 전송 속도, 할당된 채널 타임을 변경하는데 사용된다. 또 다른 용도는 피코넷의 DEV들이 사용하는 채널에 문제가 있는지 PNC가 결정하는데 사용된다. PNC의 채널 스캔, Remote Scan Request와 함께 이 정보는 현재 피코넷에서 사용하고 있는 채널을 변경해야 하는지 PNC가 결정하는데 도움을 준다.

4-3-11 동적 채널 선택

피코넷은 자유롭게 동적인 환경으로 동작한다. 따라서 현재 사용하고 있는 채널에서 동작하는 다른 802.15.3 피코넷이나 다른 무선 기기들로부터 간섭을 받을 수도 있다. 이러한 환경에서 피코넷이 계속 동작하기 위해서 PNC는 사용자의 중재나 서비스들이 멈추지 않고, 동적으로 채널을 변경할 수 있는 기능을 가지고 있다. 현재 채널과 다른 채널들의 상태를 판단하기 위해 PNC는 다음과 같은 방법들을 사용한다.

- Channel Status Request Command를 사용하여 피코넷의 다른 DEV들로부터 현재 채널에 대한 정보를 수집한다.
- 채널들의 수동 스캔(Passive Scan)을 실행한다.
- Remote Scan Request Command를 사용하여 다른 DEV들에게 채널 스캔을 실행하도록 요구한다.

현재 채널이 적합하지 않다고 PNC가 결정하면, 동적 채널 선택 프로시저를 통해 새로운 채널로 이동한다. 이러한 채널 변경 때문에 피코넷의 서비스들이 중단되지 않도록 채널이 변경되는 동안 피코넷의 구성과 채널 타임할당들은 바뀌지 않는다.

4-3-12 전력 관리

IEEE 802.15.3 표준의 중요한 목적중 하나는 전지가 DEV에 오랜 시간동안 전원 공급이 가능하도록 하는 것이다. 전지의 전원 공급 가능 시간을 늘리기 위한 가장 좋은 방법은 DEV가 전원을 완전히 꺼지게 하거나 슈퍼프레임의 길이에 비해 매우 긴 시간동안 전력을 줄이는 것이다. IEEE 802.15.3 표준은 한 슈퍼프레임 또는 그 이상의 시간동안 DEV가 전원을 끌 수 있는 세 가지 모드를 제공한다.

- DSPS : Device Synchronized Power Save 모드
- PSPS : Piconet-Synchronized Power Save 모드
- APS : Asynchronous Power Save 모드

피코넷에서 DEV들은 네 개의 PM(Power Management) 모드(ACTIVE 모드, DSPS 모드, PSPS 모드, APS 모드)중 하나로 동작한다.

PSPS 모드는 DEV들이 PNC가 정의한 기간동안 SLEEP 상태로 동작하게 한다. DEV는 PSPS 모드에 들어가길 원하면 PNC에 요청 명령을 보낸다. PNC는 비컨에 있는 PS Status IE의 DEV 비트를 설정함으로써 피코넷에 알린다. 그 후, PNC는 시스템 웨이크 비컨이 될 비컨을 선택하고 PSPS 셋의 PS Status IE에 다음 비컨을 설정한다. 따라서 PSPS 모드에 있는 모든 DEV들은 이 시스템 웨이크 비컨들을 들어야만 한다.

DSPS 모드에서 DSPS 셋에 가입한 DEV 그룹은 여러 슈퍼프레임동안 SLEEP 상태로 동작하고, 일정한 슈퍼프레임동안 그 그룹은 깨어 있다.

DSPS 셋은 DEV들이 얼마마다 깨어나야 하는지 주기를 정한다. 이 DSPS 셋에 DEV들이 가입함으로써, 그 그룹의 SLEEP 패턴에 동기를 맞춘다. 또한 같은 슈퍼프레임 시간동안 DEV들이 깨어 있어서 데이터를 교환하게 하여, 피코넷의 다른 DEV들이 DSPS DEV들이 언제 데이터를 수신할 수 있는지 쉽게 알 수 있도록 한다.

APS 모드에서 DEV가 비컨을 들을 때까지 전력을 절약할 수 있게 한다. ASP 모드에서 DEV는 피코넷에서 멤버쉽을 유지하기 위해 ATP(Association Timeout Period)가 끝나기 전에 PNC와 통신을 해야만 한다.

PNC는 DEV가 PPS 모드이든 DSPS 모드로 동작하든 깨어있는 슈퍼프레임 기간 동안은 비동기 CTA를 할당해 준다.

DEV의 PM 모드와는 상관없이 피코넷에 있는 모든 DEV들은 슈퍼프레임 안에서 데이터를 송, 수신하지 않는 동안은 전력을 절약할 수 있다.

제 4-4절 IEEE802.11e와 IEEE802.15.3의 비교

<표 4-2>에서 지금까지 설명한 IEEE802.11e와 IEEE802.15.3에 대한 비교를 나타내었다. IEEE802.11e와 IEEE802.15.3 모두 각각 QAP, PNC가 전체 네트워크를 관리하는 역할을 한다. IEEE802.15.3에서는 CAP 구간을 통해서, IEEE802.11e는 EDCA를 통해서 각각 경쟁기반으로 데이터를 전송할 수 있지만, IEEE802.15.3은 CAP를 통한 데이터 전송보다 CTA를 통한 등시성 데이터 전송에 중점을 두었다. IEEE802.11e에서도 HCCA를 통한 Polling으로 이러한 서비스를 제공할 수도 있다. IEEE802.11에서 DCF의 속도에 대한 한계를 HCF를 통해서 최대화할 수 있다. 802.15.3은 Peer-to-Peer 기반으로 통신을 하지만 IEEE802.11e에서는 DLP 개념을 두어 DLP를 통해서 Peer-to-Peer 통신이 가능하게 한다. 그러나 이러한 Peer-to-Peer 방식을 사용함에 있어서 Hidden Node Problem 같은 아직 남아있는 문제들이 있다. IEEE802.11e는 IEEE802.15.3에 비해 비교적 복잡하고, 아직 풀어야 할 문제들도 많이 남아있다. 따라서 실제로 IEEE802.11e를 구현함에 있어서 IEEE802.15.3보다는 많이 복잡할 것이다. 또한 IEEE802.11e와 IEEE802.15.3 모두 각각의 STA 또는 DEV가 요청하는 서비스를 어떻게 수락하는가에 따라, 즉 수락 제어(Admission Control)와 스케줄링의 방식에 따라 네트워크

의 성능은 크게 변할 수 있기 때문에 홈네트워크를 구성함에 있어서 이러한 부분의 많은 연구가 필요하다.

<표 4-2> IEEE802.11e와 IEEE802.15.3 비교

	802.11e	802.15.3
Hidden Node Problem	RTS/CTS mechanism	Every DEV should hear the PNC
Prioritized QoS	EDCA mechanism	Implementation dependent (PNC could allocate more CTA to higher priority traffic)
Parameterized QoS	HCCA mechanism	PNC grants CTA using Channel Time Request Command
Peer to Peer communication	DLP but adding complexity to AP	Yes if the other DEV is reachable directly
Max. Effective throughput	CSMA/CA, complex IFS Max theoretical limit for DCF : 75Mbps HCF/PCF maximizes the throughput	Centralized scheduling will give higher throughput : 325 Mbps Much higher throughput to be expected with 802.15.3a
ACK policy	Normal ACK, No ACK, Block ACK	Imm ACK, Delayed ACK, no ACK
Complexity	High if full implementation	Low

제 5장 5GHz대 주파수를 이용하여 QoS를 지원하는 Wireless IEEE1394 기술

제 5-1절 개 요

홈 네트워킹의 중요한 응용 분야는 광대역 인터넷 서비스를 하나만 가입해도 온 가족이 다 같이 이를 공유하는 것은 물론, 다중 전화 서비스와 멀티미디어 신호의 전송, 그리고 원격 접속을 통한 제어 및 홈 오토메이션 등의 기능을 구현하는 것이다. 또한 컴퓨터 주변 기기를 공유하는 것은 물론 데이터와 파일도 함께 공유하며, A/V 기기간의 데이터 통신으로 집안에서도 넓은 대역폭을 이용한 응용의 요구가 있다. 이런 요구가 있음에도 불구하고 홈 네트워킹 기술이 아직 시장을 점유하지 못하는 것은 공학적인 개념을 모르는 일반인들이 사용하기에는 아직 복잡할 뿐만 아니라 시중에 많이 알려져 있지 않고 하나만을 구현하여 모든 홈 네트워크에 적용되는 것이 아니기 때문이다. 이러한 핵심적인 문제에 대처하고 홈 네트워킹 기술이 일반 가정에서 보급되기 위해서는 맥내 장치 간 고속의 데이터를 전송할 능력과 맥내 통신 및 가전 기기의 공통된 접속 규격이 뒤따라야 하며 원하는 장소로의 이동성과 배선을 억제해야 한다. 무엇보다 중요한 것은 Plug and Play형의 간편한 설치가 이루어져야 한다.

IEEE 1394 기술은 넓은 대역폭을 가지고 있어 A/V 데이터에 적합하며, Plug and Play가 가능하나 기기간의 전송거리가 최대 4.5m로 제한되어 있고, 버스 간 통신도 지원하지 않는다. 이와 같은 문제는 분산형 홈 네트워킹 아키텍처를 고려하면 심각한 문제를 야기한다. 예를 들어 Room 1에 있는 PVR에 저장된 동영상을 거실이나 Room 3에 있는 DTV로 시청할 수 없다면 이는 홈 네트워킹이 완성된 것이 아니기 때문이다. 이 문제를 해결하기 위하여 IEEE 1394기기의 버스 간 통신을 위해 IEEE 1394.1 High Performance Serial Bus Bridge 규격이 정의 되었다. 2002년 6월 미국 San Jose에서 열린 IEEE 1394 Developer's Conference에서는 필립스가 IEEE 1394.1의 2-Portal 브릿지의 가상 버스를 이용하여 DTV와 PVR을 무선 1394 기술을 이용하여 오디오/비디오 신호의 전송을 구현한 내용을 시연하였다.

IEEE 1394 기술은 처음 Apple사에서 FireWire라는 이름으로 연구, 개발되던 오디오/비디오용 인터페이스 기술로 1995년 IEEE 1394-1995 규격으로 정의되었다. 규격이 진행될 당시에는 IEEE 1394-1995가 가지고 있는 모든

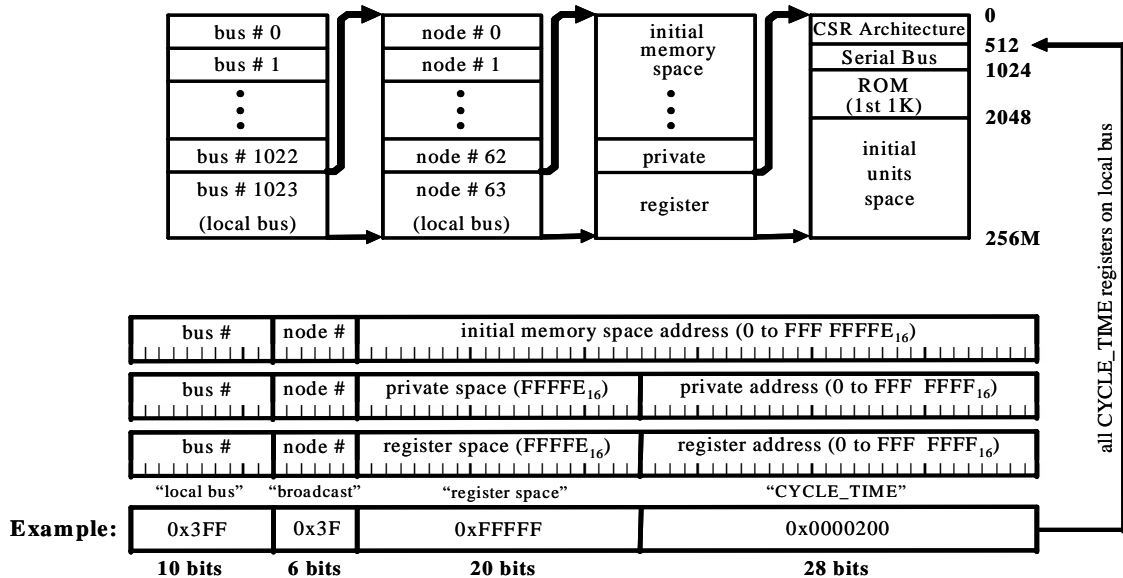
문제점을 해결한 상태를 유지하기에는 시간이 많이 필요하였으므로 IEEE 1394-1995 규격은 선진행하고 문제점을 차후에 다른 규격으로 보완하는 방식을 택하였다. IEEE 1394a, IEEE 1394b, IEEE 1394.1은 IEEE 1394-1995 규격을 보완한 규격이다.

IEEE 1394a에서는 IEEE 1394-1995에서 정의한 6핀과 실제로 많이 사용하는 4핀 케이블을 모두 지원하게 하였으며, 파이칩과 링크칩의 인터페이스 정의를 통해 칩을 만드는데 통일성을 주었고, 중재시간의 단축과 대역폭을 할당받는 우선 순위를 가능하게 하였다. 이 외에도 IEEE 1394a는 IEEE 1394-1995에서 응용될 때 고려되지 않은 부분을 명확하게 정의하여 IEEE 1394 기기를 만드는데 도움을 주는 규정이다. 현재 IEEE 1394-1995와 1394a를 IEEE 1394라고 부른다. IEEE 1394b는 대역폭을 IEEE 1394-1995의 400Mbps에서 기가비트를 지원하기 위하여 파이와 링크의 인터페이스를 다시 정의하였으며, 4.5m의 기기간의 거리를 800m까지 확장하기 위하여 전송 케이블 매체를 변경하였다. 노드간의 루프가 형성되면 자동으로 이를 찾아내어 해결하는 기능을 규격에서 정의하였다. IEEE 1394-1995부터 IEEE 1394b까지는 기기가 버스 간 통신을 하지 못한다는 문제를 여전히 가지고 있었다. IEEE 1394를 홈 네트워크에 관련된 기기들이 만들어졌으며 홈 네트워크에 적용된 기기들의 버스 간 통신이 요구되었다. 따라서 IEEE 1394에서 지원하지 않는 버스 간 통신을 IEEE 1394.1규격을 정의하여 해결하였다. 1394TA는 IEEE 1394.1의 2-Portal 브릿지와 IEEE 802.15.3를 이용한 Protocol Adaptation Layer(PAL) for IEEE 1394 over IEEE 802.15.3(무선 1394) 규격을 진행하고 있다. 그러나 무선 1394는 2-Portal 브릿지 기반의 가상 버스를 사용하고 있다. 따라서 63개 이상의 버스를 확장하는데 문제를 가지고 있으며, 기존에 나와 있는 IEEE 1394 기기와의 통신도 지원하지 않고 규격이 진행되고 있다.

본 장에서는 무선 1394 환경에서 레가시 1394 기기의 버스 간 통신을 지원하기 위하여 가상 포트 개념을 도입하였다. 다른 버스에 있는 1394 기기는 Proxy에 의해 PHY 패킷을 가상으로 제공하여 마치 자신의 로컬 버스에 있는 것처럼 다른 1394 기기를 속이는 방법으로 통신을 가능하게 하는 방법이다.

제 5-2절 QoS를 지원하는 A/V용 IEEE 1394기술

IEEE 1394 기술은 400Mbps의 넓은 대역폭을 제공하는 직렬 통신 방법이다. IEEE 1394 네트워크의 노드 아이디는 버스가 형성되면서 결정되며, 다양한 통신 속도를 가지고 있다. 그리고 하나의 길이가 4.5m의 케이블을 이용하여 16개의 노드가 한 줄로 연결되며, 트리 구조로는 63개의 기기가 동시에 통신이 가능하다. 데이터의 특성에 따라서 등시성 통신과 비동기 통신으로 나뉜다. 비동기 통신은 아무런 데이터 전송이 이루어지지 않는 갭(Gap)을 이용하여 블록 및 쿼드렛 단위로 전송이 가능하며, 등시성 패킷의 경우는 채널과 대역폭을 미리 할당받아서 전송한다.



<그림 5-1> IEEE 1394 버스의 주소 체계

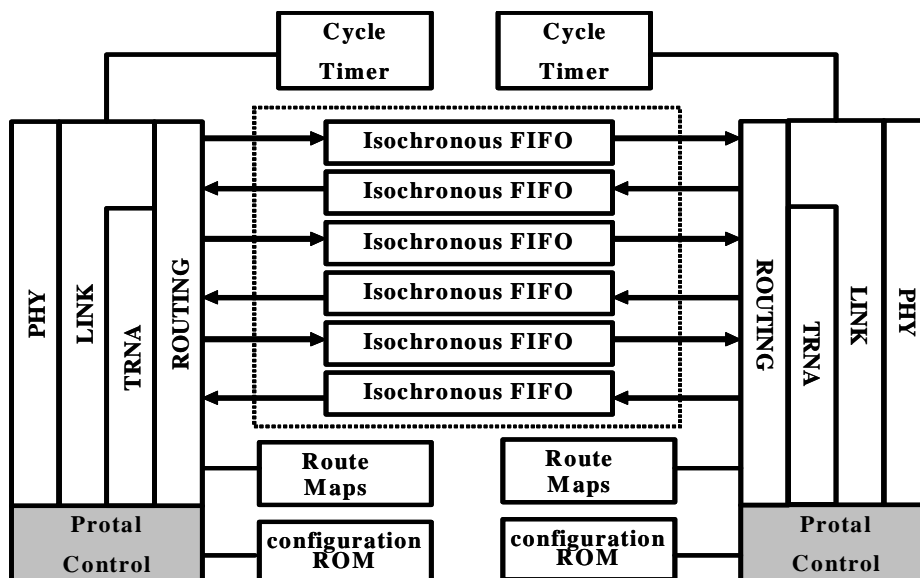
IEEE 1394 기기는 <그림 5-1>과 같은 주소 구조를 가지고 있다. 이것은 CSR의 64비트의 고정된 주소를 따르는 것으로 상위 16비트는 기기의 아이디를 나타내며, 이 중 상위 10비트는 ‘버스 아이디’이고 하위 6비트는 ‘노드 아이디 ID’이다. 그러므로 IEEE 1394의 경우는 각각 1023개의 버스에 각 버스마다 63개의 노드를 가질 수 있다. 로컬 버스를 나타내는 경우에는 ‘버스 아이디 = 3FF’를 사용한다. 나머지 48비트는 CSR정보를 표시하며, 처음 2048바이트만이 ‘Initial Units Space’로 사용된다.

IEEE1394의 데이터 전송 경로는 비동기 통신과 등시성 통신으로 구분된다. 비동기 통신은 IEEE 1394의 응용계층으로 데이터를 보내기 위해 IEEE

1394 Transaction 계층을 거쳐서 올라가고 등시성 패킷의 경우는 IEEE 1394 링크 층에서 바로 응용계층으로 보낸다는 차이가 있다. 비동기 데이터를 보내기 위해 대역폭의 할당은 루트가 조정하며, 등시성 패킷은 IRM (Isochronous Resource Manager)이 대역폭 및 채널을 관리한다.

물리 계층에서는 ‘Fair Arbitration’을 하여 데이터를 전송한다. 즉, 공정한 갭마다 기기들의 요청에 대한 Root 기기의 중재를 통해 데이터를 보낸다. IEEE 1394의 모든 비동기 통신은 갭을 사용한다. 버스가 ‘서브액션 갭’보다 더 큰 갭이 발생하면 ‘Idle’ 상태에 있는 것으로 판단하여 기기들은 ‘Arbitration Reset Gap’이라고 인식을 한다. ‘Arbitration Reset Gap’과 ‘Arbitration Reset Gap’ 사이를 ‘Fairness Interval’이라고 하며 이 순간 기기들은 다시 중재를 하여 데이터를 보낸다. 그리고 각각의 갭의 크기는 Arbitration Reset Gap, 서브액션 Gap, Isochronous Gap 순이며 마지막으로 Ack Gap이 가장 작다.

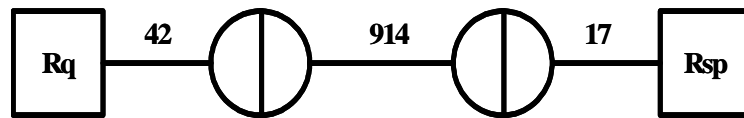
제 5-3절 IEEE1394 버스 간 통신을 위한 IEEE 1394.1 브릿지 기술



<그림 5-2> IEEE 1394.1 2-Portal 브릿지 모델

IEEE 1394.1 규격에서 정의하는 브릿지는 2개의 포탈로 이루어져 있다. <그림 5-2>에 보인 것과 같이 각각의 포탈은 사이클 타이머, 라우트 맵, 구성 롬을 따로 가지고 있으며 정보를 교환하고 각 버스 간의 동기를 맞춘다. 브릿지 포탈은 EUI-64를 이용하여 서로 구분하며, 각각의 FIFO는 브릿지 포탈간의 데이터를 서로 공유하고 처리하는데 사용된다. 라우트 맵은 데이터를 목적지에 보내기 위하여 사용된다.

IEEE 1394 버스 브릿지 규격을 정의하는 데에 필요한 것이 글로벌 노드 아이디이다. 글로벌 노드 아이디는 버스 아이디 10비트와 가상 아이디 6비트로 이루어져 있다. 가상 아이디는 로컬 버스에 버스 리셋이 발생해도 변하지 않는 아이디이며, 포탈이 로컬 버스 기기에게 할당한다. 버스 간 통신에는 글로벌 노드 아이디가 사용되며, 버스 아이디는 프라임 포탈이 포탈에게 할당한다.



<그림 5-3> IEEE 1394.1의 모델

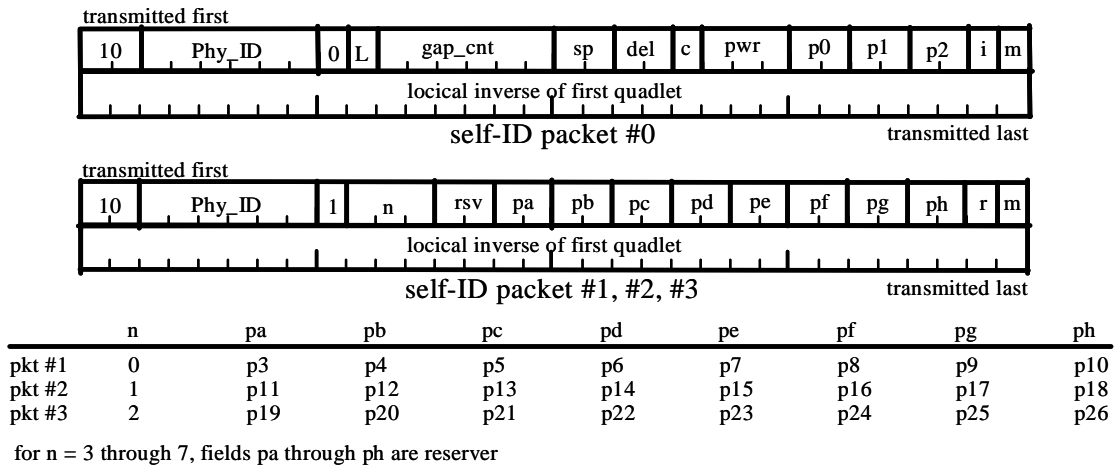
subaction	bus	Destination ID		Source ID	
		upper 10 bit	Lower 6bit	upper 10 bit	Lower 6bit
Request	42	17	Virtual ID	3ff4216	Physical ID
	914	17	Virtual ID	3ff4216	Virtual ID
	17	3ff16	Physical ID	42	Virtual ID
Response	17	3ff4216	Virtual ID	3ff1716	Physical ID
	914	42	Virtual ID	3ff1716	Virtual ID
	42	3ff16	Physical ID	17	Virtual ID

<표 5-1> 주소 변환 테이블

브릿지 포탈은 글로벌 노드 아이디를 이용해서 버스 간 통신 시 버스 아이디와 노드 아이디를 경유하는 버스에 맞게 변환하여 통신한다. <그림 5-3>은 버스 구조의 한 예이다. 버스 간 통신을 위하여 패킷의 글로벌 노드 아이디의 변화를 <표 5-1>에서 보면 42번 버스에서 요청한 패킷이 각 버스를 경유하면서 GID 주소가 변화는 과정을 나타낸 것이다. 패킷이 목적지에

도착하면 포탈은 목적지 버스 아이디를 로컬 아이디로 변경하여 로컬 통신을 가능하게 만들어 준다.

리모트 스플리트 트랜잭션 타임 아웃은 <그림 5-3>에서 보여준 것과 같이 17번 버스에서 42번 버스로 스플리트 트랜잭션을 하는데 이용한다. 42번 버스는 데이터를 수신하면 Ack_Pending 신호를 보낸다. 만일 17번 버스에서 로컬 타임 아웃을 적용한다면 로컬 타임 아웃 시간 이전에 패킷을 받기 어렵다. 그러므로 버스 간 통신과 로컬통신을 구분하여 스플리트 트랜잭션에 사용하는 타임 아웃은 다르게 적용되어야 한다. 일반적으로 리모트 타임 아웃은 로컬 타임 아웃보다 긴 시간이 요구되며 패킷이 지나가는 경로를 고려하여 설정된다.



<그림 5-4> Self-ID 패킷 포맷

<그림 5-4>은 IEEE 1394에서 사용하는 셀프 아이디 패킷 포맷과 셀프 아이디 패킷의 각 필드를 설명하였다. IEEE 1394.1은 IEEE 1394 규격 이후에 정의된 규격으로 IEEE 1394에서 사용된 del필드 2비트를 Brg 필드로 변경하여 사용한다. Brg 필드에 대한 설명은 <표 5-2>와 같다.

가상 포트를 구현하기 위하여 프락시 기기에 물리적으로 없는 포트의 값 '00'을 변경하여 프락시에 포트가 있으며, 이 포트에 기기가 연결되었음을 알려 Legacy IEEE 1394 기기에 서브 액션을 가능하게 한다.

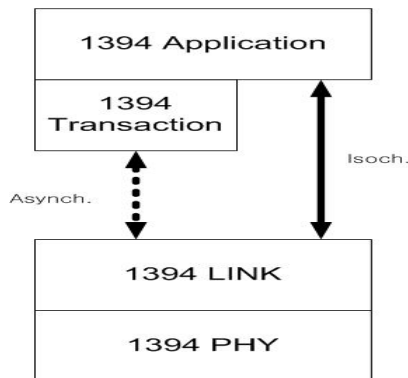
<표 5-2> Brg 필드

Field	Comment
Brg	Bridge capabilities of the node 00 : Not a bridge portal 01 : Reserved for future standardization 10 : Bridge portal(unchanged net topology) 11 : Bridge portal(changed net topology)

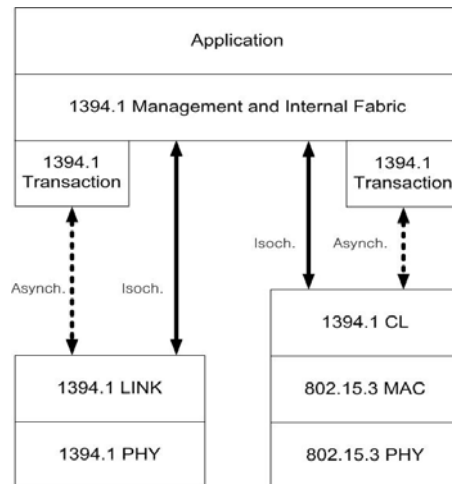
제 5-4절 IEEE1394.1 기반 무선 1394용 PAL (Protocol Adaptation Layer)

<그림 5-5>은 IEEE 1394의 계층도로 비동기 패킷의 경우 IEEE 1394는 응용계층으로 데이터를 보내기 위해 IEEE 1394 트랜잭션 계층을 이용하며, 등시성 패킷은 IEEE 1394 링크 층에서 바로 응용계층으로 보낸다는 차이가 있다. <그림 5-6>는 무선 1394의 계층도로 무선 1394의 데이터 전송의 경우 IEEE 1394를 통한 유선 통신과 IEEE802.15.3을 이용한 무선 통신이 가능하며 유무선 기기도 통신이 가능하도록 내부구조가 구성되어야 한다. IEEE 1394 유무선의 브릿지 트랜잭션을 하는 부분과 내부구조를 관리하는 부분을 PAL (Protocol Adaptation Layer)라고 한다. 지역 네트워크에서 데이터를 전송할 때에는 루트 기기에 의해서 대역폭을 할당받지만 네트워크 간에 다른 포탈과 연결된 기기와 통신하면 루트 기기 및 피코넷 코디네이터에 의해서 대역폭을 할당받게 되어 데이터 전송에 지연이 발생하므로 데이터의 지연에 대한 처리 메시지가 필요하다. 각 계층별로 차이를 보면 다음과 같다.

IEEE 1394만을 지원하는 기기의 응용계층은 데이터 송수신 시에 링크 또는 Transaction 계층을 통해서 연결이 되지만 무선 1394의 경우 유무선의 데이터는 PAL을 통해서 연결한다.



<그림 5-5> IEEE 1394
프로토콜 스택



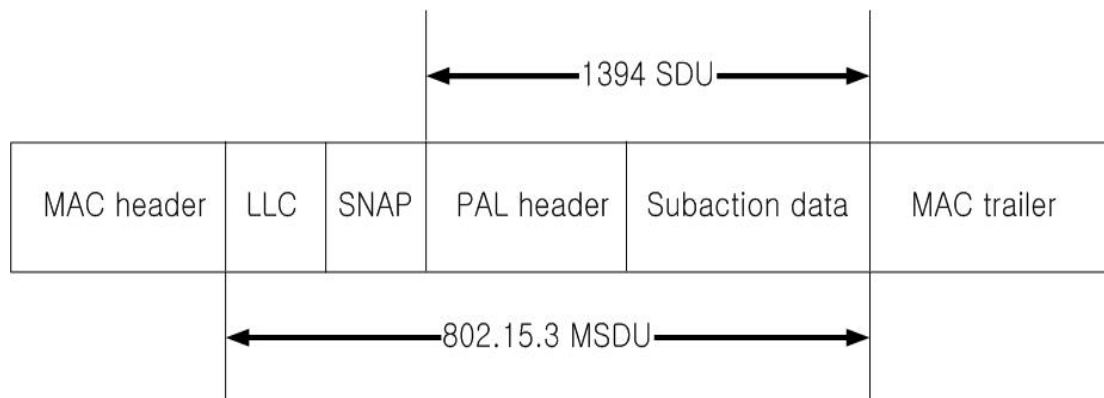
<그림 5-6> 무선 1394
프로토콜 스택

IEEE 1394의 트랜잭션 계층은 비동기 통신을 담당하는 계층으로 지역 버스를 고려하여 Local_Split_Transaction_Timeout을 구현하며, 로컬 Read, Write, Lock 트랜잭션만이 가능하다. 무선 1394는 버스간의 Read, Write, Lock을 가능하게 하기 위해서 Remote_Split_Transaction_Timeout 및 응답과 에러를 처리하는 부분이 필요하며 목적 기기의 이상으로 응답을 못하는 때에는 대신 응답 할 수 있는 프락시와 Local_Split_Transaction_Timeout도 처리가 가능해야 한다. 비동기 통신은 반드시 트랜잭션 계층을 거쳐야 한다.

Legacy 1394 기기는 로컬 사이클 마스터 클록에 동기하여 동작한다. 그러나 무선 1394는 버스 간의 통신이 가능해야 하므로 로컬의 사이클은 125μsec에 맞추며 동작하나 버스 간의 동기는 네트워크 사이클 마스터의 비컨 주기에 맞추어서 동기한다.

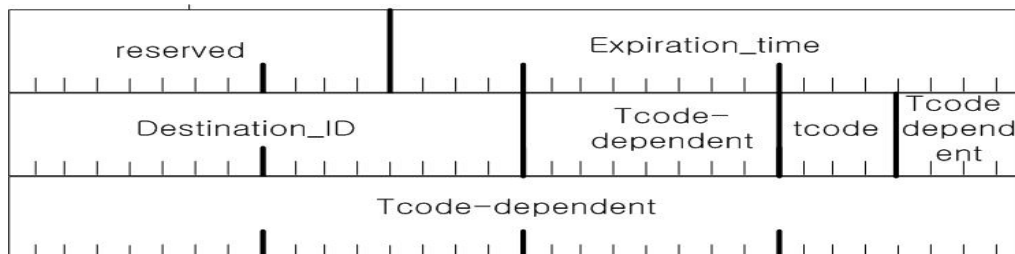
끝으로 물리 층에서는 중재 및 실재의 데이터를 보내고 받는 역할을 수행한다. 그러나 무선 1394는 유선으로 통신하는 1394와 버스 간 통신이 가능하게 하는 PAL의 물리 층이 다르므로 각 물리층간의 패킷을송수신 할 수 있는 PAL 계층의 정의가 필요하다.

무선 1394를 통하여 데이터를 전송하려는 기기는 <그림 5-7>과 같이 IEEE 802.15.3 MAC의 MSDU에 1394 서브액션 패킷을 넣어서 전송한다. 하나의 MSDU (MAC Service Data Unit)에는 같은 포탈로 가는 여러 개의 1394 서브액션 패킷을 동시에 전송할 수 있다. 그러나 하나의 1394 서브 액션 패킷을 여러 개의 MSDU에 나누어 보내면 안된다.



<그림 5-7> IEEE 1394 서브액션 인캡슐레이션

LLC/SNAP는 무선 랜을 유선 랜과 통신하기 위한 방법으로 IEEE802.15.3의 MSDU는 IEEE 802.2 규격에서 정의한 LLC(Logical Link Control)를 따른다. LLC의 첫 3 Bytes는 'AA'로 각각 고정된 DSAP(Destination Service Access Point)과 SSAP(Source Service Access Point) 필드, 그리고 Control Field 1 Byte를 가지고 있다. 이 컨트롤 필드를 SNAP(Sub- Network Access Protocol: IETF RFC 1042) 이라고 한다. 나머지 5 Bytes 중 24-bit는 OUI (Organizationally Unique Identifier)이고 16-bit는 Protocol Identifier로 사용된다.



<그림 5-8> PAL 헤더

<그림 5-7>에 나타난 PAL 헤더에 대한 정의는 <그림 5-8>과 같다. Protocol Adaptation Layer(PAL) for IEEE 1394 over IEEE802.15.3에서의 Expiration_Time 필드는 지역 BUS_TIME 및 CYCLE_TIME 레지스터로부터 얻어온 시간과 비교하여 패킷의 유효성을 결정한다. MSB 4비트는 'Second'를 나타내며 lsb 13비트는 125μsec주기를 나타낸다. 만일 Expiration_Time이 경과한 패킷이 들어오면 PAL 헤더에서 패킷을 버린다. Destination_ID 필드는 수신하고자 하는 기기의 GID이다. Tcode 필드는

<표 5-3>과 같이 서브 액션의 형태를 결정해 주는 필드이다. 크게 요구, 응답, 스트림 과 컨트롤 패킷으로 구분할 수 있다. tl, pri, source_ID, Rcode, Ext_Rcode, Proxy_ID, Destination_Offset, Extended_Tcode, Tag, Channel, Sy 필드는 IEEE 1394와 IEEE 1394.1에서 언급한 필드와 동일하다.

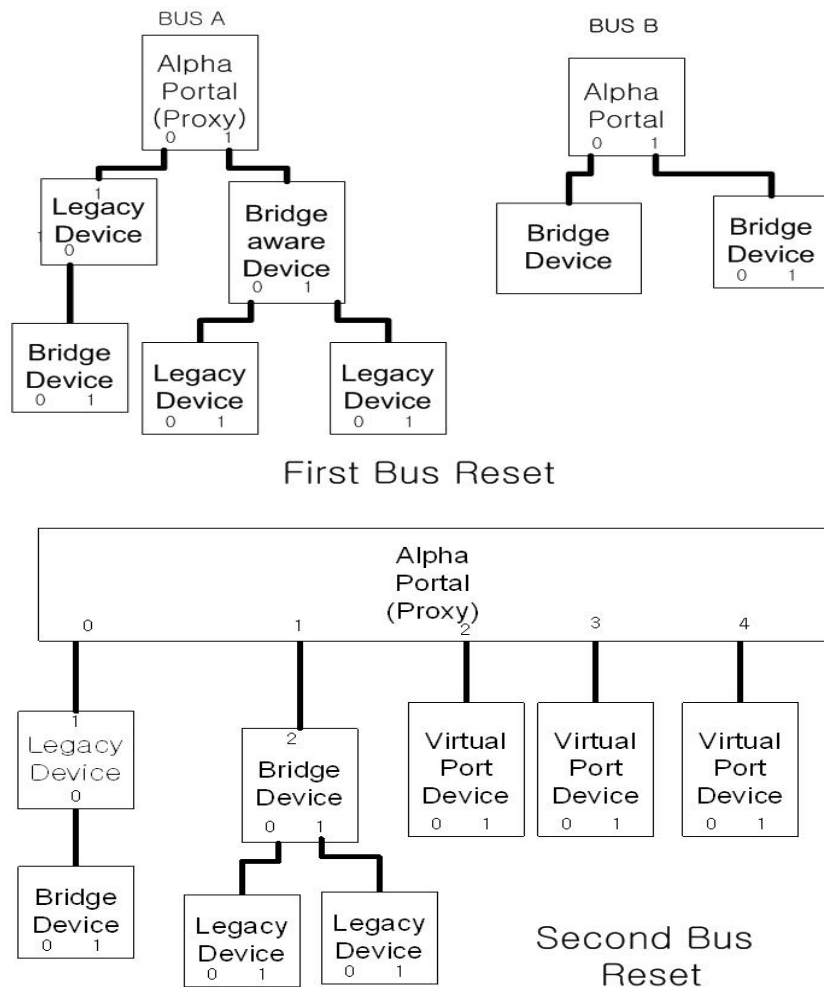
<표 5-3> PAL 헤더

tcode	Description
0	Write request for data quadlet
1	Write request for data block
2	Write response
4	Read request for data quadlet
5	Read request for data block
6	Read response for data quadlet
7	Read response for data block
9	Lock request
A ₁₆	Stream subaction
B ₁₆	Lock response
E ₁₆	PAL control subaction

제 5-5절 Legacy 1394 기기의 버스 간 통신을 위한 가상 포트

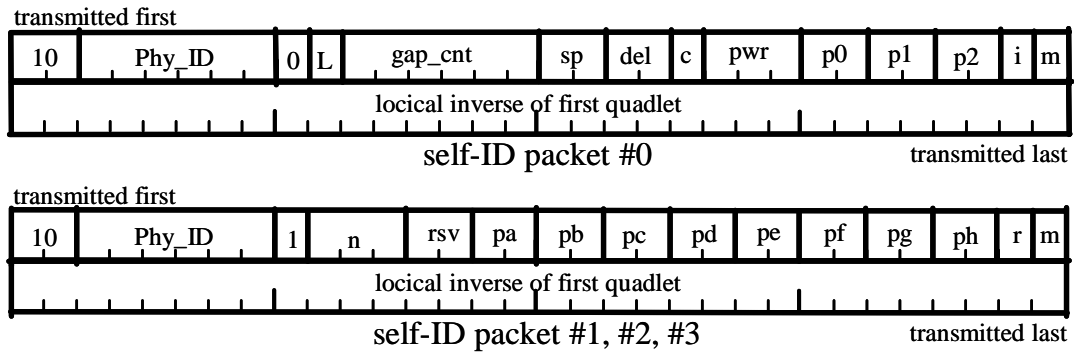
IEEE 1394.1 규격을 준용하는 무선 1394기기는 다른 버스에 있는 레가시 IEEE 1394 기기에게 데이터를 요청할 수 있다. 그러나 레가시 1394 기기는 로컬 버스 정보 이외의 정보는 가지고 있지 않으므로 다른 버스의 기기에게 데이터를 요청할 수 없다. 그리고 현재 진행되고 있는 Protocol Adaptation Layer (PAL) for IEEE 1394 over IEEE 802.15.3 규격에서는 레가시 1394 기기를 지원하는 방안에 관하여 논의되고 있지 않다. 본 장에서는 레가시 IEEE 1394 기기의 버스 간 통신을 가능하게 하는 가상 포트에 관하여 서술하였다.

<그림 5-9>는 두 개의 IEEE 1394 버스가 무선을 통하여 연결되어 있는 상황을 보여 주는 것이다. 그리고 각각의 버스는 새로운 노드가 로컬 버스에 들어오면 버스 리셋이 발생한다. <그림 5-9>의 버스 A는 IEEE 1394.1 규격을 따르는 기기와 레가시 IEEE 1394 기기가 같은 로컬 버스에 있으며, 버스 B는 IEEE 1394.1 규격을 따르는 기기만이 존재한다. 그러므로 버스 B의 프락시는 레가시 1394기기가 없으므로 가상 포트 정보 패킷만 보내면 된다. 버스 A는 레가시 1394기기와 브릿지 기기가 같이 연결되어 있으므로 버스간 통신을 위하여 반드시 가상 포트를 구현해야 한다.



<그림 5-9> 무선 1394 로컬버스 구조

버스 A에 기기가 연결되면 버스 리셋이 발생한다. 그러면 모든 기기는 <그림 5-10>과 같은 셀프 아이디 패킷을 보낸다. 'P' 필드는 셀프 아이디 패킷을 보내는 기기 포트의 연결 상태를 나타내며 그 값은 <표 5-4>와 같다.



<그림 5-10> Self ID 패킷 포맷

<표 5-4> Self ID 패킷의 P 필드

Field	Comment
11	차일드로 노드가 붙어 있다.
10	부모로 노드가 붙어 있다.
01	포트에 노드가 붙어 있지 않다.
00	없는 포트이다.

가상 포트는 프락시가 자신의 셀프 아이디 패킷의 'P' 필드의 값을 조정하여 패킷을 보내 레가시 1394 기기가 가상의 포트를 인식하게 만드는 것이다. 다른 버스의 가상 포트에 연결하기 위하여 보내는 셀프 아이디 패킷과 레가시 1394기기가 보내는 셀프 아이디 패킷의 모든 필드는 동일하다. 그러나 추가하는 포트의 'P' 필드만을 변경하므로 'P' 필드를 <표 5-5>와 같은 예를 이용하여 설명하겠다.

<표 5-5> P 필드

	P0	P1	P2	Pa	Pb	Pc	Pd	Pe	Pf	Pg	Ph
첫 번째 Self ID 패킷	10	10	00	-	-	-	-	-	-	-	-
두 번째 Self ID 패킷	10	10	10	10	10	00	00	00	00	00	00

<그림 5-9>의 버스 A는 프락시가 물리적인 포트 2개를 가지고 있으므로 첫 번째 버스 리셋에서는 하나의 Self ID 패킷만을 보내며 <표 5-5>와 같이 'P2 = 00'으로 포트가 없음을 알려준다. 프락시는 다른 노드로부터 받은 셀프 아이디 패킷의 'brg' 필드를 확인하고 버스 A에 레가시 IEEE 1394 기

기가 있으므로 프락시는 버스 리셋을 발생 시킨다. 버스 A의 프락시는 셀프 아이디 패킷을 보낼 때 <표 5-5>의 두 번째와 같이 3개의 포트 정보를 추가하여 보낸다. IEEE 1394 기기의 포트는 물리적으로 분리되어 있기 때문에 셀프 아이디 패킷을 수신한 기기는 이 정보에만 의존하여 패킷을 보낸 기기 포트의 유무를 결정한다. 레가시 IEEE 1394 기기는 셀프 아이디 패킷을 수신하여 로컬 버스에 있는 노드의 CSR을 읽어서 각각의 노드 정보를 파악한다. 정보를 파악한 레가시 IEEE 1394기기는 서브액션이 가능하며, 가상 포트에 시도하는 모든 서브액션은 프락시가 대신 수행한다.

만일 브릿지 스펙을 따르는 기기도 Self ID 패킷을 수신하여 가상 포트의 기기가 자신의 로컬 버스에 있는 것으로 인식하고 로컬 트랜잭션을 시도하면 프락시에 많은 부하가 걸리게 될 것이다. 로컬 버스의 브릿지 스펙을 따르는 기기도 프락시가 보낸 셀프 아이디 패킷의 정보를 받았으므로 가상 포트와 물리적 포트를 구분할 수 없다. 가상 포트에 대한 다른 정보가 없다면 브릿지 스펙을 따르는 기기는 가상 포트에 붙어 있는 기기에게 로컬 트랜잭션을 시도할 것이다. 이를 피하기 위하여 브릿지 스펙을 따르는 기기는 패킷을 수신한 이후에 로컬 버스에 있는 기기에게만 로컬 트랜잭션을 하고 가상 포트에 붙은 기기에게는 서브액션을 요청하지 않는다.

제 5-6절 실험 및 고찰



<그림 5-11> 실험에 사용된 기기

본 논문에서는 제안한 가상 포트의 동작을 확인하기 위하여 <그림 5-11>와 같이 4대의 레가시 IEEE 1394 기기와 한 대의 프락시 기능을 구현한 기기를 사용하였다. 실험에 사용한 4대의 레가시 IEEE 1394 기기는 3대의 외장형 하드 디스크 기기와 1대의 IEEE 1394 리피터이다. 외장형 IEEE 1394 기기는 파이 칩과 하드디스크의 파일을 전송하기 위한 SBP2 규격을 적용한 링크 칩으로 구성된다. 외장형 1394 하드 디스크 기기가 버스에 연결되면 버스 리셋을 발생시키며 노드 아이디를 결정하고 자신의 포트 수와 포트에 연결된 기기의 정보를 셀프 아이디 패킷을 이용하여 알려준다. 6 포트를 가진 IEEE 1394 리피터는 파이칩과 IEEE 1394 버스의 패킷 종류를 나타내는 간단한 링크칩으로 구성되어 있다. 4개의 레가시 IEEE 1394 기기는 파이칩만 정상 동작하면 링크칩에 관계없이 기기가 가지고 있는 포트 수와 포트에 기기가 연결 되었는지를 파악할 수 있다. <그림 5-12>는 파이어 스파이이며 2개의 포트를 가지고 있다.



<그림 5-12> IEEE 1394 버스
분석기

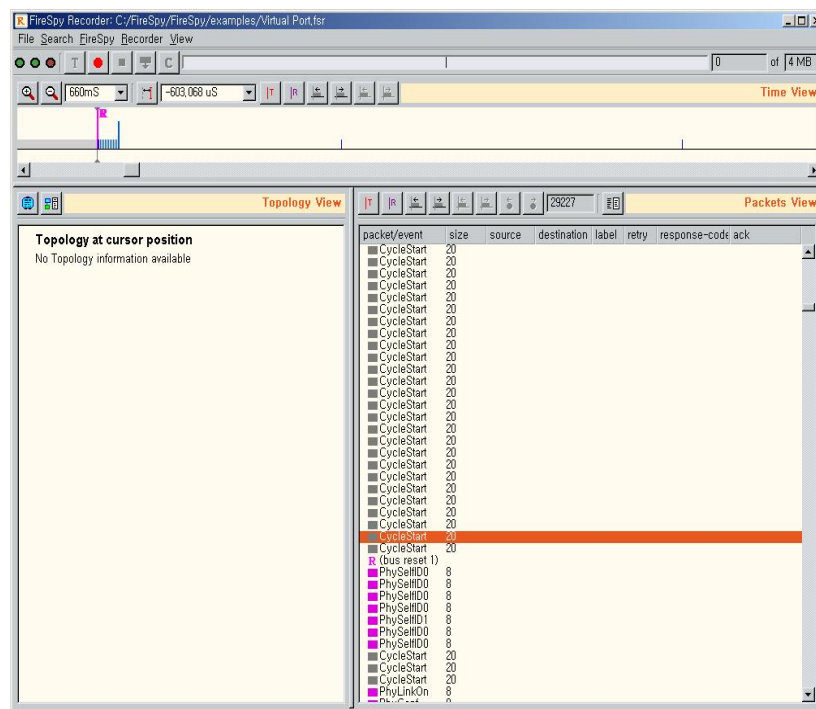
파이어 스파이는 <그림 5-12>와 같이 IEEE 1394 버스에 연결되어 로컬 버스에서 발생하는 서브액션을 모니터 하며, 원하는 서브액션만을 저장하여 <그림 5-13>의 USB를 통해 컴퓨터로 전송한다. Topology View는 IEEE 1394 버스의 셀프 아이디 패킷을 받아 분석하여 자신의 로컬 버스의 노드간 연결을 보여주는 것이며, Packet View는 노드간의 요청 및 응답이 성공적으로 이루어졌는지 실패하였는지를 보여준다.

파이어 스파이는 버스에 사용자가 정의한 순서대로 패킷을 보낼 수 있으며, 특정한 이벤트가 발생하면 사용자가 정의한 패킷을 IEEE 1394 버스에 대역폭을 할당받아 보낼 수 있다. 파이어 스파이의 이런 기능을 이용하여

프락시 기능을 구현한다.



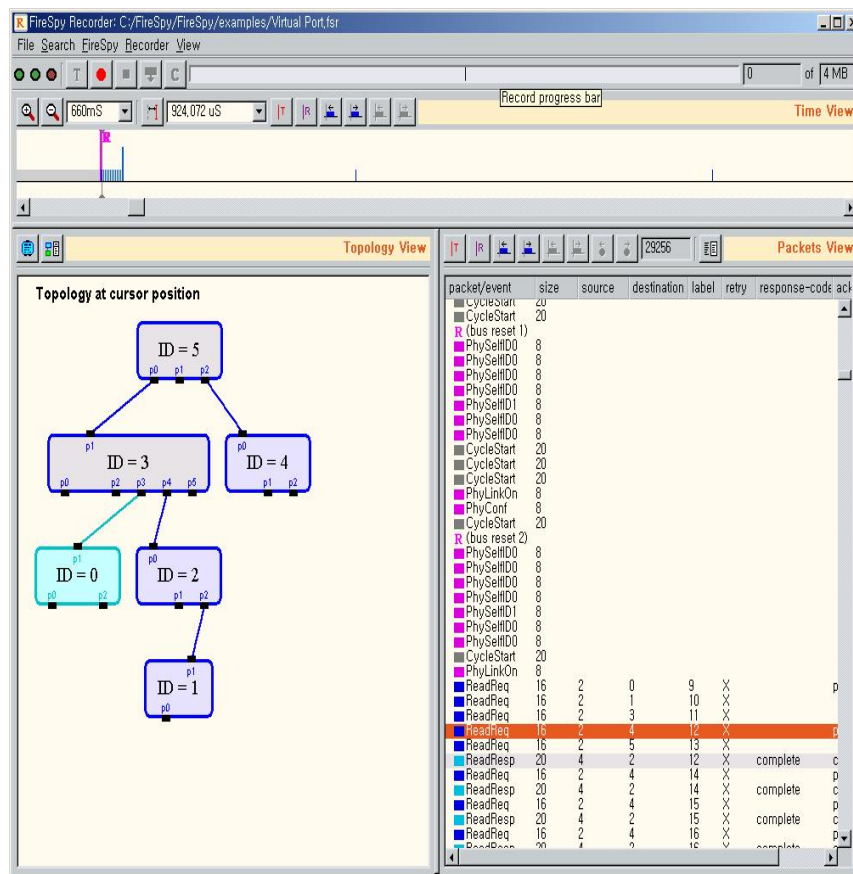
<그림 5-13> 파이어 스파이
데이터 전송 인터페이스



<그림 5-14> 버스 리셋 이전의 IEEE 1394 버스 상태

가상 포트를 로컬 버스에 구현하기 위해서는 셀프 아이디 패킷의 조작과 서브액션을 대신 처리해주는 기능을 검증하여야 한다. <그림 5-13>는 파이어 스파이를 이용하여 버스 리셋 이전부터 IEEE 1394의 버스 상태를 저장하고 있는 그림이다. <그림 5-14>에서 버스 리셋이 발생하기 이전에는 사이클 마스터가 보내는 사이클 시작 패킷 만이 IEEE 1394 버스에 나타나는

<그림 5-14>의 토폴로지 뷰에 IEEE 1394 버스의 구조가 나타나지 않는 이유는 버스 리셋 과정에서 발생하는 셀프 아이디 패킷을 수신하지 않으면 전체 버스의 구조를 파악할 수 있는 정보가 없기 때문이다.



IEEE 1394 버스에 연결된 기기들은 순서대로 셀프 아이디 패킷을 전송한다. 4대의 레가시 IEEE 1394 기기가 셀프 아이디 패킷을 전송하면 프락시 기능을 구현한 5번 노드는 4번 노드의 셀프 아이디 패킷과 자신의 셀프 아

이디 패킷을 차례로 보낸다. 4번 노드의 셀프 아이디 패킷을 5번 노드인 프락시가 대신 보내는 이유는 IEEE 1394 버스에 연결된 기기는 반드시 셀프 아이디 패킷을 보내야 하는 IEEE 1394 규격을 만족 시키기 위함이다. 버스에 연결된 기기들은 5번 프락시 노드가 보낸 4번 노드의 셀프 아이디 패킷을 수신하여 자신이 속해 있는 버스에 4번 기기가 같이 연결된 것으로 인식하게 된다. 이는 실제로 <그림 5-14>에 존재하지 않는 5번 노드의 가상 포트 2번에 4번 노드 기기가 연결된 것을 <그림 5-15>의 토폴로지 뷰로 보여줌으로써 가상 포트를 위한 셀프 아이디 패킷이 성공적으로 로컬 버스에 전달 됨을 확인할 수 있다.

가상 포트 구현을 위하여 4번 노드로 오는 모든 서브 액션을 5번 프락시 노드가 처리해야 한다. 패킷 뷰의 Packet/Event 필드는 연결된 IEEE 1394 버스의 버스 리셋과 전달되는 패킷의 Tcode 필드를 확인하여 패킷의 종류를 나타내며, Source필드는 패킷을 보낸 기기의 노드 아이디를 나타낸다. <그림 5-14>의 패킷 뷰를 보면 셀프 아이디 패킷을 받아 가상의 4번 노드를 인식한 2번 기기는 읽기 요청을 4번 노드에게 한다. 가상의 4번 노드에 읽기 요청을 받은 5번 노드는 4번 노드를 대신하여 응답 패킷을 2번 노드에게 전송하여 서브액션을 종료한다.

가상 포트를 구현하기 위하여 프락시는 셀프 아이디 패킷을 이용하여 로컬버스의 노드들에게 가상의 포트를 인식 시켜야 하며, 로컬의 노드들이 가상 포트를 인식하고 서브액션을 요청하면 모든 서브액션을 처리해주어야 한다. 위 실험으로 프락시가 보낸 셀프 아이디 패킷을 통해 노드가 가상 포트를 인식함을 확인할 수 있었으며, 서브액션도 정상적으로 종료됨을 확인할 수 있었다.

제 5-7절 결 론

IEEE 1394는 넓은 대역폭과 Plug and Play를 지원하여 A/V 데이터를 사용하는 응용에 적합하다. 그러나 레가시 IEEE 1394는 버스 간 통신을 할 수 없으며, 기기간에 최대 4.5m만을 지원하는 단점을 가지고 있어 홈 네트워킹을 구성하는데 여러 가지 제약이 있다. 따라서 1394TA에서는 버스 간 확장 문제를 해결하기 위하여 IEEE 1394.1 규격을 정의하였으며, 이를 무선에 적용한 Protocol Adaptation Layer(PAL) for IEEE 1394 over IEEE802.15.3 규격을 진행 하고 있다.

무선 1394 기술은 IEEE 1394.1 규격의 2 포탈 브릿지를 적용한 가상 버스를 사용하였다. 가상 버스는 레가시 1394와 동일한 구조를 가지고 있어 동시에 지원하는 기기가 63개로 제한되며, 무선 1394는 레가시 IEEE 1394 기기와의 버스 간 통신을 고려 하고 있지 않기 때문에 Bus_Info_Block의 첫 쿼드렛을 '0000'으로 정의하여 로컬 버스의 레가시 1394 기기와 호환성도 가지지 않는다. 또한 네트워크의 업데이트를 다른 버스에 전달하는 규정도 명확하게 정하지 못하였으며, 63개의 기기가 가상 버스에 있을 때 규격을 준용하는 기기의 연결에 관한 규정도 없다.

본 장에서는 버스 간 레가시 1394 기기를 지원하기 위해 가상 포트를 제안하였다. 가상 포트는 버스 초기화 과정에서 보내는 셀프 아이디 패킷의 변경과 가상 포트에 붙은 기기에게 요청되는 로컬 서브액션을 프락시가 대신 처리하는 두 과정으로 나눌 수 있다. 첫 번째 가상 포트의 인식은 로컬 버스에 기기가 연결 또는 해지될 때 버스 리셋이 발생하면, 처음 발생한 버스 리셋에서 받은 셀프 아이디 패킷의 Brdg 필드를 이용하여 레가시 1394 기기가 로컬 버스에 연결되었는지를 파악한다. 만일 로컬 버스에 레가시 IEEE 1394가 연결되어 있으면 프락시는 로컬 버스에 다시 버스 리셋을 발생시킨다. 두 번째 버스 리셋에서 프락시가 보내는 셀프 아이디 패킷의 P 필드에 다른 버스의 기기가 로컬 버스에 붙어 있는 것처럼 P 필드의 값을 변경하여 기기를 인식하는 과정을 마친다.

가상 포트의 인식은 파이어 스파이의 토폴로지 뷰를 통해 확인하였다. 가상 포트에 연결된 기기에게 서브액션을 요청하면 프락시 기기가 대신 응답하여 트랜잭션을 수행한다. 가상 포트를 이용한 레가시 1394 기기의 버스 간 통신이 가능함을 파이어 스파이의 패킷 뷰어로 확인하였다. 이 실험을 통하여 가상 포트를 통한 레가시 1394 기기의 버스 간 통신이 가능함을 확인할 수 있다.

본 연구에서는 레가시 IEEE 1394 기기의 버스 간 통신을 지원하기 위하여 가상 포트를 사용하였다. 그러나 가상 포트를 이용한 대용량 데이터 전송 및 가상 포트에 붙어 있는 기기와 여러 레가시 1394 기기와의 정상적인 서브액션 수행에 관한 검증이 필요하며, 시나리오 상황이 아닌 실제의 활용에서 레가시 1394 기기의 버스 간 통신에 관한 연구가 필요하다. 끝으로 로컬에서 63개로 제한된 가상 포트를 확장하여 전체 버스의 기기와의 통신이 가능하도록 하는 연구가 필요할 것이다.

제 6장 NS-2를 이용한 무선 네트워크 시뮬레이션

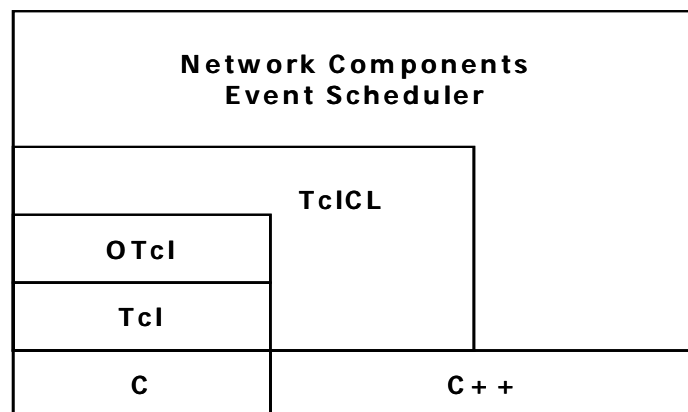
제 6-1절 개 요

NS(Network Simulator)는 네트워크 시뮬레이션을 하기 위한 이산 사건(discrete-event) 시뮬레이터로써, 현재 유,무선 네트워크 상에서 TCP, 라우팅, 멀티캐스트등의 시뮬레이션이 가능하다[23]. NS-2는 무료 배포되는 Open Source로써, 정기적으로 업데이트되고 있다. 지원되는 플랫폼으로는 FreeBSD, Linux, SunOS/Solaris, MS Windows, MAC, HP, SGI등이 있고, 여러 교육기관 및 학교에서 사용되고 매달 약 300개 이상의 메일이 메일링 리스트를 통해서 정보가 공유되고 있다.

NS는 REAL이라는 네트워크 시뮬레이터로부터 변형된 것으로 1989년부터 시작되어 지난 몇 년간 계속 발전되어왔다. 1995년에 LBNL(Lawrence Berkely National Laboratory), Xerox PARC(Palo Research Center), UCB(UC Berkeley), USC/ISI(USC Information Sciences Institute)의 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency) VINT(Virtual InterNetwork Testbed) 프로젝트를 통해 지원 개발되었다. 현재는 DARPA SAMAN(Simulation Augmented by Measurement and Analysis for Networks) 프로젝트와 NSF(National Science Foundation) CONSER(Collaborative Simulation for Education and Research) 프로젝트를 통해 ICIR(ICS Center for Internet Research)의 여러 연구원들과 함께 공동 개발되고 있다. 그 외에 UCB Daedalus와 CMU Monarch 프로젝트, Sun Microsystems등 여러 연구원들로부터 무선 모듈부분들을 포함한 여러 부분이 개발되었다. NS의 구성요소들을 살펴보면, 주된 모듈들이 있는 NS 시뮬레이터, 결과를 GUI 환경으로 보여주는 NAM(Network Animator), 트래픽, 토폴로지를 생성해주는 생성기, Trace 분석을 해주는 Awk, Perl, Xgraph, Tcl 등으로 크게 나눌 수 있다.

제 6-2절 NS-2 구조

NS-2는 C++과 OTcl(Object oriented Tool command language) 두 개의 언어로 구성 되어 있다. C++ 언어는 실행이 빠르지만 새로운 구조를 만들거나 변경하는데 쉽지 않다. 그러나 OTcl은 실행은 느리지만 비교적 쉽고 빠르게 변경할 수 있다. 따라서 시뮬레이션의 구체적인 부분, 패킷 구성, 처리, 알고리즘 구현 같은 비교적 처리 데이터가 큰 부분을 구현할 때 사용하고, OTcl은 네트워크 토폴로지 구성이나 시나리오 구성같이 파라미터를 여러 번 변경하면서 시뮬레이션을 하는 부분에 사용한다. 그리고 TclCL(Tcl Class)가 이 두 언어로 된 부분을 연결한다. 이렇게 함으로써 빠른 실행과 빠른 재구성이 가능하도록 NS-2는 되어 있다. 그러나 두 언어를 사용함으로써 복잡해지고 디버깅의 어려움 같은 단점도 있다. <그림 6-1>은 NS-2의 이러한 구조를 나타내고 있다.

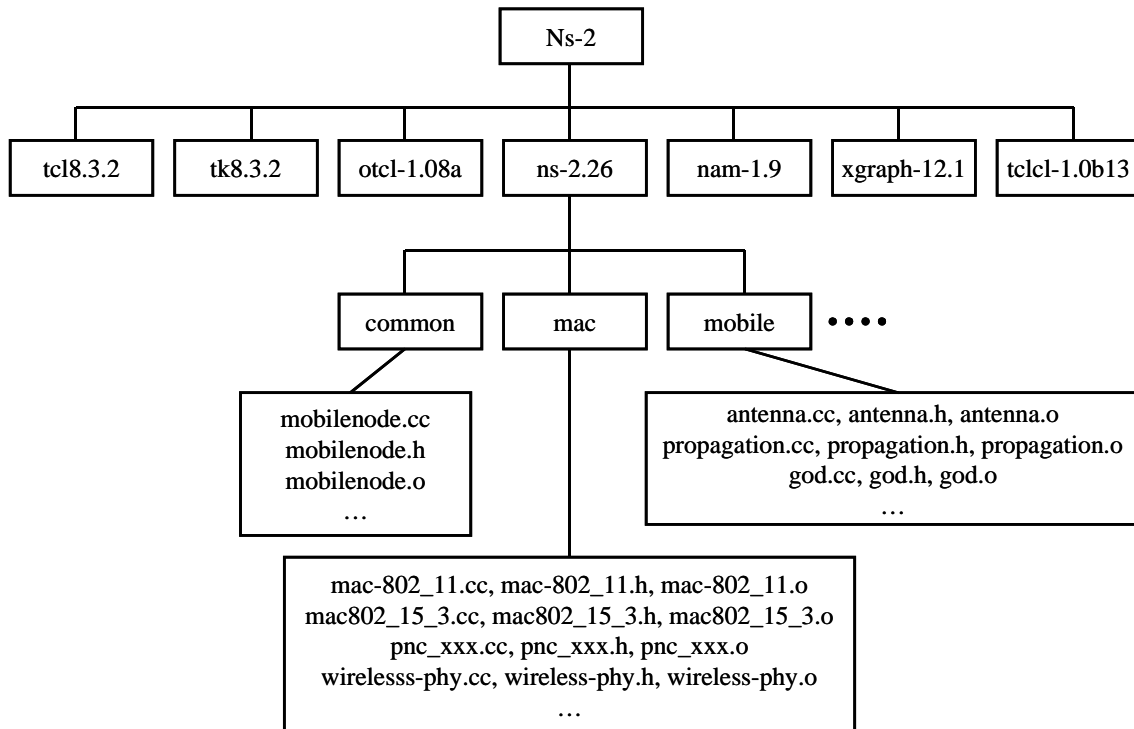


<그림 6-1> NS-2 구조

현재 NS-2의 버전은 2.26까지 나와 있고, 그래서 일반적으로 NS-2라고 명명한다. 지금까지 개발된 네트워크 모듈로는 라우팅, TCP, UDP, WWW, FTP, Telnet, CBR, 여러 종류의 큐, IntServ, Diffserv, IEEE802.11 MAC, sensor-MAC, 위성 통신 등 여러 요소들이 개발되었다. 중요한 부분들이 계속 업데이트되고 있지만 아직 많은 부분들이 더 추가 되어야 할 것이다.

<그림 6-2>는 NS-2를 설치한 경우, 일반적인 디렉토리 구조를 나타낸 것이다. NS를 통해 개발된 요소들이 들어있는 ns-2.26 디렉토리와 앞에서 설명한 Tcl과 관련된 otcl, tclcl 디렉토리, 결과를 애니메이션으로 보여주는 NAM과 관련된 nam 디렉토리로 크게 구분된다. ns-2.26 디렉토리 안에

mac이라는 디렉토리에 유,무선 관련 mac의 요소들이 들어있다. 그 외에 무선 환경에서 사용하는 노드와 물리적인 동작의 시뮬레이션에 관련된 요소들이 다른 디렉토리에 탑재되어있다.



<그림 6-2> NS-2 디렉토리 구조

제 6-3절 무선 네트워킹 시뮬레이션

NS-2에서 무선 네트워킹 모델은 모바일 노드들로 구성하고, 추가적으로 멀티 홉 Ad-hoc 네트워크와 무선 랜 등의 시뮬레이션을 지원한다. NS-2에서 사용하고 있는 MobileNode라는 객체는 부모 클래스인 Node로부터 파생된 C++ 클래스로서 분할 객체이다. MobileNode는 Node 객체에 주어진 토폴로지 범위 내에서 이동이 가능하고 무선 채널 등에서의 전송신호를 수신할 수 있도록 무선 및 모바일 노드의 부가기능을 추가 하였다. 따라서 유선에서처럼 무선 노드간의 연결에서는 Link 객체를 통해서 연결되지 않는다.

6-3-1 MobileNode를 사용한 무선 토폴로지 생성

MobileNode는 기본 NS Node에 이동성, 채널을 통한 데이터의 송,수신 같은 추가적인 기능을 가진 무선 환경에서 사용하는 기본 노드로서 모바일, 무선 시뮬레이션 환경을 생성하는데 사용된다. 노드의 이동, 주기적인 위치 갱신, 토폴로지 경계 관리 같은 이동성에 대한 기능은 C++로 구현이 되었고, MobileNode 자체 내에서 Classifier, Dmux, LL, Mac, Channel 같은 요소들을 연결하는 것은 Otcl로 구현되었다.

현재 NS-2에서 다음과 같은 Ad-hoc 라우팅 프로토콜을 지원하고 있다.

- DSDV(Destination Sequence Distance Vector)
- DSR(Dynamic Source Routing)
- TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm)
- (AODV)Adhoc On-demand Distance Vector

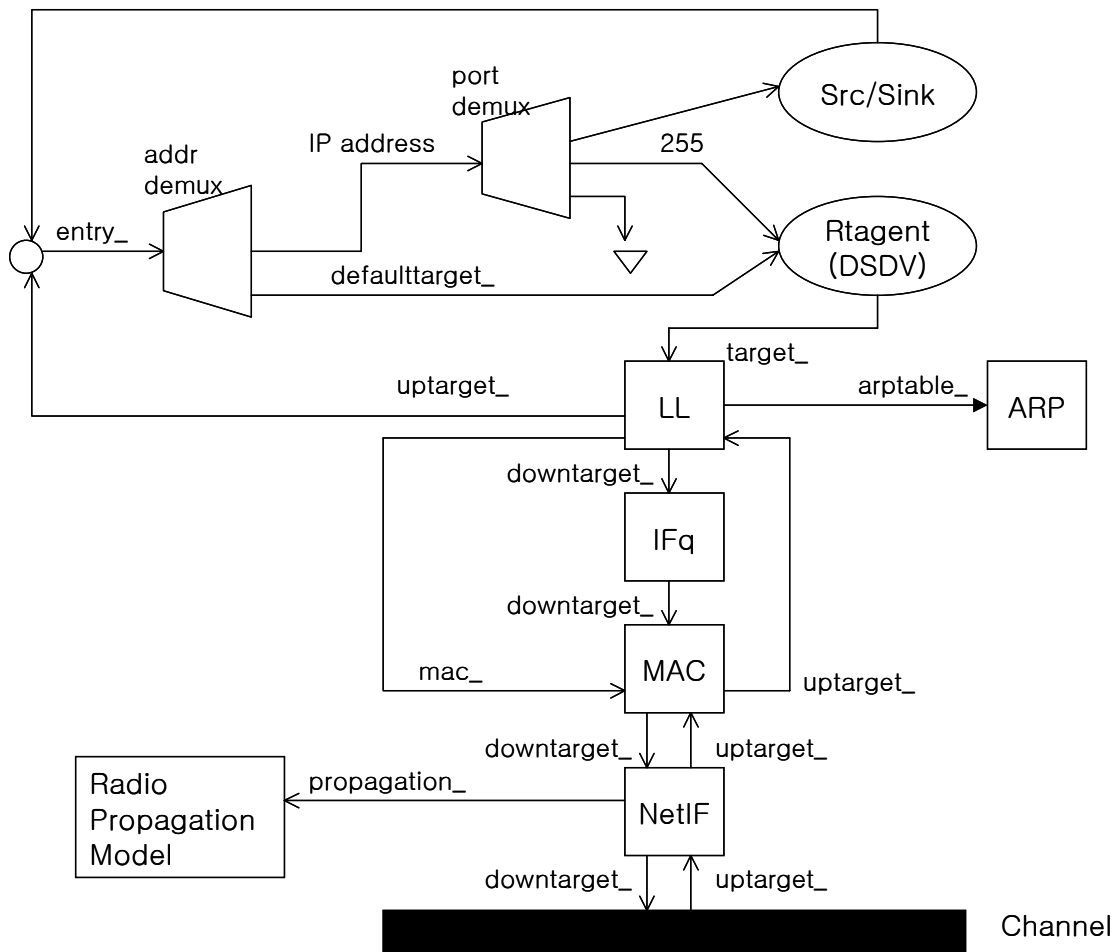
모바일 노드의 기본 구성요소의 생성은 아래와 같다.

```
$ns_ node-config -      -adhocRouting $opt(adhocRouting)
                        -llType $opt(ll)
                        -macType $opt(mac)
                        -ifqType $opt(ifq)
                        -ifqLeng $opt(ifqlen)
                        -antType $opt(ant)
                        -propInstance [new $otpt(prop)]
                        -phyType $opt(netif)
                        -channel [new $opt(chan)]
                        -topoInstance $topo
                        -wiredRouting OFF
                        -agentTrace ON
                        -routerTrace OFF
                        -macTrace OFF
```

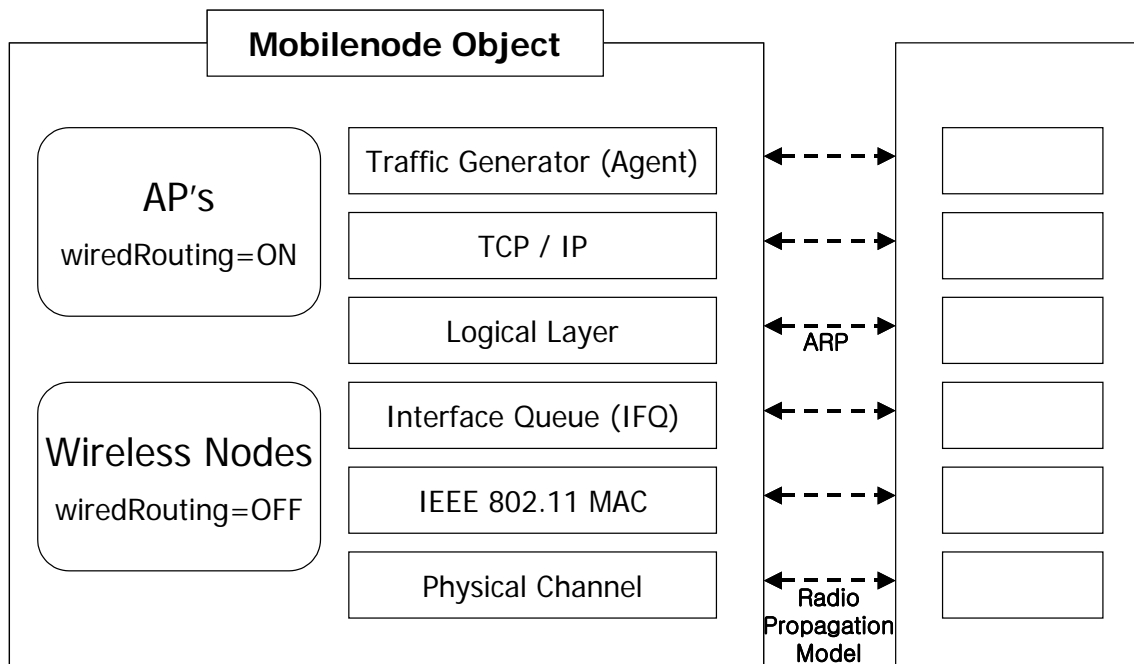
Ad-hoc 라우팅 프로토콜, 네트워크 스택, 채널, 토폴로지, 전파전달 모델, 유선 라우팅 사용 여부, 각각의 레벨(라우터, MAC, 에이전트)에서의 트레이

싱 사용 여부의 값을 설정하여 모바일 노드를 구성한다. 계층적 주소를 사용할 경우 노드에 계층적 주소를 전달해야한다.

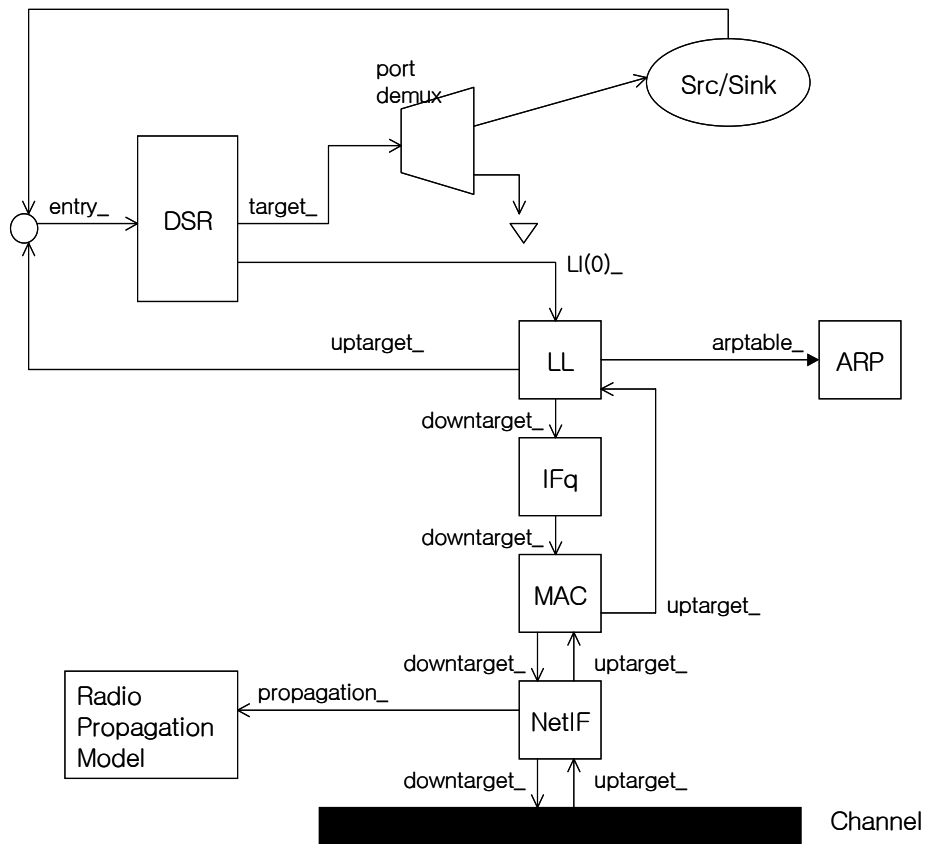
<그림 6-3>은 이렇게 구성된 MobileNode 객체가 MobileNode 내부에서 어떻게 연결되고 동작하는지 나타낸 그림이고, <그림 6-4>는 생성된 MobileNode가 다른 MobileNode와 어떻게 연결되는지 나타낸 그림이다. 만약 MobileNode 객체가 AP인 경우는 유선망에 연결되므로 WiredRouting이 ON으로 되어야하고, AP가 아닌 무선 노드인 경우, OFF로 되어야한다. LL 위에 TCP/IP나 UDP/IP를 올리고 그 위에 에이전트를 올려서 연결하면 된다.



<그림 6-3> NS-2에서의 MobileNode



<그림 6-4> MobileNode 객체간의 연결



<그림 6-5> SRNode

DSR 라우팅을 위해 사용되는 MobileNode는 위에 설명되어있는 MobileNode와는 약간의 차이가 있다. MobileNode 클래스에서 파생된 SRNode는 Address Demux 또는 Classifier를 사용하지 않고 노드에서 수신된 모든 패킷들은 기본적으로 DSR 라우팅 에이전트에 전달된다. <그림 6-5>는 SRNode를 설명한 그림이다.

6-3-2 노드의 이동

NS-2에서 MobileNode는 3차원 토폴로지안에서 움직이도록 설계되었다. 그러나 높이를 나타내는 차원(Z)은 사용하지 않는다. 즉, MobileNode는 평면지형에서 이동한다고 가정하기 때문에 Z의 값은 항상 0이다. 그러므로 모바일 노드는 X, Y, Z(=0) 좌표를 가지고 있으며 노드 이동에 의해 계속적으로 변하게 할 수 있다. MobileNode의 이동은 크게 두 가지 방법이 있다. 첫 번째 방법은 노드의 시작지점과 목적지를 설정해 놓고 이동 시나리오 파일을 분리하여 포함시키는 방법이다.

```
$node set X_ <x1>
$node set Y_ <y1>
$node set Z_ <z1>
$ns at $time $node setdest <x2> <y2> <speed>
```

위의 예제는 <x1, y1> 시작위치에서 time 시간에 목적지 <x2, y2>로 speed의 속도로 이동하는 예제를 나타낸 것이다.

두 번째 방법으로는 노드가 랜덤하게 움직이는 방법이다.

```
$mobilenode start
```

이 방법을 사용하면 랜덤한 위치에서 랜덤한 속도와 목적지로 노드가 이동을 하게 된다.

6-3-3 MobileNode의 구성요소

MobileNode의 네트워크 스택은 LL(Link Layer), LL에 연결된 ARP 모듈, 인터페이스 우선순위 큐(IFq), MAC, 네트워크 인터페이스(netIF), 채널로 이루어져 있다. 이 네트워크 구성요소들은 OTcl로 생성되고 연결된다.

- Link Layer(LL)

MobileNode에서 사용하는 LL은 유선에서 사용하는 것과 유사하다. 차이점이 있다면 MobileNode에서 LL에 연결된 ARP 모듈은 모든 IP 주소를 하드웨어(MAC) 주소로 변환한다는 점이다. 일반적으로 채널로 나가는 패킷들은 라우팅 에이전트에 의해 LL로 내려 보내고, LL은 인터페이스 큐에 내려보낸다. 채널로부터 들어오는 모든 패킷들은 MAC에서 LL로 올려보내고, 노드 엔트리(node_entry_point)로 전달된다.

- Address Resolution Protocol(ARP)

ARP 모듈은 LL로부터 Query를 요청을 받는다. 만약 ARP가 목적지의 하드웨어 주소를 가지고 있다면 패킷의 MAC 헤더에 기입한다. 그렇지 않으면 ARP Query를 브로드캐스트하여 알아온다. 패킷이 가게될 다음 홉의 하드웨어 주소를 알면 패킷은 인터페이스 큐에 삽입된다.

- Interface Queue(IFq)

PriQueue 클래스는 우선순위 큐로 구현되었고, 라우팅 패킷들에게 우선순위를 주고, 큐의 앞부분에 삽입한다. 또한 필터를 두어 특정한 목적주소로 가는 패킷들을 큐에서 제거할 수도 있다.

- MAC

CMU에서 IEEE 802.11의 DCF MAC 프로토콜을 구현하였다. RTS/CTS/DATA/ACK를 사용하여 유니캐스트로 전송하고 브로드캐스트는 간단히 DATA만 사용하여 전송한다. 또한 물리계층과 Virtual Carrier

Sense를 사용한다.

- Network Interface(netIF)

netIF는 계층은 채널을 사용하기 위한 MobileNode의 하드웨어 인터페이스 기능을 제공한다. 무선 공유 매체 인터페이스는 Phy/WirelessPhy 클래스로 구현되어 있다. 무선 상에서의 충돌과 무선 전파 모델을 위한 이 인터페이스는 다른 노드 인터페이스들이 채널로 전송한 패킷들을 수신한다. 또한 이 인터페이스는 각각의 전송된 패킷의 전송 출력, 파장 같은 데이터를 기록한다. 수신하는 netIF의 무선 전파 모델에서 이러한 데이터를 사용하여 수신된 패킷의 파워를 조사하여 받을 것인지 또는 캐리어 센스에서 센싱이 되었다고 할 것인지 결정하게 된다.

- 무선 전파 모델

무선 전파 모델로는 근거리에서 Friss-space Attenuation($1/r^2$)을 사용하고 원거리에서는 Two ray Ground($1/r^4$)을 사용한다.

- Antenna

MobileNode는 Unit Gain을 가지는 Omni-Directional 안테나를 사용한다.

6-3-4 Ad hoc 라우팅 에이전트

현재 NS-2상에서 구현된 Ad hoc 라우팅 프로토콜은 DSDV, DSR, TORA, AODV가 구현되어 있다.

- DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)

DSDV는 이웃해 있는 무선 노드들 간에 라우팅 메시지를 교환한다. 무선인 경우, 전파 도달 거리내의 노드 간에 라우팅 메시지를 교환한다. 다른 노드로부터 라우팅 정보를 받으면 업데이트가 시작되어 라우팅 테이블을 변경하게 된다. 목적지 주소를 모르는 패킷은 라우팅 Query를 보내어 처리되

기 전까지 저장한다. 만약 라우팅 정보를 기다리는 동안 최대 버퍼사이즈를 넘게 되면 그 패킷은 버리게 된다.

무선 노드로 향하는 모든 패킷들은 주소 Demux에 의해 포트 Demux로 바로 경로설정이 된다. 포트 Demux는 패킷들을 해당 에이전트로 패킷을 전달한다. 포트 번호 255번은 무선 노드의 라우팅 에이전트로 사용된다. 무선 노드는 Classifier 또는 주소 Demux의 디폴트 타겟을 사용할 수도 있다. 만약 Classifier에서 목적지에 대한 타겟을 모르는 경우, 패킷들은 디폴트 타겟으로 전달된다. 라우팅 에이전트는 패킷의 다음 홉을 할당하고, LL로 내려 보낸다. 라우팅 프로토콜은 주로 C++로 구현한다. 이 라우팅 프로토콜은 ns/dsdrv 디렉토리와 ns/tcl/mobility/dsdrv.tcl에 구현되어 있다.

- DSR(Dynamic Source Routing)

앞에서 설명하였듯이 SRNode는 MobileNode와 다르다. SRNode의 entry_ 는 DSR 라우팅 에이전트로 향하기 때문에, 노드에서 수신된 모든 패킷들은 라우팅 에이전트로 보내게 된다. 이러한 모델은 데이터 패킷의 piggy-back 라우팅을 구현하는데 필요하고 그 외에는 라우팅 에이전트로 향할 필요가 없다.

DSR 에이전트는 소스 라우트 정보에 대한 모든 데이터 패킷을 검사한다. 라우팅 정보에 따라 패킷을 포워딩한다. DSDV와 마찬가지로 경로를 모르는 경우 패킷을 저장하고 경로 Query를 보내게 된다. 만약 경로 Query에 대해서 목적지에 대한 경로가 있다면, 중간 노드 또는 목적지 노드에서 경로 응답을 소스로 전송하게 된다. 자기 자신으로 향하는 모든 패킷들은 포트 Demux로 향하게 된다. SRNode에서 포트 번호 255번은 널 에이전트로 향한다. 이 라우팅 프로토콜은 ns/dsr 디렉토리와 ns/tcl/mobility/dsr.tcl에 구현되어 있다.

- TORA(Temporally Ordered Routing Algorithm)

TORA는 “Link Reversal” 알고리즘을 기반으로 만든 분산 경로설정 프로토콜이다. 출발지 노드와 목적지 노드는 기본적으로 다중경로를 설정한다. TORA의 기본적인 아이디어는 경로설정을 위한 라우팅 패킷에 의한 overhead가 최소화하기 위해서 제어 메시지를 토폴로지 변화가 비교적 적게 일어나는 어떤 일정크기의 노드의 집합 안에서만 교환한다. 이것을 가능

케 하는 것은 각각의 노드들은 바로 이웃 노드들에 대한 라우팅 정보만을 유지한다. 여기에 사용되는 패킷은 Query, Update, Clear의 세 가지 패킷이다. Query 패킷은 경로설정 시 사용되며, Update 패킷은 경로 설정과 파티션 발생을 알리는데 사용한다. Clear 패킷은 파티션 발생을 인지한 후 그 파티션내의 목적지에 대한 정보를 삭제하는데 사용된다. 해당하는 목적지 주소의 경로를 필요한 경우, 목적지 주소를 가지는 QUERY 메시지를 브로드캐스트한다. 목적지 또는 목적지 경로를 알고 있는 중간 노드에 도달할 때까지 이 메시지는 계속 전달되게 된다. 이 프로토콜은 ns/tora 디렉토리와 ns/tcl/mobility/tora.tcl에 구현되어 있다.

- AODV(Ad hoc On Demand Distance Vector)

AODV는 DSR과 DSDV 프로토콜의 조합으로 이루어져 있다. 이것은 DSR의 route-discovery와 route-maintenance를 기본으로 하고 DSDV의 hop-by-hop 라우팅, sequence numbers, 비컨을 사용한다. 목적지 경로를 알기 원하는 노드는 ROUTE REQUEST를 생성한다. 이 경로 요청은 중간 노드에 의해 포워딩되고 또한 목적지로부터 반대의 경로를 생성한다. 이 경로 요청이 목적지 경로를 가지는 노드에 도착하면 목적지에 도착하는 길리는 홉 수 값을 가지는 ROUTE REPLY를 생성한다. 소스 노드까지 이 응답이 도착하기 위해 이 응답의 포워딩에 참여하는 모든 노드는 목적지로의 포워드 경로를 생성한다. 이 프로토콜은 ns/aodv 디렉토리와 ns/tcl/lib/ns-lib.tcl에 구현되어 있다.

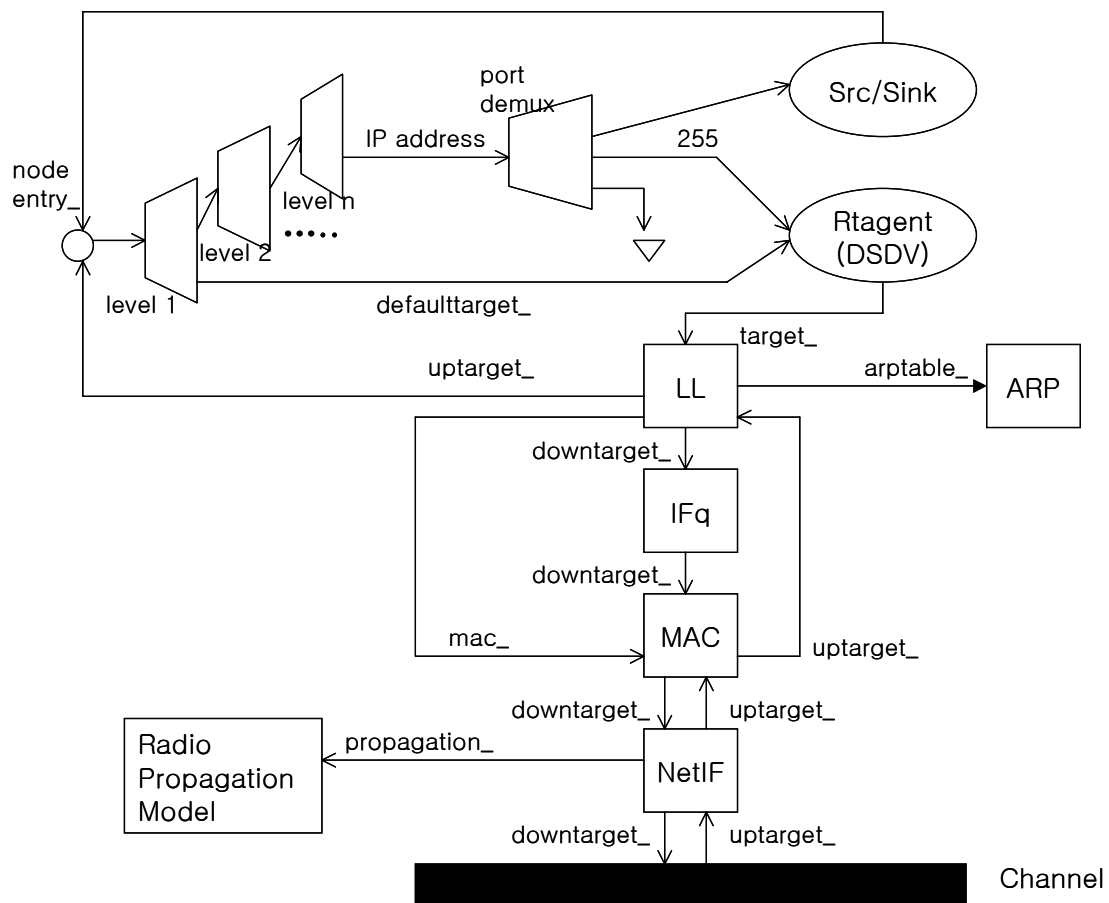
제 6-4절 유무선 환경에서의 시뮬레이션

유무선 환경에서의 시뮬레이션에서 중요한 문제 중 하나는 라우팅이다. NS-2에서 라우팅 정보는 토폴로지의 연결을 기반으로 생성된다. 즉, 노드가 어떻게 다른 노드에 Link 객체를 통해 연결되느냐에 따라 라우팅 정보가 생성된다. 반면에 무선 노드에서는 Link 객체를 사용하지 않는다. 따라서 이 두 가지 형태의 노드 간에 어떻게 패킷을 교환하는 것이 문제가 된다.

그래서 유,무선 도메인 간의 게이트웨이 역할을 하는 BaseStationNode라는 일종의 AP(Access Point)를 만들었다. BaseStationNode는 HierNode(Hierarchical Node)와 MobileNode를 합친 것이다. 유, 무선 도메인간의 테

이터 교환하는 역할을 BaseStationNode이 담당한다. 이러한 기능을 하기 위해서 계층적 라우팅 개념이 사용되었다.

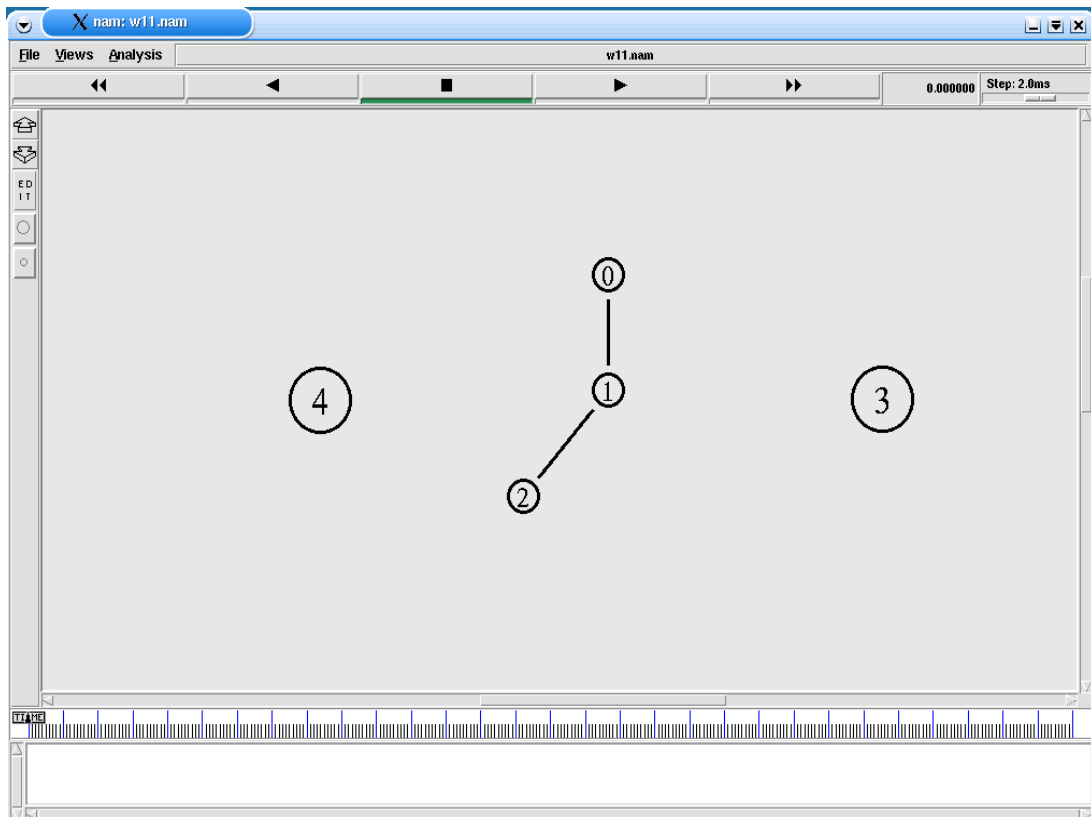
BaseStationNode를 포함한 각각의 무선 도메인은 고유 도메인 주소를 할당한다. 유선 노드에서 무선 노드로 향하는 모든 패킷들은 그 무선 노드의 도메인에 연결된 BaseStationNode에 도달해야 한다. 반대로 무선 노드에 유선 노드로 향하는 모든 패킷들도 무선 네트워크 상에서 라우팅을 거쳐 BaseStationNode를 통해 유선 네트워크로 전달되게 된다. 이 BaseStationNode는 이 패킷들을 유선 도메인 상으로 어떻게 포워딩해야 하는지 알고 있어야 한다. <그림 6-6>은 BaseStationNode의 구조를 나타낸 것이다.



<그림 6-6> BaseStationNode

제 6-5절 시뮬레이션 결과

6-5-1 유 · 무선 혼합 네트워크



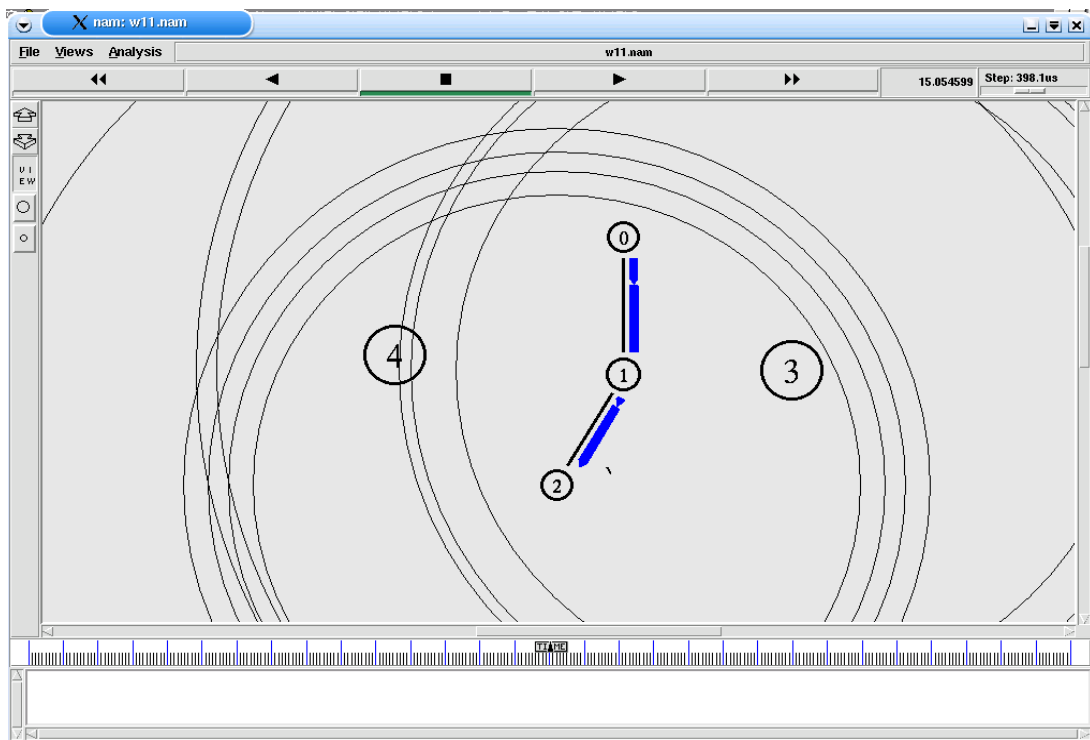
<그림 6-7> 시뮬레이션을 위한 유 · 무선 네트워크 구성

<그림 6-7>은 유 · 무선을 연동시키는 시나리오를 나타낸 그림이다. 노드의 구성은 2개의 유선 노드(0, 1)와 BaseStationNode(2)를 거쳐 연결이 이루어지는 2개의 무선 노드(3, 4)로 이루어져 있다. BaseStationNode 노드는 게이트웨이와 같은 역할을 함으로써 무선과 유선 도메인에 따르는 노드들 사이의 유 · 무선 타입의 패킷들의 교환을 이루어지게 한다. 소스로 들어가 시나리오를 분석해보면 다음과 같다. 모바일노드의 네트워크를 구성하기 위해서 기본 구성을 미리 정의해 놓았다. Link Layer, Interface Queue, MAC Layer 등을 설정해 놓았다. 내용을 보면 채널은 무선사용을 위해 WirelessChannel을, Propagation은 TwoRayGround를, 네트워크 인터페이스는 WirelessPhy를, MAC Layer는 802.11을 구현하는 것이기 때문에 802_11으로 설정하였고, 큐의 타입은 일반적인 큐의 형태인 FIFO의 모습을 갖춘

DropTail을 사용하였으며, Ad hoc 라우팅 프로토콜 타입으로는 DSDV 등을 사용하였다. 그 외에 전체적인 망의 크기를 670 X 670 으로 지정해 주었으며, 무선 노드, 유선 노드, BaseStationNode의 개수 및 위치를 미리 정의해 두었다.

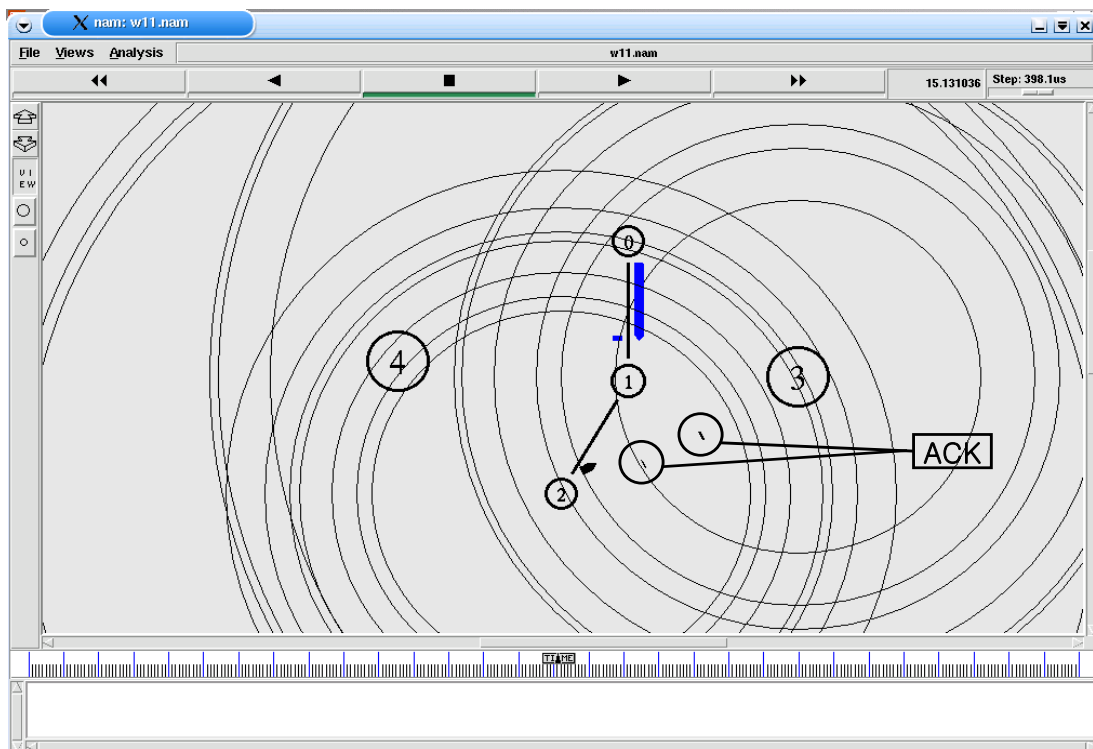
유선 및 무선 노드 그리고 BaseStationNode에 대한 설정을 마친 뒤 유선 노드와 BaseStationNode 간의 연결을 생성하였다. 유선 노드들 간의 연결은 양방향 링크로 이루어져 있으며 5Mb의 Bandwidth 와 2ms 의 delay를 가지고 있다. 큐의 타입은 DropTail을 사용하였다. BaseStationNode와 연결되어 있는 유선 노드도 위와 같은 형태를 가지게 시나리오를 생성하였다.

유선과 무선 노드간의 연결은 TCP 기반의 FTP 어플리케이션으로 구성하였다. 0에서 2를 통해 3 무선노드와의 연결의 시작은 15.0으로 설정하였으며 0에서 2를 통해 4 무선노드와의 연결의 시작은 20.0으로 설정하였다. 시뮬레이션의 끝나는 시간은 두 개의 연결 모두 30.0으로 설정하였다. 이후의 결과는 NAM을 통해서 시뮬레이션 시간별로 발생하는 결과를 나타낸 것이다.

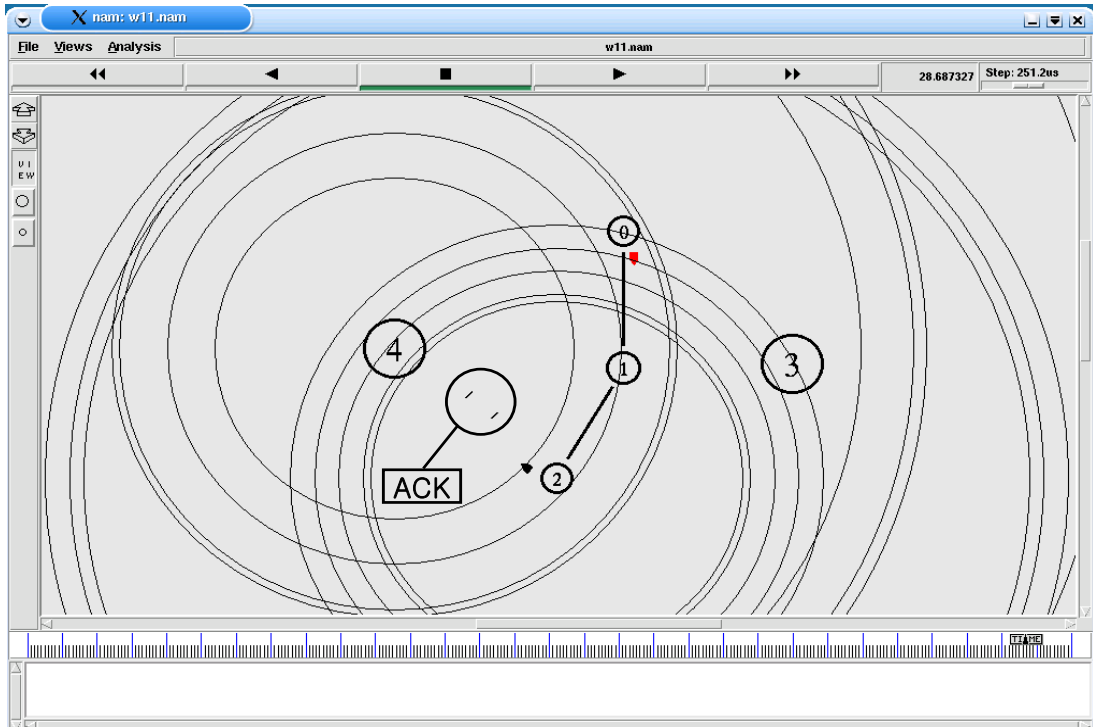


<그림 6-8> 유선 노드간의 패킷 전송

<그림 6-8>은 무선망으로 FTP 데이터를 전송하기 전에 먼저 BaseStationNode인 노드(2)로의 데이터 전송을 나타낸 그림이다.



<그림 6-9> BaseStationNode를 통한 무선 노드(3)로의 패킷 전송

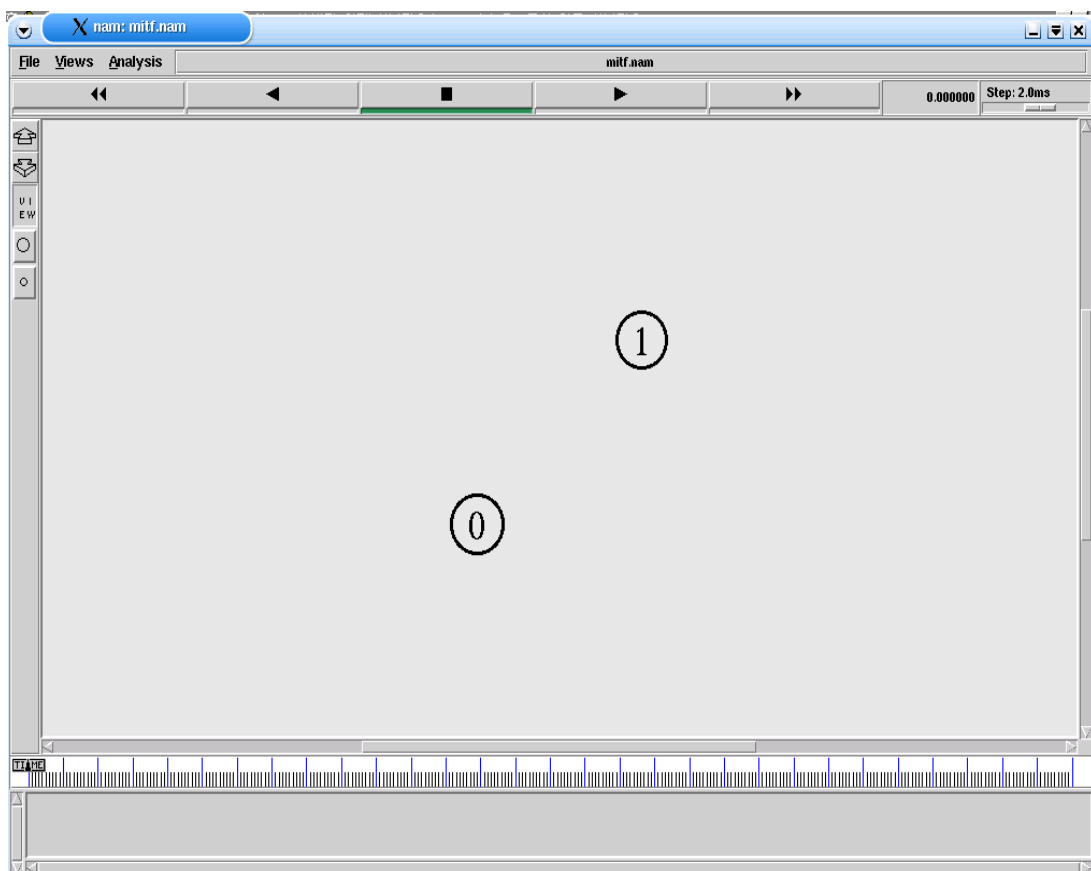


<그림 6-10> BaseStationNode를 통한 무선 노드(4)로의 패킷 전송

<그림 6-9>은 유선망을 통해 BaseStationNode로 전달된 FTP 패킷이 무선 노드(3)로 전달되고 그에 따라 ACK를 보내는 결과를 나타낸 그림이다.

<그림 6-10>는 반대로 무선 노드(4)로 FTP 패킷이 전달되는 결과를 나타낸 그림이다. 실제로 시뮬레이션 상에서는 이 두 노드로의 전송은 DCF를 통해서 동시에 이루어진다.

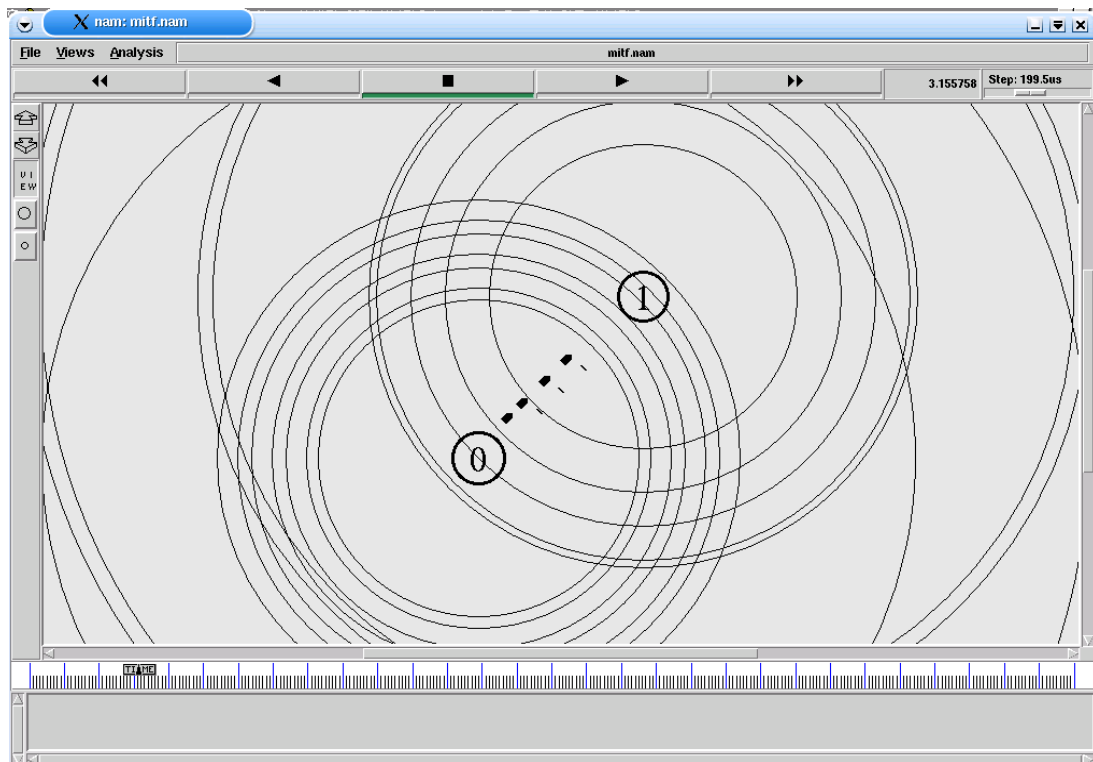
6-5-2 무선 네트워크



<그림 6-11> 시뮬레이션을 위한 무선 네트워크 구성

<그림 6-11>은 무선 노드로만 구성된 무선망에서의 패킷교환을 보이기 위한 시뮬레이션의 구성을 나타낸 것이다. 무선 노드를 구성하기 위해 네트워크 구성요소의 기본정의는 다음과 같다. 채널은 무선채널을 사용하기 위해 WirelessChannel을 사용하였으며 MAC Layer 는 802.11을 구현하기 위한 것이기 때문에 802_11을 파라미터로 사용하였다. 인터페이스 큐의 타입

은 기본 큐 형태인 FIFO를 취하는 DropTail을 주었으며 라우팅 프로토콜은 DSDV를 사용하였다. 앞서의 유·무선 연동 시나리오와 큰 차이를 보이지 않는다. 차이점은 유선망이 없기 때문에 WiredRouting을 OFF로 설정하였다. 망의 크기는 500 X 500 으로 구성되어 있으며 두 무선 노드간의 연결은 TCP를 기반으로 하는 FTP 애플리케이션을 사용하였다. 무선 노드간의 연결이므로 유선에서와는 달리 유선의 Link 객체를 통한 연결을 사용하지 않는다. 노드(0)이 소스가 되며 노드(1)이 패킷을 받고 ACK를 보내는 목적지 노드로서 사용되었다. 두 노드간에 연결이 시작되는 FTP의 시작시간은 3.0 이며 총 시뮬레이션 시간은 30.0이다. 이전과 같이 시뮬레이션의 결과를 NAM을 이용하여 나타내었다.



<그림 6-12> 무선 노드(0)에서 무선 노드(1)로의 패킷 전송

<그림 6-12>은 무선 노드(0)에서 무선 노드(1)로의 FTP 패킷을 전송하는 모습을 나타낸 것이다.

본 장에서는 IEEE802.11e의 기본이 되는 IEEE802.11 MAC을 NS-2로 구현하고 시뮬레이션을 한 결과를 나타내었다. 아직 IEEE802.11의 Association, PCF등이 구현되지 않았지만, 이것을 기반으로 IEEE802.15.3과 IEEE802.11e MAC을 시뮬레이션하기 위한 NS-2 모듈 개발이 필요하다.

제 7장 QoS 지원 무선 홈 네트워킹을 위한 5GHz대 주파수 이용 정책 방안

2003년 6월 9일부터 7월 4일까지 4주 동안 WRC-03 (World Radio-Communications Conference - 2003) 국제회의가 스위스의 제네바 시에 위치한 ITU (International Telecommunications Union) 빌딩에서 열렸다. WRC-03 회의는 지난 2000년 열린 이후 3년 만에 열리는 국제 주파수 분배에 관련된 국제 표준화 회의로서 국제 표준화 회의 중에서 가장 큰 회의로 알려져 있다. 전 세계적으로 140여 개 국가의 대표들이 참석하였으며 우리나라는 총 80 여명의 대표단이 본 회의에 참석하여 WRC-03 회의의 결과가 한국의 주파수 분배에 있어서 어떤 이해득실을 얻게 될 것인지를 매일 분석하고 그 결과를 파악하여 본국에 보고하였었다. 정보통신부의 전파방송관리국장을 단장으로 하는 대표단이 지난 2002년 구성되어 오랫동안 이 회의를 위해 준비하고 있었으며 본 회의의 가장 큰 관심은 DMB 서비스를 위한 주파수 분배와 위성 방송 서비스를 위한 국제간의 주파수 사용에 대한 합의였다.

본 장에서는 한국과 세계의 5GHz대 주파수 분배의 현황을 살펴보고 이 주파수대가 WRC-03 회의 이후 세계적으로 어떻게 할당되었는지에 대한 결과를 파악한 후 QoS를 지원하는 무선 홈 네트워킹 기술에 어떻게 적용할 것인지에 대해 논하였다.

제 7-1절 5GHz대 주파수 사용 현황

이미 세계 여러 국가가 사용하고 있는 5.150 - 5.350 GHz 대역과 5.470 - 5.725 GHz 대역에 대한 국제적인 주파수 분배는 지난 2002년 8월의 부산 APT 회의와 2001년 4월 제네바 회의에서 어느 정도 가닥을 잡아가고 있었지만 아직 이 주파수 대역에 대해 구체적인 할당을 하고 있지 않고 있는 상황이었으며 오직 5.725 - 5.825 GHz의 100 MHz 대역을 ISM 밴드로 활용할 수 있도록 할당하여 IEEE802.11a Wireless LAN 기술이 사용할 수 있는 상황이었다. 반면 미국과 유럽을 포함한 외국의 경우 앞의 대역을 이미 Wireless LAN 대역이 사용할 수 있도록 할당한 상태이어서 한국도

WRC-03 회의 결과에 따라 주파수를 할당한다는 방침을 정하고 5GHz 대역에 대한 ITU-R의 결과를 기다리던 터였다.

전 세계적으로 사업자가 사업용으로 특정 대역을 이용하고자 할 때, 국가 자원인 주파수 스펙트럼의 이용에 대한 대가로서 또는, 전파자원 관리와 가입자 보호 등에 비용을 충당하기 위하여 경매 등의 대가에 의한 할당이나 전파 사용료를 징수하여 필요한 비용을 충당하고 자국의 전기통신산업 발전에 사용하는 것이 보통이다. 5 GHz 주파수 분배와 할당은 현재 연구 중인 사항이나, 동 대역을 이용하고자 하는 수요가 급격히 증가할 경우, 복수 경쟁 사업자에 의한 주파수 스펙트럼의 공동 사용 및 국민 개인의 자가 사용 대역으로 할당된 주파수를 사업적으로 이용하려는 요구가 클 것으로 예상된다.

전자의 경우인 복수 경쟁 사업자에 의한 주파수 공동 사용은 현 전파법 제11조에 의한 할당으로 충분히 수용 가능할 것으로 예상된다. 그러나 후자의 경우, 국민 개인의 자가 사용 대역은 심사에 의하여 주파수가 할당된 대역으로 특정 사업자에 의한 주파수 이용 시, 전파자원 관리를 위한 비용을 징수하기 곤란하므로 다른 전파통신업무와의 형평성 문제가 제기될 수 있으며, 해당 대역 이용자 사이의 간섭·혼신과 같은 문제가 발생하기 쉬우므로 이에 대한 명확한 규정이 필요하다. 이와 같은 국제적인 주파수 분배 업무를 WRC-03 회의에서 합의를 이루어 내는 것이다.

7-1-1 미국의 5GHz대 주파수 분배 현황

미국은 1999년 9월 5GHz 주파수를 사용하는 고속 무선 LAN의 표준으로 IEEE 802.11a를 확정하였으며, U-NII(Unlicensed National Information Infrastructure) 대역인 5.15 ~ 5.35 GHz, 5.725 ~ 5.825GHz의 주파수 대역을 무선국 비허가제로 사용토록 하고 있다. 스펙트럼확산방식을 사용하는 5725 ~ 5850MHz 주파수 대역의 기술기준은 CFR 47 Part 15 Subpart C(의도적 방사체) 15.247에 기술되어 있다. 또한, 비 스펙트럼 확산 방식을 사용하는 5725 ~ 5875MHz 주파수 대역의 기술기준은 CFR 47 Part 15 Subpart C(의도적 방사체) 15.249에 나타나 있으며, U-NII 대역인 5150~ 5350MHz와 5725~5825MHz 주파수 대역의 기술기준은 CFR 47 Part 15 Subpart E(U-NII) 15.407에 규정되어 있다. 당해 규정들을 살펴보면 미국의 경우 공중선전력 및 스푸리어스방사 항목만을 규정하고 있다.

<표 7-1> 미국의 소출력 무선기기 관련 기술기준

방식 항목	주파수 허용 편차	공중선 전력	점유 주파수 대역폭	스푸리어스발사
스펙 트럼 확산 방식	규정값 이 없음	<ul style="list-style-type: none"> 주파수 호핑방식 : 1W 직접 확산방식 : 1W 	규정값 없음	<ul style="list-style-type: none"> 5725~5850MHz대역에서 동작하는 송신기 : 960MHz이상 동작대역외의 주파수 대역에서는 500μV/m@3m이하
비스펙 트럼 확산 방식	규정값 이 없음	규정값이 없음	규정값 없음	<ul style="list-style-type: none"> 5725~5875MHz대역에서 동작하는 송신기 : 960MHz이상 동작대역외의 주파수 대역에서는 500μV/m@3m이하
U-NII 대역 장비	규정값 이 없음	<ul style="list-style-type: none"> 5150~5250MHz 대역 : 50mW이하 또는 4dBm + 10logB* 5250~5350GHz대역 : 250mW이하 또는 11dBm + 10logB* 5725~5825MHz 대역 : 1W이하 또는 17dBm + 10logB* 	규정값 없음	<ul style="list-style-type: none"> 5150~5250MHz대역과 5250 ~ 5350MHz 대역에서 동작하는 송신기 : 5150~5350MHz대역 밖에서 -27dBm(EIRP)이하 5725~5825MHz 대역에서 동작하는 송신기: 5825<f<5835MHz 또는 5715 < f < 5725 MHz에서는 -17dBm/MHz(EIRP) 이하, f>5835 또는 f<5715에서는 -27dBm/MHz (EIRP) 이하 <1000MHz : 500μV/m@3m이하

7-1-2 유럽의 5GHz대 주파수 분배 현황

유럽의 ETSI는 2000년 4월에 고속 무선 LAN의 표준으로 HIPERLAN/2를 최종 확정했으며, 영국의 경우 5.15~5.25GHz를 HIPERLAN/1, 5.25~5.35GHz와 5.57~5.725GHz는 HIPERLAN/2 표준으로 무선국 비허가제로 사용토록 하고 있으나 일부의 대역에 대해서 사업용으로 분배할 것을 검토 중에 있다. 5150~5300MHz 주파수 대역의 HIPERLAN에 대한 기술기준은 유럽표준화기관인 ETSI의 EN 300 652(Broadband Radio Access Network(BRAN); High Performance Radio Local Area Network (HIPERLAN) Type 1; Functional specification)에 있다.

<표 7-2> 유럽의 맥내망 무선설비 관련 기술기준

항목 방식	주파수 허용 편차	공중선 전력	점유 주파수 대폭	스퓨리어스발사		
광대역 전송 시스템	규정 값 없음	100mW (EIRP)	규정 값 없음	• 협대역 스퓨리어스발사에 대한 송신기 제한치		
				주파수범위	동작시 제한치	대기시 제한치
				30MHz<f≤1GHz	-36dBm	-57dBm
				1GHz<f≤12.75GHz	-30dBm	-47dBm
				1.8GHz≤f≤1.9GHz 5.15GHz≤f≤5.3GHz	-47dBm	-47dBm
				• 광대역 스퓨리어스발사에 대한 송신기 제한치		
				주파수범위	동작시 제한치	대기시 제한치
				30MHz<f≤1GHz	-86dBm/Hz	-107dBm/ Hz
				1GHz<f≤12.75GHz	-80dBm/Hz	-97dBm/ Hz
				1.8GHz≤f≤1.9GHz 5.15GHz≤f≤5.3GHz	-97dBm/Hz	-97dBm/ Hz
HIPER LAN	10× 10 ⁻⁶ 이하	1W (EIRPEP)	70M Hz 이하	• 송신기 불요방사 제한치		
				주파수대역	제한치	
				30MHz ~ 1GHz	-36dBm/100kHz	
				1GHz ~ 5GHz	-30dBm/1MHz	
				5GHz ~ 5.15GHz	-33dBm/100kHz	
				5.30GHz ~ 5.45GHz	-33dBm/100kHz	
				5.45GHz ~ 26.5GHz	-30dBm/1MHz	

7-1-3 일본의 5GHz대 주파수 분배 현황

일본은 2000년 3월 5.15~5.25GHz를 광대역 무선 접속 서비스를 위하여 무선국 비허가제로 분배하였고, 5.25~5.25GHz와 5.47~5.725 GHz를 사업용 광대역 무선 접속 서비스로 할당할 것을 검토 중에 있고, 5.725~5.825GHz 대역은 무선국 비허가제로 무선 LAN을 사용할 수 있도록 하고 있다. 이와 같은 선진 각국의 움직임을 반영하여 2000년 5월에 개최된 세계전파통신회의(WRC- 2000)에서는 5GHz 대역 주파수를 차세대 무선 LAN으로 활용하는 방안을 연구하여 2003년 차기 회의에서 최종 결정기로 한 바 있다. 5170 ~ 5190MHz, 5210 ~ 5230MHz 주파수 대역의 저전력 데이터 통신시스템에

대한 기술기준이 고시되어 있다.

<표 7-3> 일본의 소출력 무선기기 관련 기술기준

방식 항목	주파수 허용편차	공중선 전력	점유주파 수 대역폭	스퓨리어스발사
5GHz대역 저전력 데이터 통신 시스템	20×10^{-6} 이하	<ul style="list-style-type: none"> 직접확산방식, OFDM방식 : 10mW/1MHz이하 AM, FM, PM : 10mW/1MHz이하 (EIRP) 	18MHz	<ul style="list-style-type: none"> < 5130MHz : 2.5μW 이하 5270 ~ 5342MHz : 0.2 μW이하 > 5342MHz : 2.5μW 이하

7-1-4 우리 나라의 5GHz대 주파수 분배 현황

<표 7-4> 한국의 소출력 무선기기 관련 기술기준

방식 항목		주파수 허용편차	공중선 전력	점유주파 수 대역폭	스퓨리어스발사
스펙트럼 확산방식	직접확산방식	50×10^{-6} 이하	10mW/1MHz 이하	26MHz 이하	-30dBm/100kHz 이하 : 5,725 ~ 5,825MHz 이외의 주파수 대역
	주파수호핑 방식	50×10^{-6} 이하	3mW 이하 (송신 공중선 계 급전선에 공급되는 전체전력을 주파수 호핑대역으로 나눈 값)	5MHz 이하 (호핑 채널당)	-30dBm/100kHz 이하 : 5,725 ~ 5,825MHz 이외의 주파수 대역
비스펙트럼 확산방식		100×10^{-6} 이하	규정값이 없음	70MHz 이하	기본주파수의 평균 전력보다 43dB 이상 낮은 값

정보통신부는 최근 스펙트럼확산방식과 기타 방식을 사용하는 5GHz대 무선설비의 기술기준을 확정하여 고시하였다. 무선설비규칙 제24조 제2항 제5호의 규정에 의하여 고시된 방송·해상·항공 및 전기통신 사업용 외의 기타 업무용 무선설비 기술기준(정보통신부고시 제2001-67호) 중 제3장(허가

받지 아니하고 개설할 수 있는 무선국의 무선설비) 제5조(특정 소출력 무선 국용 무선설비) 제4호(무선 데이터 통신 시스템 및 무선 LAN용 특정 소출력 무선기기)에 당해 내용이 규정되어 있으며 이 사항을 <표 7-4>에 나타 내었다.

WRC-03 이전의 국내·외 5 GHz 대역 주파수 분배현황이 <그림 7-1>에 나타나 있다.

국제 분배	항공무선항행 고정위성	무선표정 지국탐사위성 우주연구	항공무선항행 지구탐사위성 무선표정	무선항행 무선표정	해상무선항행 무선표정	무선표정 아마추어 우주연구	무선표정 아마추어 아마추어위성
미 국	U-NII (200 MHz)						U-NII (100 MHz)
영 국	HIPERLAN (200MHz)			HIPERLAN (80 MHz)		HIPERLAN (155 MHz)	
일 본	BMAS (100MHz)	추가 분배 검토 중		추가 분배 검토 중			무선 LAN (100 MHz)
한 국							
	위성통신	레이다	항공무선 항행	무선 항행	레이더 기상청, TV 중계		무선 LAN (100 MHz)
MHz	5150	5250	5350	5470	5550	5570	5725 5825

<그림 7-1> WRC-03 이전의 국내·외 5GHz 주파수 분배현황

제 7-2절 WRC-03 회의 결과

WRC-03의 회의에서는 5.150 - 5.725 GHz 대역에서 이동 및 고정, 지구 탐사 (EESS: Earth Exploration Satellite Service) 및 우주 연구 (SRS: Space Research Service), 무선 표정의 1차 업무 분배 및 Upgrade가 각국의 이견을 조정하여 마무리되었으며 Radio Regulation의 Article 5 주파수 분배 표 및 관련 Footnote를 추가하고 수정하였다. 그리고 새로운 Resolution [COMM5/16] (WRC-03)이 신설되었다.

Resolves 1의 경우 이동업무인 RLAN을 1차 업무로 분배 결정하였다. 이를 표로 나타내면 <표 7-5>와 같다.

<표 7-5> Resolves 1의 결과

주파수 대역	출력 (최대 eirp)	사용 범위	사용 제한	비고
5.150 - 5.250 GHz	200mW (10mW/MHz or 0.25 mW/25KHz)	실내	FSS 위성수신기 보호 권고 S.1426 준수	
5.250 - 5.350 GHz	200mW (10mW/MHz) or 1W(50 mW/MHz)	실내 외	EESS (Active) 보호 권고 SA.1166, SA.1632, M.1652 준수	안테나 Mask or 공유기술 (DFS, TPC)
5.470 - 5.725 GHz	1W(50 mW/MHz) 250mW (공중선 전력)	실외	무선 표정(Radar) 보호 권고 M.1652 준수	공유기술 (DFS, TPC)

참고: eirp는 공중선 전력 + 안테나 이득 (DBi)을 의미하며 현재 노트북 랜 카드 무선 단말기의 안테나 이득은 0dBi를 사용함.

Resolves 2의 경우 Region 3에 고정 업무 (FWA: Fixed Wireless Access)를 분배하기로 결정하였다.

<표 7-6> Resolves 2의 결과

주파수 대역	출력 (최대 eirp)	사용 범위	사용 제한	비고
5.250 - 5.350 GHz	2W 안테나 이득: 10, 15dBi	실외 (접대점 또는 접대 다점)	EESS, SRS (Active) 보호 권고 M.1613 준수	일본, 한국 포함 아시아 12개국 Footnote 처리

Resolves 3의 경우 5.460 - 5.570 GHz 대역에 지구 탐사 (능동) 1차 업무 및 5.350 - 5.570 GHz 대역에 우주연구(능동) 1차 업무를 추가 분배하기로 결정하였다.

Resolves 4의 경우 5.350 - 5.650 GHz 대역에 무선 표정 2차업무(기존)를 1차 업무로 상향조정하기로 결정하였다.

결론적으로 WRC-03회의에서 Wireless LAN을 위한 5GHz대의 주파수 분배는 전 세계가 기대했던 대로 기존의 역무를 보호할 수 있는 DFS (Dynamic Frequency Selection) 기능과 TPC (Transmission Power Control) 기능을 탑재한 경우 5.150 - 5.350 GHz 대역과 ISM밴드를 포함하는 5.470 - 5.825 GHz 대역의 총 555 MHz 대역을 모두 이용할 수 있게 되었으며 아시아 지역인 제 3 지역에서는 5.250 - 5.350 GHz 대역을 FWA (Fixed Wireless Access) 용도로 사용하는 것에 대해 합의가 이루어져 각

국은 자국이 원하는 대로 이 주파수 대역을 활용하는 데에 합의가 이루어졌다.

제 7-3절 QoS를 지원하는 초고속 무선 홈 네트워킹을 위한 5GHz대 주파수 이용 정책 방안

무선 통신 기술을 이용하여 홈 네트워킹을 구성하면 가장 큰 장점은 기존의 벽안에 새로운 선을 설치할 필요가 없으므로 벽에 구멍을 뚫어야 할 공정이 생략되어 설치비가 줄어들고 각각의 정보가전 기기가 이동성을 보장받는다는 것이다.

이와 같은 장점으로 인하여 2.4GHz대를 이용한 IEEE802.11b 기술은 현재 세계적으로 매우 높은 시장 침투율을 이루고 있으나 사용 가능한 대역폭이 83.5 MHz에 불과하여 채널 수가 3개를 넘어갈 수 없다는 것과, 같은 대역을 Bluetooth, Home RF, 그리고 전자레인지가 사용하고 있어서 간섭을 피할 수 없는 단점이 있다. 따라서 이 제약 조건을 해소하고 총 555MHz의 보다 깨끗한 대역을 사용할 수 있는 5GHz 대역은 이 시장을 고려할 때 매우 매력적인 주파수 대역이다. 더구나 다른 역무를 보호하기 위한 방안으로 DFS와 TPC 기술의 적용이 의무화되어 있어 안전하게 사용할 수 있는 방안도 이미 마련된 상태이므로 세계적인 주파수 분배가 완료되면 한국도 이 주파수 대역을 활용한 무선 통신 시스템의 시장 활성화에 크게 기여할 것으로 기대되기 때문이다.

특히 정부는 2007년까지 천만 가구에 디지털 홈 서비스를 제공한다는 비전을 가지고 정책을 수립하고 있다. 이와 같은 숫자는 무선 통신 기술이 아니면 가능한 일이 아니며 5GHz 대역을 이용해야 가능한 일이므로 이 주파수 대역에 대한 표준화는 매우 중요한 일이었다.

한국의 무선 랜 기술은 KT와 하나로, 그리고 DACOM 등과 같은 서비스 사업자들이 공중 무선 랜 용으로 사업을 시작하면서 많은 활성화가 이루어졌으나 총 3개의 이상의 채널을 사용할 수 없는 2.4GHz 대역의 한계로 인하여 5GHz 대역의 사용에 대한 요구가 오랫동안 있어 왔다. 그러나 같은 주파수 대역을 이용하여 개인이 가정에서 사용하는 홈 네트워킹에 적용하면 매우 많은 응용 분야와 시장을 형성할 것으로 예상되므로 사업자와 가전기기 제조업체 사이에서 보이지 않는 신경전

이 있어 온 것도 사실이다.

그러나 실제로 이 대역은 555MHz의 광 대역을 사용할 수 있으며 서로 영향을 줄 수 있는 간섭을 피할 수 있는 방안이 DFS를 통해 가능하므로 서비스 사업자와 제조업체 간의 협조를 통해 국가의 중요한 자산인 주파수 자원을 함께 활용함으로써 산업 활성화에 노력한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

국제적인 주파수 분배를 담당하는 WRC 회의의 다음 일정은 2007년이다. 이 회의에서는 4G 시스템에 대한 주파수 분배가 이루어 질 예정이며 4G의 상용화는 2010년에나 이루어질 것으로 보인다. 그러나 WLAN을 이용한 4G기술의 대체 가능성도 높으므로 아직 4G에 대한 구체적인 기술 기준이 정해지기 전에 5GHz를 이용한 WLAN 기술을 이용하여 4G의 기능을 수행할 가능성을 타진해 보는 것도 5GHz대를 이용한 WLAN 시장의 활성화에 큰 도움이 될 수 있으리라 본다.

제 8 장 결 론

유비쿼터스 네트워킹 환경이란 이 세상의 모든 기기가 하나의 네트워크에 연결됨으로써 언제, 어디서나, 모든 기기와 사람이 필요한 정보를 주고받으며 우리의 생활을 더욱 더 풍요롭게 만드는 환경을 의미한다. 이와 같은 특전을 위해서는 “상시 접속”과 “브로드밴드화”, 그리고 “모든 기기의 네트워킹화”가 필수적이다. 이 세 가지 기술이 완성되면 사용자와 네트워크의 다양화 및 유통 콘텐츠의 대용량화, 그리고 네트워크에 접속되는 기기의 증대로 인하여 다양한 새로운 기술의 발전이 이루어지게 된다. 이 중 대표적인 것이 상태 감지, 위치 추적 능력의 확대가 일어나게 되며 커뮤니티의 파악이 증대하게 되고 형태지의 교환 및 공유가 가능해져서 기존의 기술로는 얻을 수 없었던 많은 새로운 시장이 창출되는 것이다.

유비쿼터스 시대에서 가장 큰 인프라는 이미 가능성을 보이며 편재되고 있는 가정 내의 기기간 통신을 위한 홈 네트워킹 시스템이 될 것이다. 이러한 관점에서 유비쿼터스 환경을 제공할 수 있는 홈 네트워킹 기술은 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

그러나 현재까지 개발되고 표준화가 이루어지고 있는 홈 네트워킹 기술들을 살펴보면 유선의 경우 높은 대역폭을 지원하지만 새로운 선을 설치해야 하는 문제가 있으며 무선인 경우 대역폭의 한계 등의 단점이 있다. 따라서 홈 네트워킹 기술이 각 가정 내에 Deploy되려면 이러한 문제점들을 어느 정도 해소할 수 있어야 한다. 조금 더 구체적으로 설명하면 유비쿼터스 네트워킹 환경은 유선을 이용한 광대역 통신망을 이용한 백본 망을 사용하여야겠지만 단말과 센서 사이에는 무선 통신 시스템일 수밖에 없다. 이와 같은 문제의 해소 방식의 중심에 WLAN 기술이 있는 것이다. IEEE802.11 위원회가 제정하고 있는 WLAN 기술은 다양한 QoS 기술과 다른 주파수 사용자와의 간섭 문제 해소 기술 등 많은 방안을 제시하고 있기 때문이다. 또한 QoS 기능과 Security 기능 등 앞으로 다가올 UWB에 의한 고속 통신 기능을 고려하면 IEEE802.15.3 기술 개발이 빨리 이루어져야 할 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 유비쿼터스 네트워크 환경 구축을 위한 요구사항을 점검하고 이러한 유비쿼터스 환경을 지원하는 무선 홈 네트워킹을 위한 QoS 보장 핵심 기술로 IEEE802.11e와 IEEE802.15.3을 연구하였다. 그리고 IEEE1394 신호를 무선으로 전송할 수 있도록 보다 나은 QoS를 위해 새로운 방안을 모색하였다.

무선 1394를 전송하는데 필요한 기술로 IEEE1394.1 브릿지 표준의 한계점을 분석하여 이를 기반으로 Multi-Portal Bridge 기술을 연구하였고, 또한 IEEE1394 데이터를 무선으로 전송하기 위해 무선 MAC 프로토콜과의 정합 기술 체계를 연구 분석하였다. 또한 무선 상에서 QoS를 제공하기 위한 새로운 기술을 개발하고 이를 검증하는데 필요한 시뮬레이션의 기반으로 NS-2를 이용한 무선 네트워크 시뮬레이션을 하였다.

본 연구를 토대로 유비쿼터스 네트워킹 환경을 지원하는 정보가전 기기의 개발과 유·무선 멀티미디어 전송관련 산업체의 기술 정보로 활용 가능할 것으로 보인다. 이로 인하여 유비쿼터스 시대를 대비한 기초 기술의 확보로 시장을 조기 확보할 수 있고, 무선 홈 네트워킹 기술의 개발로 인하여 설치가 용이하여 홈 네트워킹 기술을 사용한 가정의 확산이 빨라질 것으로 예상된다.

참 고 자 료

- [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, 21세기 일본의 정보 전략, 동방미디어, 2003.
- [4] 사카무라 켄, "유비쿼터스 컴퓨팅 - 그 실현을 위해," u-Korea Forum 창립기념세미나, pp. 5-76, u-Korea Forum 준비위원회, 전자신문사, 한국전자통신연구원, 동방미디어, 2003년 4월 15일.
- [5] 하원규, 김동환, 최남희, 유비쿼터스 IT 혁명과 제 3공간 - 물리공간과 전자공간의 융합, 전자신문사, 2003.
- [6] 노무라 총합연구소, 유비쿼터스 네트워킹과 시장창조, 전자신문사, 2003.
- [7] 노무라 총합연구소, 박우경, 김의 역, 유비쿼터스 네트워크와 신사회 시스템, 전자신문사, 2003.
- [8] 박권철, 전용일, "차세대 통합 네트워크의 구조 및 발전 전망," 한국통신학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 23 - 37, 2003년 3월.
- [9] 손진수, 이상우, 임성연, "차세대 통합 네트워크에서의 응용 서비스 제공 방안," 한국통신학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 48 - 60, 2003년 3월.
- [10] 방윤학, "KT의 통합 네트워크 구축 및 발전 방향, 한국통신학회지, Vol. 23, No. 3, pp. 38 - 47, 2003년 3월.
- [11] 이성국, "미국, 일본, 유럽의 유비쿼터스 컴퓨팅 전략의 비교론적 고찰," Telecom- munications Review, Vol 13, No. 1, pp. 16 - 26, 2003.
- [12] [http://www . research.microsoft.com/easyliving](http://www.research.microsoft.com/easyliving)
- [13] [http://cooltown/ dev/wpapers/webpres/WebPresence.asp](http://cooltown/dev/wpapers/webpres/WebPresence.asp)
- [14] [http:// www -2.cs.cmu.edu/~aura](http://www-2.cs.cmu.edu/~aura)
- [15] 박우출, 이덕필, 조위덕, "유비쿼터스 컴퓨팅," TTA Journal, 제 85호, pp. 138 - 148, 2003년 1월.
- [16] Debashis Saha, and Amitava Mukherjee, "Pervasive. Computing: A Paradigm for the 21st Century," IEEE Computer, pp. 25 - 30, 2003.
- [17] IEEE Std. 1394-1995, Standard for a High Performance Serial Bus
- [18] ISO/IEC 13213:1994, Control and Status Register (CSR) Architecture for Micro- computer Buses

- [19] IEEE Project P1394a, Draft Standard for a High Performance Serial Bus (Supplement)
- [20] IEEE1394 Project P1394b, Draft Standard for a High Performance Serial Bus (Supplement)
- [21] IEEE P802.11e/D6.0: Draft Amendment to STANDARTD FOR Telecommunications and Information Exchange Between Systems LAN/MAN Specific Requirements – Part 11: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications: Medium Access Control(MAC) Quality of Service(QoS) Enhancements
- [22] Draft P802.15.3/D17: Draft Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems LAN/MAN Specific Requirements – Part 15.3: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Network(WPAN)
- [23] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>