creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

Disclaimer

dCollection

공학석사 학위논문

Wi-Fi 인터넷서비스 확장을 위한 HFC기반의 유무선 통합 시스템 연구

2010년 12월

부경대학교 산업대학원

정보통신공학과

이 용 찬

공학석사 학위논문

Wi-Fi 인터넷서비스 확장을 위한 HFC기반의 유무선 통합 시스템 연구

지도교수 김 성 운

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2010년 12월

부경대학교 산업대학원

정보통신공학과

이 용 찬

이 논문을 이용찬의 공학석사 학위논문으로 인준함

2010년 12월 일

주　　심　　공학박사　　박 규 칠　(印)

위　　원　　공학박사　　주 문 갑　(印)

위　　원　　공학박사　　김 성 운　(印)

목 차

I. 서론 1

II. HFC 기반 무선 인터넷서비스 확장에 따른 문제점 분석 4

1. HFC 기반 유무선 인터넷서비스 4

2. Wi-Fi 인터넷서비스 현황 9

가. 표준화 현황 9

나. 서비스 현황 10

3. HFC기반 유무선 통합환경에서 Wi-Fi 인터넷서비스 확장의 문제점 13

III. HFC 기반의 2.4GHz 및 5GHz Wi-Fi 인터넷 서비스를 위한 Smart-AP 시스템 제안 15

1. 제안된 Tap-off 일체형 Smart-AP 시스템 구조 . 15

2. Smart-AP를 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조 .. 21

IV. 시험 및 서비스 성능평가 25

1. 2.4GHz 대역과 5GHz 대역 시험 및 성능분석 25

가. 성능 기준..... 25
나. 시험 환경..... 27
다. 현장 시험망 구성도..... 28
라. 평가 결과 및 성능 분석..... 32

2. 5Ghz Indoor환경에서 Smart-AP 성능평가..... 35

가. 시험 환경..... 35
나. 현장 시험망 구성도..... 36
다. 평가 결과 및 성능 분석..... 40

V. 결론.....42

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

그 림 목 차

[그림 2-1] 무선망 환경 Wi-Fi 서비스 시스템 구성도 6

[그림 2-2] 유무선망 통합 환경 Wi-Fi 서비스 시스템 구성도 6

[그림 2-3] Wi-Fi 서비스 채널 및 주파수 할당 7

[그림 2-4] HFC 기반 유무선 통합망 구조 8

[그림 3-1] 일반 Tap-off 와 Tap-off 일체형 Smart-AP 비교 16

[그림 3-2] Tap-off 일체형 Smart-AP 시스템 세부 구조도 17

[그림 3-3] Cable Modem(케이블모뎀) 구성도 19

[그림 3-4] WLAN AP 구성 블록도 20

[그림 3-5] Tap-off 일체형 Smart-AP 장비 형상도 및 재원 20

[그림 3-6] 2.4Ghz 대역 Tap-off 일체형 Smart-AP 적용 HFC 기반 유무선 통합망 구조 22

[그림 3-7] 5Ghz 대역 Tap-off 일체형 Smart-AP 적용 HFC 기반 유무선 통합망 구조 24

[그림 4-1] Tap-off 일체형 Smart-AP 적용 현장 망 개념도 29

[그림 4-2] 부경대학교 정문앞 시험망 구성도(2.4Ghz 대역) 30

[그림 4-3] 연산동 시험망 구성도(2.4Ghz 대역) 31

[그림 4-4] 부경대학교 정문앞 시험망 구성도(5Ghz 대역) 32

[그림 4-5] Indoor Smart-AP 현장 시험망 구성도 37

[그림 4-6] 부경대학교 앞 Tap-off 일체형 Smart-AP 와 Indoor Smart-

AP의 현장 시험망 구성 38

[그림 4-7] '이영 미용실' Indoor Smart-AP의 설치 환경 38

[그림 4-8] 연산로터리 Tap-off 일체형 Smart-AP와 Indoor Smart-AP의 현장 시험망 구성 39

[그림 4-9] 'T_WORLD' 매장 Indoor Smart-AP의 설치 환경 39

Hotspot point Indoor

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

표 목 차

[표 2-1] IEEE 802.11 표준 10

[표 2-2] 국외 Wi-Fi H 서비스 현황..... 11

[표 3-1] 국내 Hotspot 현황 12

[표 4-1] 혼용모드별 최소 제공 속도 성능 기준 26

[표 4-2] RSSI(수신신호강도) 성능 기준..... 27

[표 4-3] 부경대 정문 앞 Tap-off 일체형 Smart-AP 위치별 측정값..... 33

[표 4-4] 연산로터리 Tap-off 일체형 Smart-AP 위치별 측정값 34

[표 4-5] 부경대 정문 앞 Tap-off 일체형 Smart-AP point 별 측정값
(5.8GHZ 대역)..... 35

[표 4-6] Indoor Smart-AP 의 측정값 40

A Study on the Integrated Wire and Wireless Systems based on HFC for Extending Wi-Fi Internet Services

Yong-Chan Lee

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

Abstract

In this dissertation, we propose the implementation of an integrated wire and wireless systems based on HFC (Hybrid Fiber and Coaxial) networks for extending Wi-Fi(Wireless-Fidelity) Internet services. And the performance evaluation of the suggested integrated systems is also given.

In order to implement the proposed systems, the function of the Smart-AP (Access Point) which is composed of the cable modem combined with local wireless AP is developed, and then we design the network configuration of the proposed integrated wire and wirvieless networks based on HFC networks for providing Wi-Fi Internet services in the environments of 2.4GHz (IEEE 802.11b/g/n) and 5.8GHz (IEEE802.11a/n).

Experimental results show the efficiency of the proposed scheme in the aspects of service speed performance and service area extension. Eventually we expect that the suggested sytem would contribute to satisfy user needs for various Wi-Fi Internet services.

Ⅰ. 서 론

초고속 인터넷서비스 중 하나인 Wi-Fi(Wireless-Fidelity) 인터넷 서비스를 위한 대표적인 접근망 기술은 HFC(Hybrid Fiber Coaxial)와 xDSL(Digital Subscriber Line and its variations) 기술을 활용하는 방법이다. 일반적으로 HFC기반 접근망 기술은 원할한 정보통신 서비스 제공에 크게 공헌하였음에도 불구하고 기존 케이블망의 인프라를 재활용하여 발전한 통신 매체이기 때문에, 접근망 관련 기술과 계속 진화하는 망 장비 기술을 기반하는 xDSL 기술을 활용하는 방법보다 주목을 받지 못했다[1- 3].

그러나 외국의 경우 초고속 인터넷서비스 제공을 위해 xDSL 접근망 기술 활용보다 HFC 접근망을 이용한 초고속인터넷 가입자가 월등히 많은 데, 특히 미국의 경우 HFC 접근망 기술 사용자가 xDSL 접근망 기술 사용자의 2 배가 넘는다 [4-5].

한편 디지털 방송서비스가 보급되면서 방송과 통신이 서로 융합됨으로인해 광대역 케이블망을 이용하는 HFC 접근망 기술은 기존의 통신시스템 및 망설비를 활용하여 양방향 IPTV(Internet Protocol Television) 방송 서비스는 물론이고, 인터넷, 전화 등 다양한 신규 서비스를 제공하는 스마트한 통신망 접근 기술로 여겨지고 있다.

다른한편으로 2000 년대 초반부터 이동통신 서비스가 2G 서비스에서 3G 서비스로 전환되기 시작하면서, 3G 서비스는 기존의 음성 가입자 기반을 유지하면서 이동 서비스 영역 확대를 통한 새로운 서비스의 도입이 필요하여 무선인터넷 기술이 개발되었다. 특히 Wi-Fi 접근망 기술은 다른 종류의 이동통신 서비스와 별도의 주파수 할당 및 사용에

대한 승인을 받지 않고도 무선 인터넷 서비스를 제공할 수 있다는 장점 때문에 각종 단말기기에 해당 기능을 탑재함으로써 인터넷 서비스가 가능하다[6-7].

결과적으로 망 인프라 환경이 풍부한 HFC 유선 환경 기반에서 무선 AP(Access Point) 기술을 활용한 유무선 통합 환경에서의 Wi-Fi 인터넷 서비스는 유무선 환경을 통합하는 형태로 시스템이 구축됨으로써 기존의 무선 접속망의 단점인 서비스 속도를 해결하고, 또한 HFC 기반의 유선 환경에서의 단점인 이동성관련 확장성의 문제를 보완하여 Wi-Fi 인터넷 서비스의 질을 높일 수 있다. 그러나 이러한 환경 제공을 위해 기존에 활용하던 AP 측에서 사용되는 모뎀과 tap-off 는 기능별로 분리되어 구현되었고, 또한 별도의 전원을 사용하고, 그리고 설치장소와 이더넷 케이블 및 전원의 포설 문제등으로 확장성 및 서비스 거리 확장에도 상당한 문제점을 내포하고 있다.

본 논문에서는 HFC 기반의 유무선 통합망 환경에서 Wi-Fi 인터넷 서비스의 확장을 위해 위에서 언급한 문제점을 해결하는 HFC 기반의 유무선 통합 시스템 구현 및 성능 평가에 대한 내용을 기술한다.

먼저 통합망 구성을 위해 HFC 망에서 많이 활용하는 tap-off 에 케이블 모뎀과 무선 근거리 AP 기능을 결합한 Smart-AP 기능을 제안한다. 그리고 Smart-AP 의 인근에 위치한 각종 유무선 근 거리망 단말기들 즉, 스마트폰과 랩톱 및 데스크톱 등을 통해, 무선으로 인터넷에 접속하여 무선 인터넷 서비스 표준인 2.4GHz(IEEE 802.11b/g/n)와 5.8GHz(IEEE 802.11a/n) 서비스를 제공하는 망 구성을 제안한다.

다음으로, 제시한 통합망을 통해 제공되는 서비스의 성능 평가를 위해 실제 현장 환경에서 테스트베드를 구축하고, 해당 서비스 품질 기준 제시와 이 기준에 따른 품질 성능 평가를 통해 제안된 방법의 성능 품질이 우수함과 확장성 제공이 가능함을 확인한다.

본 논문의 2 장에서는 HFC 기반 유무선 통합망 환경에서 Wi-Fi 인터넷 서비스 확장의 문제점을 분석하고 또한 이러한 문제점을 해결하기 위해 Tap-off 일체형 Smart-AP 개념을 제시한다. 그리고 3 장에서는 Tap-off 일체형 Smart-AP 개념에 기반하여 개발된 Tap-off 일체형 Smart-AP 구조를 기술하고, 또한 이러한 Smart-AP 를 적용하여 HFC 기반 통합망 기반에서 2.4GHz 및 5GHz Wi-Fi 서비스를 위한 망 시스템을 제안한다. 또한 본 논문의 4 장에서는 Tap-off 일체형 Smart-AP 를 적용한 HFC 기반의 유무선 통합망 환경에서 제안 시스템의 성능평가를 위한 현장 테스트베드 구축내용과 성능평가 결과를 서술한다. 마지막으로 5 장에서는 본 연구의 결론과 향후 연구 방향을 기술한다.

Ⅱ.HFC 기반 무선 인터넷서비스 확장에 따른 문제점 분석

본 장에서는 HFC 기술에 기반하여 기존에 사용되던 무선 Wi-Fi 서비스 시스템의 정의과 구성을 설명하고, 이러한 환경에서 Wi-Fi 서비스 확장 및 서비스 제공속도 등의 문제점 분석과 이를 해결하기위한 Smart-AP의 요구사항을 기술한다.

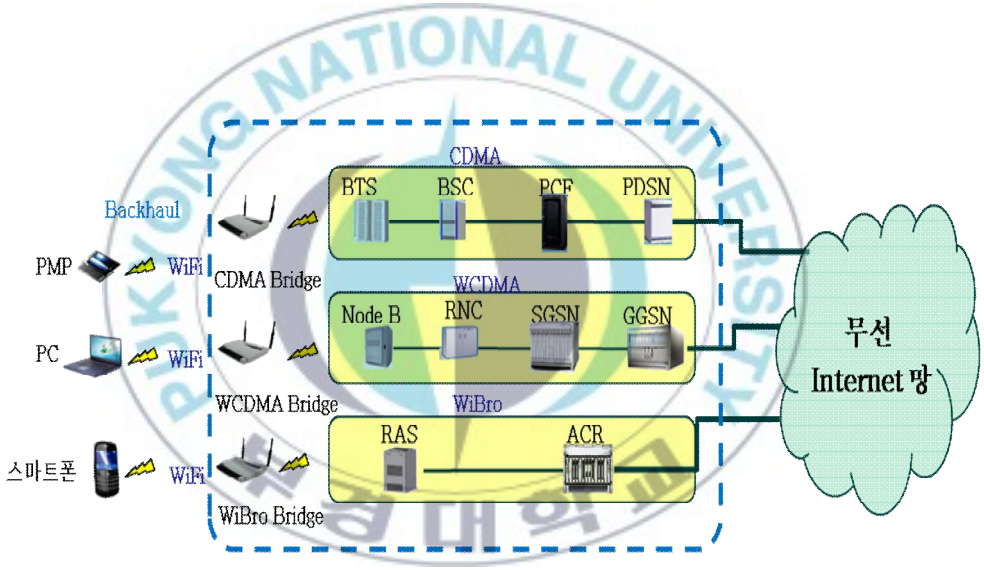
1.HFC 기반 유무선 인터넷서비스

Wi-Fi 무선 인터넷서비스는 무선접속장치인 AP가 설치된 장소를 중심으로 일정 거리 이내에서, PDA(Personal Digital Assistant), 랩톱, 데스크톱 그리고 스마트폰 등에 Wi-Fi 기능을 장착한 무선 LAN(Local Area Network) 카드를 활용하여, 홈 네트워킹, 휴대전화, 비디오 게임등 무선 인터넷서비스들을 제공하는 기술이다. 아울러 특정 장소에 고정하여 사용하는 랩톱 컴퓨터의 발전과 휴대 및 이동성이 높은 스마트폰 그리고 태블릿 컴퓨터의 등장으로, PDA, 랩톱, 데스크톱, 스마트폰을 통한 Wi-Fi 인터넷서비스 요구가 급격하게 팽창되는 추세이다[8-9].

일반적으로 Wi-FI 인터넷 서비스의 사용자 수가 증가함에 따라 서비스 사업자들은 Wi-Fi 인터넷 서비스의 확장을 위해 보다 많은 Wi-Fi 존을 확보하려고 노력한다. 결과적으로 Wi-Fi 존의 설치 개수에 치중하다 보니 실제 사용자가 만족하는 효율적인 서비스를 위한 존 구성이나 해당 존

내에서 많은 사용자로 인한 트래픽 폭주로 서비스 품질 등의 측면에서 많은 문제점이 야기되었다.

이러한 문제점을 해소하기 위해 무선망 환경에서 [그림 2-1]과 같이 서비스를 제공하는 방법을 시작으로하여 [그림 2-2]와 같은 유무선 영역 기술이 정합된 환경에서의 인터넷서비스로 진화되어, 사용자가 요구하는 속도에 대한 체감 품질 개선 및 트래픽 병목 현상을 해결하는 형태로 발전되어 가고 있다.

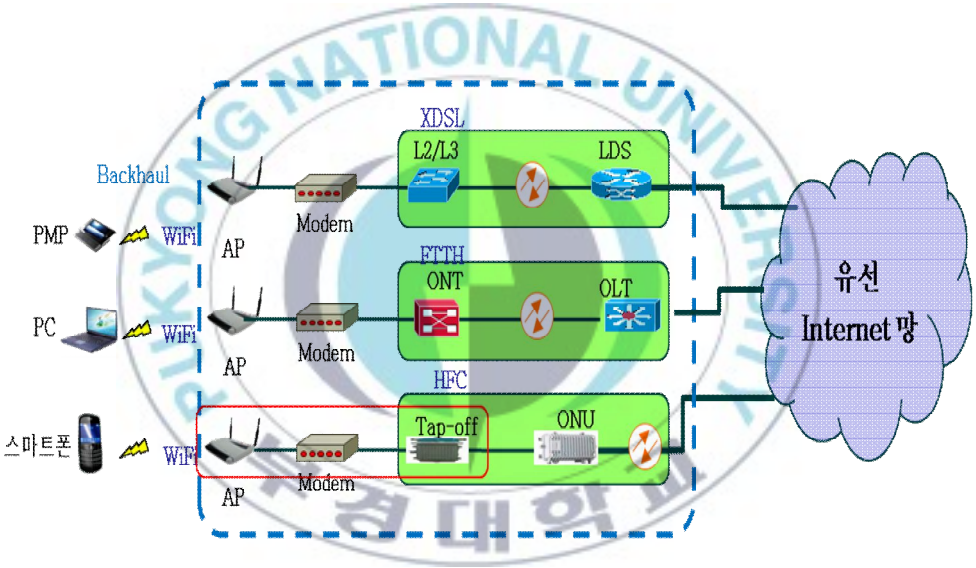


[그림 2-1] 무선망 환경 Wi-Fi 서비스 시스템 구성도

[그림 2-1]은 무선망 환경에서의 Wi-Fi 인터넷서비스를 위한 망 구성도이고, [그림 2-2]는 유선 접근망과 무선 Wi-Fi 접근망 기술을 정합한 유무선 통합환경에서의 Wi-Fi 인터넷서비스를 위한 망구성도이다.

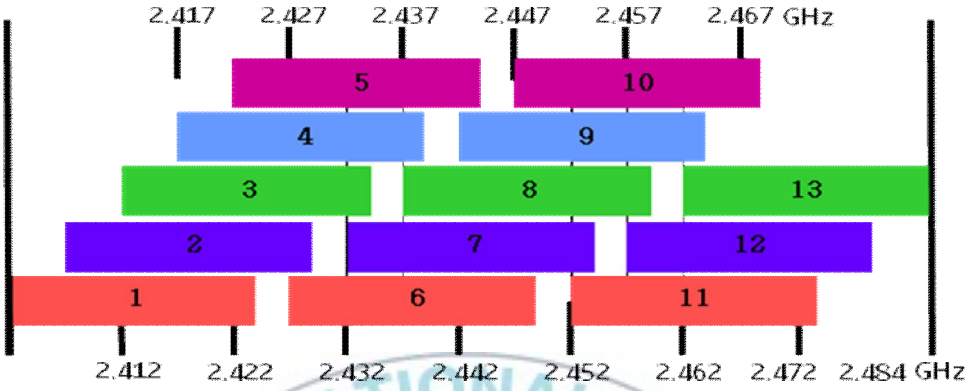
무선망 환경에서는 WiBro(Wireless Broadband), CDMA(Code Division Multiple Access), WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)

기술을 활용하여 각각의 서비스에 적합한 AP를 활용한 인터넷서비스를 하고 있으며, 유무선 통합환경에서는 인터넷 접근기술인 xDSL, FTTx(Fiber To The X), HFC 망기술을 활용하여 유선망의 고품질 서비스를 좀더 확장된 영역으로 까지 범위를 넓힘으로써 효율적인 Wi-Fi 존을 구성하여 인터넷 서비스를 하고 있다. 일반적으로 Wi-Fi 인터넷서비스에 대한 사용자의 체감 품질속도는 무선망 기반의 경우 1Mbps~14Mbps의 속도가 제공되지만 유무선 통합환경의 경우 5Mbps~24Mbps의 속도로 향상된다.



[그림 2-2] 유무선망 통합환경 Wi-Fi 서비스 시스템 구성도

일반적으로 무선 Wi-Fi 서비스는 2.4GHz 대역을 사용하며 채널별 구성은 [그림 2-3]과 같다. 그림에서와 같이 총 83.5MHz 대역 내에서 13개의 중첩되는 채널을 사용하며, 각 채널 대역폭은 22MHz이며, 상호 간섭이 없는 비중첩 채널 3개(채널 1, 6, 11)와 일부 중첩이 되지만 상호 간섭 영향 매우 적은 채널(1, 5, 9, 13)이 좋은 품질의 서비스를 제공하는 채널로 활용된다.

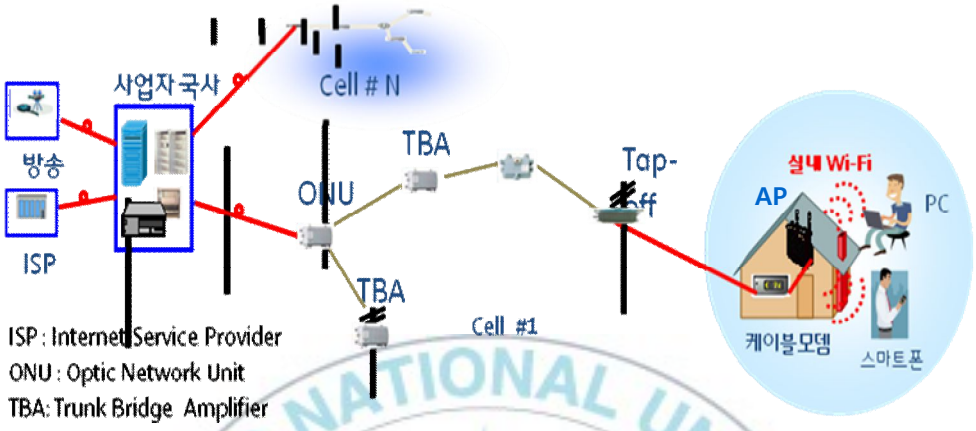


[그림 2-3] Wi-Fi 서비스 채널 및 주파수 할당

특히 Wi-Fi 접속기술은 다른 종류의 이동통신 서비스와 별도의 주파수 할당 및 주파수 사용에 대한 승인을 받지 않고도 무선 인터넷 서비스를 제공할 수 있다는 장점 때문에 각종 단말기기에 해당 기능을 탑재함으로써 무선 인터넷 서비스가 가능하다.

결과적으로 망 인프라 환경이 풍부한 HFC 유선 환경을 기반으로 무선 AP를 활용한 무선 환경으로의 확장된 영역에서 개선된 품질 속도로 Wi-Fi 인터넷서비스는 유무선 환경을 통합하는 형태로 시스템이 구축됨으로써, 기존의 무선 접속망의 단점인 서비스 속도를 해결하고, 또한 HFC기반의 유선 환경에서의 단점인 이동성관련 확장성의 문제를 보완하여 Wi-Fi 인터넷서비스의 질을 높일 수 있다.

다음 [그림 2-4]는 유무선 통합환경인 HFC 기반에서의 Wi-Fi 인터넷서비스를 제공하기위한 망 구성도이다.



[그림 2-4] HFC 기반 유무선 통합망 구조

[그림 2-4]는 HFC 기반에서 유선 광케이블망 환경을 활용한 대용량의 백본망과 서비스의 안정성을 고려한 동축케이블망 및 무선 이동성을 제공하는 Wi-Fi 기술을 인프라로 활용하는 구조이다. 즉 HFC 분배센터(사업자 국사)에서 ONU(Optic Network Unit)까지는 광으로 연결되며, ONU에서 TBA(Trunk Bridge Amplifier)를 거쳐 Tap-off와 Wi-Fi 존의 케이블모뎀까지는 동축 케이블로 연결된다. 또한 케이블모뎀에서 AP(Access Point) 까지는 UTP(Unshielded Twisted Pair) 케이블로 연결되어 사용자의 랩톱, 스마트폰에 무선으로 인터넷서비스를 제공한다.

핵심적인 장비인 케이블모뎀은 100Mbps의 이상의 하향 속도를 제공하는 WCMTS(Wideband Cable Modem Termination System)와 WCM(Wideband Cable Modem) 장비들을 사용하고 있다. 결과적으로 [그림 2-4]와 같이 구성된 통합망 구조에서 유선 환경 확장 중심으로 서비스를 제공하므로 국지적으로 환경적인 확장성에는 문제가 발생되나,

이동성 측면 확장성 제공과 존 구성의 효율성 제공 등으로 무선만을 사용한 접속망에서의 단점인 속도 품질 개선 및 트래픽 병목 현상 발생 문제점 등을 해결할 수 있다.

2. Wi-Fi 인터넷서비스 현황

가. 표준화 현황

2000년대 초반부터 이동통신 서비스가 2G서비스에서 3G서비스로 전환되기 시작과 더불어 3G 서비스는 기존의 음성 가입자 기반을 유지하면서 이동 서비스 영역 확대를 통한 새로운 서비스인 무선인터넷 기술이 도입되었다. 특히 Wi-Fi 접근 기술은 다른 종류의 이동통신 서비스와 달리 별도의 주파수 할당 및 사용에 대한 승인을 받지 않고도 무선 인터넷서비스를 제공할 수 있다는 장점 때문에 각종 단말기기에 해당 기능을 탑재함으로써 확장된 인터넷 서비스가 가능하다. 관련 기술 표준인 2.4GHz(IEEE 802.11b/g/n)와 5.8GHz(IEEE 802.11a/n)등은 IEEE802.11 워킹그룹에서 개발되었다[10].

IEEE802.11 워킹그룹은 좁은 영역에서 컴퓨터통신을 위한 무선망에서 사용되는 기술을 표준화하는 그룹으로 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 미국 전기전자학회)의 802 연구반의 11번째 워킹 그룹이다. 일반적으로 IEEE802.11은 방식에 따라 인프라 방식과 애드혹방식으로 나뉜다. 일반적으로 사용하는 AP를 이용하여 서버-클라이언트로 통신하는 방식이 인프라 방식이고, AP없이 통신하는 방식은 애드혹(Ad-Hoc)방식이라고 한다.

IEEE802.11 워킹그룹의 Wi-Fi 인터넷서비스를 위한 표준은 내부적으로 b, a, g, n등의 4가지 기술로 나누어지고 주요 기술 특성은 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] IEEE 802.11 표준

구분	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n
승인연도	1999	1999	2003	2007
주파수	5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4/5GHz
최대전송속도	54Mbps/s	11Mbps/s	24/54Mbps/s	300Mbps/s
유효전송속도	54Mbps/s	5Mbps/s	54Mbps/s	180Mbps/s
커버리지	-	100m	100m	210~300m
기타	저속	무선랜전용	호환성우수	MIMO

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

나. 서비스 현황

2010년 1월 기준으로 전세계 139개 활용 국가의 Wi-Fi서비스가 가능한 지역은 총 289,834개로 상위 10개 국가의 순위를 살펴 보면 [표 2-2]와 같이 미국, 중국, 영국 상위를 차지하고 있으며 그중 한국은 7번째에 위치한다. 전세계적으로 가장 많은 Wi-Fi 서비스를 제공하는 미국은 온라인 인구의 20% 이상이 Wi-Fi를 이용하고 있으며, 2009년 이후에는 모든 랩톱 컴퓨터와 스마트폰 등에 Wi-Fi 기능이 탑재되었다. 그리고 2004년부터 2009년까지 전세계 Wi-Fi 서비스 성장률은 425% 에

달한다[11-14].

[표 2-2] 국외 Wi-Fi Hotspot 서비스 현황

상위 10개국			상위 10개 도시(미국)			상위 10개 장소		
순위	국명	수	순위	도시	수	순위	장소	수
1	미국	69,757	1	뉴욕	883	1	호텔/리조트	65,701
2	중국	35,115	2	샌프란시스코	870	2	기타	51,086
3	영국	28,041	3	시카고	798	3	카페	41,710
4	프랑스	26,283	4	휴스턴	641	4	레스토랑	41,702
5	독일	14,759	5	시애틀	609	5	공공장소	22,874
6	러시아	14,700	6	LA	511	6	가게	15,525
7	한국	12,815	7	애틸란타	463	7	오피스텔	10,232
8	일본	11,833	8	샌디에고	448	8	핫존	6,634
9	스웨덴	7,124	9	샌안토니오	428	9	선술집	5,206
10	스위스	5,485	10	오스틴	425	10	공항	3,368

한편 국내에는 [표 2-3]과 같이 2010년 1월 현재 12,815개의 Wi-Fi Hotspot 이 존재하며 서울특별시, 경기도, 경상북도가 상위에 위치한다. 그 내용을 분석하면 통신 사업자 보유 Wi-Fi 165만개, 사설로 설치된 것 315만개 등 500만여개 사이트가 보급되어 있다. 그리고 국내 무선랜 장비시장은 802.11n 제품의 보급 확대와 메쉬 망 장비 공급의 확대로 2013년까지 연평균 19.8%의 성장세를 나타냄으로써 2013년말에는 약 1,692억원 규모가 예

상된다[11- 14].

[표 2-3] 국내 Hotspot 현황

순위	해당 지역	Hotspot 수	비율(%)
1	서울특별시	2,750	21.5
2	경기도	1,969	15.4
3	경상북도	1,030	8
4	대구광역시	989	7.7
5	인천광역시	923	7.2
6	부산광역시	902	7
7	경상남도	713	5.6
8	강원도	607	4.7
9	전라북도	596	4.7
10	충청북도	529	4.1
11	충청남도	509	4
12	대전광역시	441	3.4
13	전라남도	430	3.4
14	제주도	246	1.9
15	울산광역시	179	1.4
	합계	12,813	

서비스 사업자들의 Wi-Fi 사업은 KT의 넷스팟서비스와 같이 가입자를 대상으로 한 유료서비스 제공을 통해 수익을 창출하는 가입자 기반모델과 이동통신사와 까페, 패스트푸드점, 서점 등 외부사업자와의 파트너십 구축을 통해 새로운 가치를 창출하는 비즈니스 파트너십 기반 모델로 진화되고있다.

KT는 올해 넷스팟 설치지역을 전년도의 4~5배까지 확대하고 있으며, SKT는 한때 철수했던 Wi-Fi사업을 재개하면서 자사 가입자가 아니어도 Wi-Fi 탑재 기기를 통해 무료로 사용할 수 있게 한다는 개방형 정책을 통해 KT와 경쟁 관계에 있다. 한편 통합 LG U+도 LG데이콤이 설치한 160만개의 가정용 AP와 함께 야외에 핫스팟을 설치해 무선랜 가능 지역을 대폭 확대하고 있다.

3. HFC 기반 유무선 통합망 환경에서 Wi-Fi 인터넷서비스 확장의 문제점

[그림 2-1]에 해당하는 무선망 환경에서의 Wi-Fi 인터넷서비스는 확장성 측면에서 우수하다는 장점이 있다. 즉 이동통신 서비스가 가능한 지리적 영역에서는 쉽게 Wi-Fi 인터넷서비스가 가능하다. 그리고 특이한 음영지역을 제외하고는 모든 장소가 Wi-Fi 존으로 구성이 가능하다. 그러나 Wi-Fi 다운링크에서의 데이터 전송 능력은 평균 2~3Mbps 정도의 속도를 제공하여 100Mbps의 속도를 제공하는 HFC기반의 유선망 환경([그림 2-2] 참조)에서의 인터넷 서비스 보다 속도품질에서 상당히 저속이다. 그리고 또 다른 문제점은 음성서비스 위주의 무선망에 모바일 데이터 트래픽의 증가를 유발하여 망의 과부하와 트래픽 병목현상으로 인한 많은 양의 트래픽 데이터 손실이 발생한다.

한편 [그림 2-2]와 같이 유선망을 기반으로 한 유무선 통합환경에서의

Wi-Fi 인터넷서비스는 대용량 및 고속의 유선망 구간을 제공하여 속도나 용량의 문제는 완벽하게 해소된다. 결과적으로 무선망 환경에서의 Wi-Fi 인터넷서비스 사용자의 증가로 인해 발생한 서비스 속도품질 저하와 트래픽 병목현상등이 HFC기반의 유무선 통합망 환경에서는 효과적으로 해결된다.

[그림 2-2]와 같이 HFC기반의 유무선 통합환경에서의 Wi-Fi 인터넷서비스는 무선망 환경에서의 Wi-Fi 인터넷 서비스의 단점인 사용자가 원하는 체감 속도와 트래픽의 병목으로 인한 서비스 품질 저하의 문제는 해소하지만, 모든 유선 인터넷망의 단점인 이동성과 확장성은 여전히 문제가 된다. 왜냐하면 이러한 환경 제공을 위해 기존에 AP측에서 사용되는 모뎀과 tap-off는 기능별로 분리되어 구현되었고, 또한 별도의 전원을 사용하고, 그리고 설치장소 및 이더넷 케이블 및 전원의 포설 문제등으로 확장성 및 서비스 거리 확장에 상당한 문제점을 내포하고 있다.

본 논문에서는 HFC 기반의 유무선 통합 환경에서 Wi-Fi 인터넷서비스의 확장을 위해 HFC 기반으로 개선된 유무선 통합망을 구현하기위해 Tap-off 일체형 Smart-AP 시스템 구현 및 성능 평가를 제안한다. 먼저 통합망 구성을 위해 HFC 망에서 많이 활용하는 tap-off에 케이블 모뎀과 무선 근거리 AP 기능을 결합한 Smart-AP 시스템 기능을 제안한다.

그리고 Smart-AP의 인근에 위치한 각종 유무선 근거리망 단말기들 즉, 스마트폰과 랩톱 및 데스크톱 등을 통해, 무선으로 인터넷에 접속하여 무선 인터넷 서비스 표준인 2.4GHz(IEEE 802.11b/g/n)와 5.8GHz(IEEE 802.11a/n) 서비스를 효율적으로 제공하는 망 구성을 제안한다. 또 한 현장에서 제안된 망 구성의 테스트베드 구현을 통해 현장 시험과 성능 시험을 수행하여 서비스 성능 및 확장에 대한 효과를 증명한다.

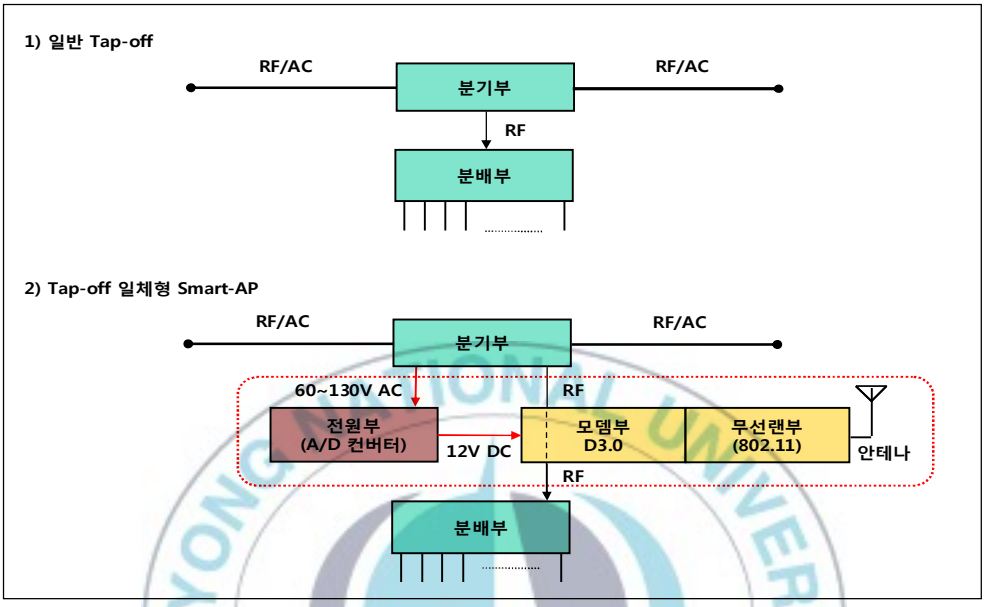
Ⅲ. HFC 기반의 2.4Ghz 및 5Ghz Wi-Fi 인터넷서비스를 위한 Smart-AP 시스템 제안

본 논문의 3장에서는 통합망 구성을 위해 HFC 망에서 많이 활용하는 RF 신호를 단순하게 분기하는 Tap-off에 케이블 모뎀과 무선 근거리 AP 기능을 결합시켜 최적화한 Smart-AP 기능을 제안한다. 이를위해 제안된 Smart-AP 구조에 대한 자세한 기술과 Smart-AP를 적용한 HFC 기반 통합된 유선과 무선 통합망 구조를 제안한다.

1. 제안된 Tap-off 일체형 Smart-AP 시스템 구조

본 논문에서 제안한 Tap-off 일체형 Smart-AP는 모뎀부와 AP부(무선랜부)로 구성된다. [그림 3-1]과 같이 기존에 활용되는 일반 Tap-off는 분기부로만 구성되어 분배부를 통한 주로 케이블TV 서비스용(인터넷서비스 포함)으로 활용되었지만, 본 논문에서 제안하는 Smart-AP형 Tap-off는 기존 일반 Tap-off의 기능뿐만 아니라 추가로 전원부, 모뎀부, 무선랜부(AP부)를 삽입하여 확장성에 융통성이 있는 형태로 무선 서비스 기능을 추가한 형태이다. 즉 기존의 케이블TV 서비스(인터넷서비스 포함)를 제공함과 동시에 무선랜부를 통해 확장된 무건 인터넷서비스를 제공한다.

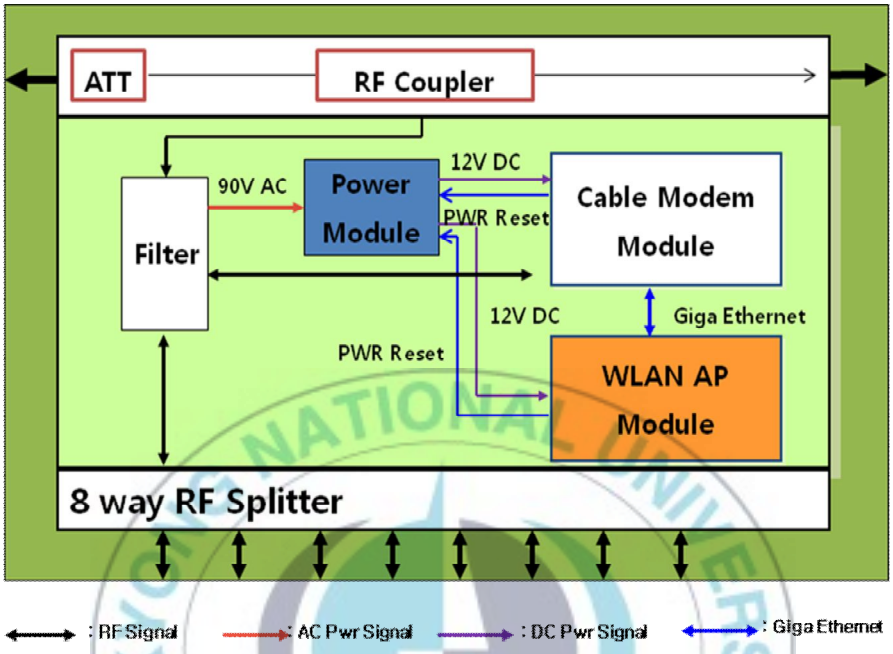
[그림 3-1]은 일반 Tap-off와 Tap-off 일체형 Smart-AP를 기능별로 상호 비교한 블록도이다.



[그림 3-1] 일반 Tap-off와 Tap-off 일체형 Smart-AP의 비교

[그림 3-2]는 Tap-off 일체형 Smart-AP에서 추가된 기능의 세부적인 블록도이며, 내부 구성은 ATT(Atteunator) 모듈, RF Coupler 모듈, Filter 모듈, Power 모듈(전원모듈), Cable Modem 모듈(케이블모뎀 모듈), WLAN AP 모듈(무선 AP 모듈), RF Splitter(8 way RF Splitter) 모듈 등으로 구성된다.

기존 일반 Tap-off의 기능뿐만 아니라 추가로 전원부, 모뎀부, 무선랜부(AP부)를 삽입하여 확장성에 융통성이 있는 형태로 무선 서비스 기능을 추가한 형태이다.



[그림 3-2] Tap-off 일체형 Smart-AP 시스템 세부 구조도

RF Coupler 모듈은 Tap-off에 입력된 RF 신호(RF+AC 혼합 신호)를 다음 단으로 계속 연결되는 소자류(Tap-off 혹은 증폭기, [그림 3-2]에서 RF Coupler 뒷단) 쪽으로 흐르는 신호를 분기시키는 역할을 하고, 분기된 신호를 받은 Filter 모듈은 입력된 RF 신호에서 AC 신호와 RF 신호를 분리하고, 분리된 AC 신호는 Power 모듈로 입력되어 Cable Modem 모듈과 WLAN AP 모듈에서 사용될 12V DC 전원을 공급된다. 한편 RF 신호는 RF Splitter 모듈로 보내져 분리된 RF 신호는 [그림 3-2]의 8 way RF Splitter 모듈 아래쪽의 동축 케이블 서비스용 케이블모뎀으로 전송 된다.

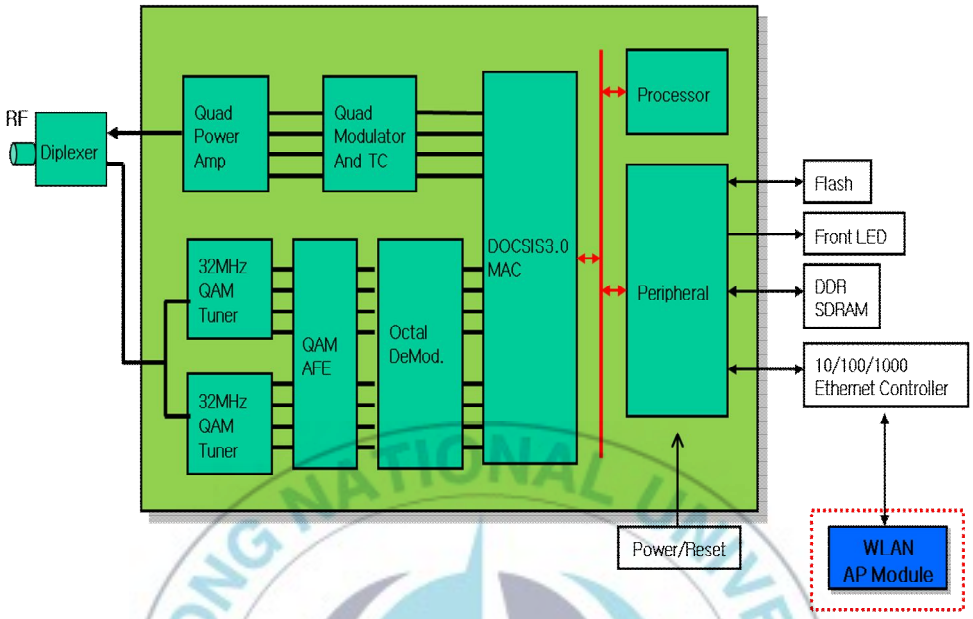
다른한편으로 Filter 모듈에서 추출된 RF 신호는 직접 Cable Modem 모

듈로 전달되는 데, 이는 WLAN AP 모듈에서 무선 인터넷 기능을 지원하기 위해 Cable Modem 모듈과 기가빗 이더넷 형태로 연결된 인터페이스를 통해 전달되므로, 결론적으로 유선 케이블망 환경이 정합되는 구조에서 동작한다.

그리고 WLAN AP 모듈은 802.11n 무선 신호로 가입자를 수용하는 기능이 있으며 802.11b/g/n 2.4GHz, 802.11a/n 5GHz Dual band AP 기능이 있어, PDA, 랩톱, 데스크톱 그리고 스마트폰 등에 Wi-Fi 기능을 장착한 무선 LAN 카드를 활용하여, 홈 네트워킹, 휴대전화, 비디오 게임등 무선 인터넷 서비스 들을 제공하게 된다. 이러한 기능이 Tap-off 일체형 Smart-AP 시스템 제안의 주 배경이다.

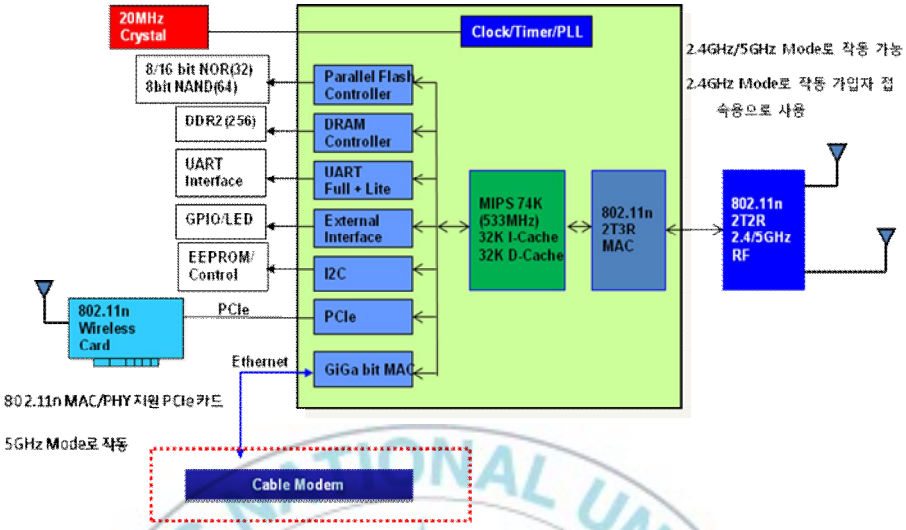
일반적으로 Tap-off 일체형 Smart-AP에 내장된 Cable Modem 모듈과 WLAN AP 모듈의 거리에 따른 구성과 또한 사용 장비의 성능에 따라 서비스 환경이 융통성있게 결정되며, [그림 3-3]은 Cable Modem 모듈에서 사용된 Cable Modem의 기능 구성도이다.

본 논문에서 사용한 Cable Modem은 DOCIS 3.0 규격에 따른 하향 속도 100Mbps~300Mbps를 제공할 수 있는 WCM(Wideband Cable Modem)을 사용한다. 이러한 Cable Modem의 인터페이스를 통해 WLAN AP 모듈로 해당 이더넷 속도별로 인터넷서비스 데이터가 전송되고 또한 안테나를 통해 Wi-Fi 인터넷서비스가 무선 형태로 제공되어 진다.



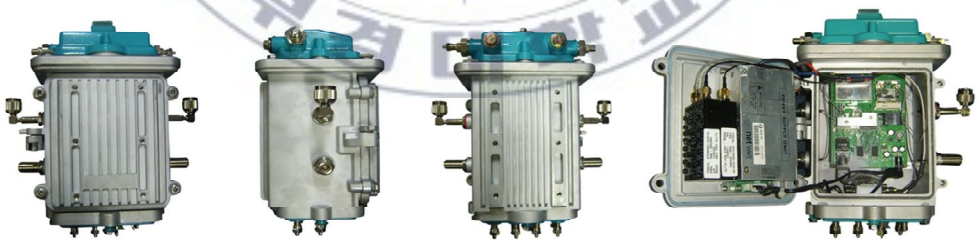
[그림 3-3] Cable Modem(케이블모뎀) 구성도

[그림 3-4]은 Tap-off 일체형 Smart-AP에 내장된 WLAN AP 모듈의 기능 블록도 이다. 특이한 사항은 효과적인 Wi-Fi 인터넷 서비스 거리 확장을 제공하고 기존의 무선망 환경에서 서비스 속도 제약을 극복하기위해 2.4GHz 및 5GHz를 동시 지원하는 Dual band AP로 구성한다. 즉 이러한 개선 사항이 망 인프라 환경이 풍부한 HFC 유선 환경 기반에서 기존의 무선 접속망의 단점인 서비스 속도 문제를 해결하고, 또한 HFC 기반의 유선 환경에서의 단점인 이동성관련 확장성 문제의 보완을 통해 무선 Wi-Fi 인터넷서비스의 질을 높일 수 있다.



[그림 3-4] WLAN AP 모듈 구성 블럭도

Tap-off 일체형 Smart-AP 장비는 [그림 3-5]와 같이 일반 Tap-off의 상판은 현재 현재의 장비를 그대로 재활용하기위해 하우징만을 제거하고 설치 및 쉽게 사용할 수 있는 구조로 설계되었다.



전면 측면 후면 내부

항목	예상 소비 전력	비고
크기	200(240) x140x120mm	240mm (Tap-off 포함)
소비 전력	18W	

[그림 3-5] Tap-off 일체형 Smart-AP 장비 형상도 및 재원

본 논문에서 제안한 Tap-off 일체형 Smart-AP의 장점은 다음과 같이 정리될 수있다.

첫째, 설치 용이가 용이하다. 기존에 설치된 Tap-off 위치에 Tap-off 일체형 Smart-AP를 설치하고, 또한 HFC망의 전원을 이용하기 때문에 별도의 전원 시공 필요 없어므로 지금까지 제기되던 Wi-Fi 존의 구축시 문제점들인 설치장소, 이더넷 케이블 연결, 별도 전원 포설 등의 문제가 해결된다.

둘째 유지 보수가 용이하다. 즉 기존 동축케이블을 통한 CATV 서비스는 그대로 제공하면서 Tap-off 일체형 Smart-AP의 삽입으로 Tap-off 상부 블록이 유지되므로 CATV 신호의 중단 없어 기존 가입자의 서비스 중단이 없다.

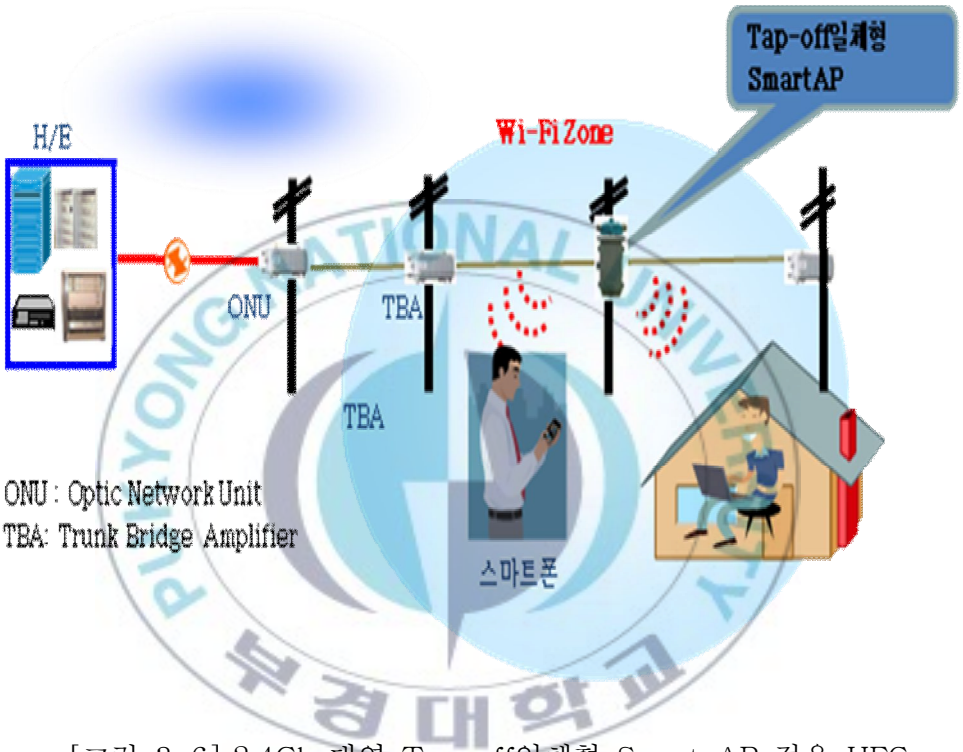
셋째 옥외형 AP로 개방된 실외의 전주 및 조가선에 설치되어 원거리 옥외 및 옥내 무선 네트워킹 기능이 지원되기 때문에 전국적으로 활용되고 있는 HFC망을 활용하여 손쉽게 Wi-Fi 존 확대가 가능하다.

넷째 서비스 품질측면에서 Tap-off 일체형 Smart-AP의 장점은 DOCSIS 3.0이 지원되는 Cable Modem을 사용하여 최대 300Mbps까지 속도 지원이 가능하며, 또한 무선랜부는 2.4G 혹은 5GHz (802.11b/g/n, 802.11a/n) 서비스가 동시에 지원되어 기존의 무선망 환경에서 지원할 수 없는 높은 속도의 서비스가 가능하다.

2. Smart-AP를 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조

먼저 본 논문에서 제안한 Tap-off 일체형 Smart-AP를 적용한 2.4Ghz대의 Wi-Fi 인터넷서비스를 위해 기존의 Tap-off를 대체하여 주

위 100M 이내에 Wi-Fi 존에 무선 인터넷서비스를 제공하기 위한 망 구성도는 다음 [그림3-6]과 같다.



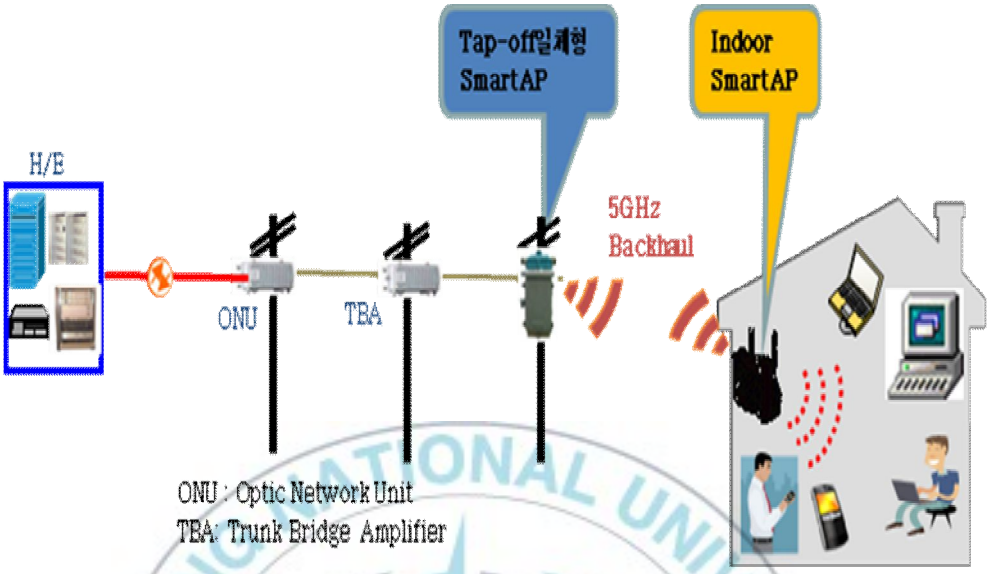
[그림 3-6] 2.4Ghz대역 Tap-off일체형 Smart-AP 적용 HFC 기반 유무선 통합망 구조

위의 그림과 같이 Tap-off 일체형 Smart-AP를 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조에서 무선 Wi-Fi 인터넷서비스를 위해 100Mbps이상의 서비스 속도 제공으로, 상향 6.4MHz 이상의 대역폭 및 하향 256 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 서비스 품질을 제공하여 Tap-off 일체형 Smart-AP 인근에서 랩톱이나 스마트폰등으로 고품질

의 서비스를 할 수 있는 Wi-Fi 존이 형성된다. 그러나 현재 Wi-Fi 환경은 무분별한 Wi-Fi 서비스로 인해 20~30개의 사업자 및 개인이 동시에 13개 채널를 점유하기 때문에 상호 간섭이나 잡음으로 인해 서비스 체감속도에 영향은 받고 있다. 이러한 환경에서 서비스 품질 성능 평가는 본 논문의 4장에서 기술한다.

[그림 3-7]은 5Ghz대 Indoor(실내형) Smart-AP를 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조로 Tap-off 일체형 Smart-AP의 설치 후 인근 건물 내에서 기존의 Wi-Fi존 서비스보다는 높은 품질의 무선 인터넷서비스 제공이 가능하다. 즉 5GHz 대역을 활용하면 무선 Wi-Fi에서 사용하는 2.4GHz 대역에서 발생하는 간섭으로 인한 품질 저하가 해소하고, 환경상 HFC망에서 사용하는 5코어 동축케이블의 인입이 어려워 유선 인터넷의 공급이 불가능한 곳에서도 유선망의 장점인 속도와 트래픽을 해소하는 유무선 통합환경의 Wi-Fi 존의 구성이 가능하다.

종합하면 [그림 3-6]과 [그림 3-7]은 HFC 기반에서 유선 광케이블망 환경을 활용한 대용량의 백본망과 서비스의 안정성을 고려한 동축케이블망 및 무선 이동성을 제공하는 Wi-Fi 기술을 인프라로 활용하는 구조이다. 즉 HFC 분배센터(사업자 국사)에서 ONU(Optical Network Unit)까지는 광으로 연결되며, ONU에서 TBA(Trunk Bridge Amplifier)를 거쳐 Tap-off와 Wi-Fi 존의 케이블모뎀까지는 동축 케이블로 연결된다. 또한 케이블모뎀에서 AP(Access Point) 까지는 UTP(Unshielded Twisted Pair cable) 케이블로 연결되어 사용자의 랩톱, 스마트폰에 무선으로 인터넷 서비스를 제공한다.



[그림 3-7] 5Ghz대역 Tap-off 일체형 Smart-AP 적용 HFC 기반 유무선 통합망 구조

[그림3-7]은 무선 인터넷 서비스를 위해 5Ghz대역에서 Tap-off 일체형 Smart-AP를 실내외에 설치하여 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조로, 동축케이블의 인입이 어려워 유선 인터넷의 공급이 불가한 곳에서도 유선망의 장점인 속도와 트래픽을 해소하는 유무선 통합환경의 Wi-Fi 존의 구성이 가능하다. 이러한 환경에서 서비스 품질 성능 평가는 본 논문의 4장에서 기술한다.

IV. 시험 및 서비스 성능평가

본 4장에서는 본 논문에서 제시한 Tap-off 일체형 Smart-AP를 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조에서 서비스 품질 시험 및 성능 평가에 대해 기술한다. 본 논문에서 제시한 Tap-off 일체형 Smart-AP를 적용한 HFC 기반 유무선 통합망 구조에서 서비스 품질 시험을 위한 현장 시험 환경을 2.4Ghz 및 5Ghz 대역으로 실제 구성하여 품질 시험 및 성능 평가를 수행하였다.

1. 2.4Ghz 대역과 5Ghz 대역 시험 및 성능 분석

가. 성능 기준

Tap-off 일체형 Smart-AP에서 IEEE802.11의 혼용 인터페이스 모드별로 제공해야 하는 속도 기준은 [표 4-1]과 같고, RSSI(수신신호강도)의 성능 기준은 [표 4-2]와 같다. 일반적으로 서비스에 대한 요구조건은 2.4GHz Wi-Fi (b/g/n) 동시 접속 가입자수가 20 사용자 이상이며, 802.11b, 802.11g, 802.11n 단말 혼용이 가능하여야 하고, 단말 혼용 운용시 급격한 속도 저하가 없어야 한다.

[표 4-1]은 혼용 조건별 단말기들에 대에 최소한의 제공속도를 나타내고, [표 4-2]는 2.4GHz 및 5GHz 서비스에 대한 모드별 수신 신호강도를 나타낸다.

[표 4-1] 혼용모드별 최소 제공 속도 성능 기준

혼용 조건	단말기 최소제공속도
802.11b	5Mbps 이상
802.11b + 802.11b	5Mbps 이상
802.11b + 802.11g	11Mbps 이상
802.11b + 802.11n	31Mbps 이상
802.11b + 802.11b + 802.11b	5Mbps 이상
802.11b + 802.11b + 802.11g	7.4Mbps 이상
802.11b + 802.11b + 802.11n	15.4Mbps 이상
802.11b + 802.11g + 802.11g	11Mbps 이상
802.11b + 802.11g + 802.11n	19Mbps 이상
802.11b + 802.11n + 802.11n	31Mbps 이상
802.11g	20Mbps 이상
802.11g + 802.11g	20Mbps 이상
802.11g + 802.11n	40Mbps 이상
802.11g + 802.11g + 802.11g	20Mbps 이상
802.11g + 802.11g + 802.11n	28Mbps 이상
802.11g + 802.11n + 802.11n	40Mbps 이상
802.11n	70Mbps 이상
802.11n + 802.11n	70Mbps 이상
802.11n + 802.11n + 802.11n	70Mbps 이상

[표 4-2] RSSI(수신신호강도) 성능 기준

구분	모드	RSSI	비 고
2.4GHz	IEEE802.11b	-84dBm 이상	
	IEEE802.11g	-68dBm 이상	54Mbps mode
		-89dBm 이상	6Mbps mode
	IEEE802.11n	-89dBm 이상	MCS0 (20MHz)
		-86dBm 이상	MCS0 (40MHz)
		-65dBm 이상	MCS7 (20MHz)
		-62dBm 이상	MCS7 (40MHz)
		-89dBm 이상	MCS8 (20MHz)
		-86dBm 이상	MCS8 (40MHz)
		-65dBm 이상	MCS15 (20MHz)
		-62dBm 이상	MCS15 (40MHz)
5GHz	IEEE802.11a/n	-89dBm 이상	MCS0 (20MHz)
		-86dBm 이상	MCS0 (40MHz)
		-65dBm 이상	MCS7 (20MHz)
		-62dBm 이상	MCS7 (40MHz)
		-89dBm 이상	MCS8 (20MHz)
		-86dBm 이상	MCS8 (40MHz)
		-65dBm 이상	MCS15 (20MHz)
		-62dBm 이상	MCS15 (40MHz)

나. 시험 환경

2.4Ghz대의 Tap-off 일체형 Smart-AP의 현장 성능평가를 위한 테스트베드 설치 장소는 환경이 열악하고 Wi-Fi 사용자가 많으며 트래픽이 높은 대학가 및 상가 밀집지역을 2개 지역을 선정하여 수행하였다. 먼저 대학가는 부경대학교(부산 광역시 남구 대연동 소재)정문 앞 도로가에

설치하였고, 상가 밀집지역은 연산로터리에 버스정류소(부산광역시 연제구 연산4동 연일지구대 앞)를 선정하여 현장 성능평가 시험을 진행하였다.

먼저 성능 시험을 위해 Wi-Fi 인터넷서비스 장비는 사용자가 많이 사용하는 랩톱과 스마트폰을 대상으로 하였고 성능 기준으로는 서비스 속도 및 RSSI를 파라미터로 활용하였다. 또한 측정 도구는 속도 품질 측정을 위해 한국정보화진흥원에서 제공하는 품질 측정 서버를 활용하였고, RSSI 는 Netstumbler사에서 제공하는 Netstumbler 소프트웨어를 활용하여 측정하였다. 측정 방법은 Smart-AP를 기점으로 각 거리별로 기준을 정하여 속도 서비스 속도(throughput) 및 RSSI의 값을 측정 하였다.

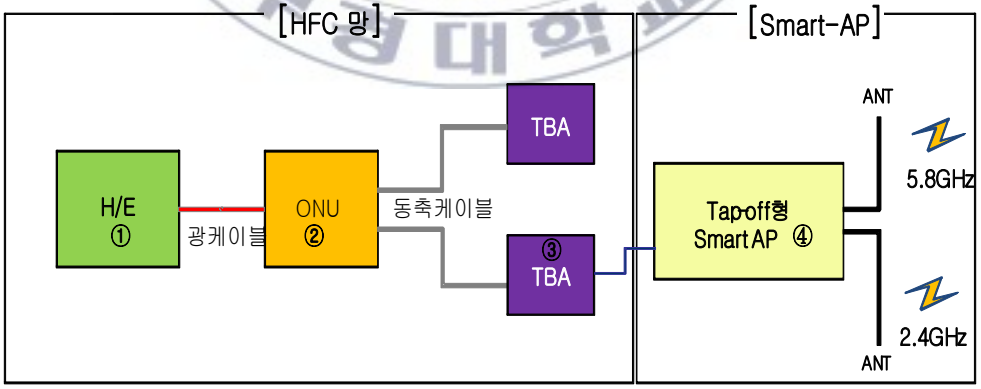
유선망에 대한 시험 환경은 [그림 4-1]에서 HFC망 구간의 H/E(Head End)에서 트래픽의 부하가 최대 50%까지 사용할 수 있는 조건으로 구성하였다. 부경대학교 앞은 ONU단에서 가입자망으로 하향 최대속도로 150Mbps 및 상향 최대속도로는 10Mbps가 제공되는 환경에서, 그리고 연산로터리는 가입자망의 하향 평균속도 70Mbps, 상향 평균속도 5Mbps의 서비스 환경에서 구성하였다. 그리고 부경대학교 앞은 사설 및 타사의 AP가 23개, 연산로터리는 21개로 감지되어 상호 간섭이 많은 환경으로 구성 되었다. 성능측정횟수는 Spot당 50회를 수행하였다.

다. 현장 시험망 구성도

먼저 2.4 GHz 대역 서비스 품질 측정을 위해 부경대학교 정문 앞 도로의 전주를 따라 구축되어 있는 HFC망을 활용하여 [그림 4-1]과 같이 Tap-off 일체형 Smart-AP를 적용하여 구성하였다.

[그림 4-1]의 간략화된 현장 시험망 구성도에서 부경대 정문 앞의 경우 HeadEnd(①)는 남구와 수영구지역을 서비스 하는 HFC 분배센터(연산동 소재)이며, ONU(②)가 위치한 대연동의 교통방송 방송국 앞까지는 광케이블로, ONU에서 TBA(③)가 위치한 부경대 정문 앞까지는 동축 케이블로 연결되어있는 망에서 사용중인 일반 Tap-off를 Tap-off 일체형 Smart-AP(④)로 교체하여 Wi-Fi 인터넷서비스의 성능 평가를 진행하였다.

그리고 연산로터리는 HeadEnd(①)는 동래구와 연제구지역을 서비스 하는 HFC 분배센터(미남동 소재)이며, ONU(②)가 위치한 SK연제사옥 앞까지는 광케이블로, ONU에서 TBA(③)가 위치한 연일지구대 앞까지는 동축 케이블로 연결되어 있는 망에서 사용중인 일반 Tap-off를 Tap-off 일체형 Smart-AP(④)로 교체하여 Wi-Fi 인터넷서비스의 성능 평가를 진행하였다.



[그림 4-1] Tap-off 일체형 Smart-AP 적용 현장 망 개념도

[그림 4-2]는 시험을 위한 부경대 정문 앞에 설치된 Tap-off 일체형

Smart-AP 적용 현장 시험망 구성도이며 [그림 4-3]은 연산로터리 현장 시험망 구성도이다. 각 설치위치에 대한 설명은 아래 [표 4-3]을 참조한다.

[그림 4-2] 부경대학교 정문앞 시험망 구성도(2.4Ghz대역)

[그림 4-3]은 연산로터리 현장 시험망 구성도로 A에 위치한 연일지구대 앞에 Tap-off 일체형 Smart-AP 설치하여 연산동 시험망을 구성하였다. 각 설치위치에 대한 설명은 아래 [표 4-4]를 참조한다.

[그림 4-3] 연산동 시험망 구성도(2.4Ghz대역)

다음으로 5 GHz 대역 서비스 품질 측정을 위해 부경대학교 정문 앞 도로의 전주를 따라 구축되어 있는 HFC망을 활용하여 [그림 4-4]와 같이 Tap-off 일체형 Smart-AP를 적용하여 구성하였다. 각 설치위치에 대한 설명은 아래 [표 4-5]를 참조한다.

[그림 4-4] 부경대학교 정문앞 시험망 구성도(5Ghz대역)

라. 평가 결과 및 성능 분석

[그림 4-2]와 [그림 4-3]의 Tap-off 일체형 Smart-AP의 2.4Ghz대역 시험망 구성도에서 측정 위치별 하향 및 상향의 서비스 속도와 RSSI 성능 수치는 [표 4-3] 및 [표 4-4]와 같으며, 표의 시험 결과치에 따르면 현장 환경이 최적의 조건이 구성되지 않았음에도 측정된 속도 및 RSSI가 성능 기준치 이상의 결과가 확인되었다.

세부적인 성능평가 결과는 부경대학교 정문 앞의 성능 기준은 스마트폰(IEEE102.11 b/g)으로 측정하였을 때 근접거리에서 19Mbps이상 속도 제공과 RSSI는 최소 -86dBm 이상 확보가 요구되어지는 데 반해, 평가

결과는 10m이내에서는 40Mbps이상, 30m이내에서는 30Mbps이상, 50m 이내에서는 10Mbps이상, 100m이내에서는 1~3Mbps의 성능 결과를 보였다. 그리고 연산로터리에서의 평가 결과도 요구하는 품질 기준은 부경대학교 정문 앞과 동일하고, 10m이내에서 40Mbps이상, 30m이내에서 20Mbps이상, 50m이내에서 10Mbps이상, 100m이내에서 1~3Mbps의 성능 결과가 확인 되었다. 두 지역 공히 RSSI 측정값은 기준치 보다 훨씬 양호한 결과를 나타내었다.

[표 4-3] 부경대 정문 앞 Tap-off 일체형 Smart-AP 위치별 측정값

위 치	항목			비고
	하향속도 (Mbps)	상향속도 (Mbps)	RSSI (dBm)	
A	41.4	3.6	-45	10m 이내
B	26.5	4.0	-60	50m 이내
C	1.6	2.0	-68	110m 이내
D	33.3	4.1	-42	30m 이내
E	18.5	1.5	-60	50m 이내
F	2.5	1.0	-77	100m 이내
G	1.5	0.6	-75	70m 이내
H	13.5	4.5	-60	50m 이내
I	15.0	4.0	-55	50m 이내
J	11.0	3.0	-65	50m 이내
K	2.1	1.0	-75	160m 이내
L	1.7	0.6	-73	70m 이내
M	14.0	4.0	-60	50m 이내
N	36.2	3.8	-55	20m 이내

[표 4-4] 연산로터리 Tap-off 일체형 Smart-AP 위치별 측정값

위 치	항목 (Mbps/dBm)			비 고
	하향속도 (Mbps)	상향 속도 (Mbps)	RSSI (dBm)	
A	40.1	3.9	-45	10m 이내
B	37.0	5.7	-52	20m 이내
C	20.2	5.1	-60	60m 이내
D	26.6	4.9	-65	30m 이내
E	9.1	1.0	-73	40m 이내
F	8.0	4.0	-70	110m 이내
G	7.0	5.0	-70	110m 이내
H	20.3	5.2	-68	30m 이내
I	28.6	5.8	-65	30m 이내

[그림 4-4]의 Tap-off 일체형 Smart-AP의 5.8Ghz대역 시험망 구성도에서 측정 위치별 하향 및 상향의 서비스 속도와 RSSI 수치는 [표 4-5]와 같으며 표의 시험 결과치에 따르면 측정된 속도 및 RSSI가 성능 기준 이상의 결과를 보였다.

세부적인 성능평가 결과는 랩톱(IEEE102.11 b/g/n)으로 측정하였을 때 근접 거리에서 19Mbps이상의 속도가 확보 되어야 하며, RSSI은 최소 -86dBm이상이 확보 되어야 하는데, 평가 결과는 10m이내에서는 40Mbps이상, 30m이내에서는 30Mbps이상, 50m이내에서는 10Mbps이상, 100m이내에서는 1~3Mbps의 성능 결과를 보였다. 또한 RSSI 측정값도 역시 기준치 보다 훨씬 양호한 결과를 나타내었다.

[표 4-5] 부경대 정문 앞 Tap-off 일체형 Smart-AP point별 측정값 (5.8Ghz대역)

위 치	항목 (Mbps/dBm)			비 고
	하향속도 (Mbps)	상향 속도 (Mbps)	RSSI (dBm)	
A	76.1	4.4	-56	10m 이내
B	54.8	3.9	-60	20m 이내
C	57.9	3.8	-65	20m 이내
D	19.7	4.0	-80	30m 이내
E	32.7	4.2	-75	50m 이내
F	41	4.4	-75	30m 이내
G	21.8	4.2	-80	50m 이내
H	3.7	2.3	-85	140m 이내
I	29	3.8	-78	70m 이내

2. 5Ghz Indoor환경에서 Smart-AP 성능평가

가. 시험 환경

5GHz대의 Indoor Smart-AP의 현장 시험 및 성능평가를 위한 테스트 베드 설치 장소는 Tap-off 일체형 Smart-AP가 설치된 2개 지역(부경대 정문 앞, 연산로터리)을 활용하여 Indoor Smart-AP를 설치 및 성능평가를 시행하였다.

부경대학교 정문 앞 도로가에 설치된 Tap-off 일체형 Smart-AP와 연동되는 Indoor Smart-AP는 50M 거리에 위치의 '이영 미용실'(대연동 소재)에 장비를 설치하여 성능평가를 하였고, 연산로터리는 30M 거리에 위치한 4차선 도로 반대편의 'T_World' 매장에 장비를 설치하여 현장

성능평가를 진행하였다.

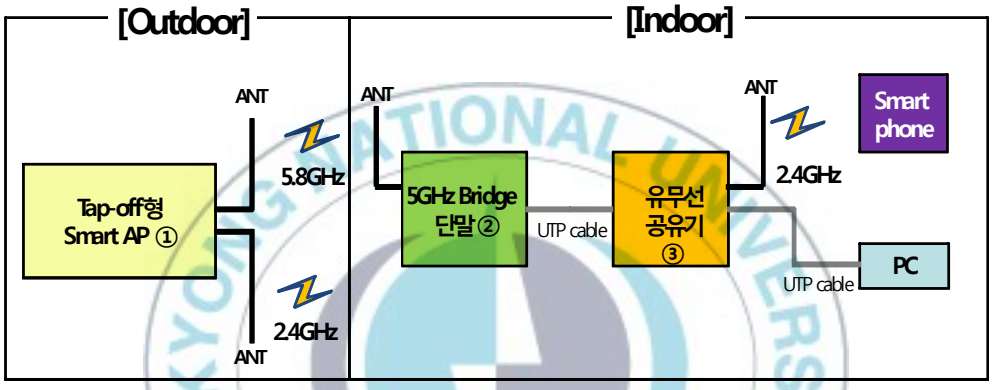
먼저 성능시험을 위해 Wi-Fi 인터넷서비스 장비는 사용자가 많이 사용하는 랩톱과 스마트폰을 대상으로 하였고 성능 기준으로는 서비스 속도 및 RSSI를 파라미터로 활용하였다. 측정 도구는 속도 품질 측정을 위해 한국정보화진흥원에서 제공하는 품질 측정 서버를 활용하였고, RSSI 는 Netstumbler사에서 제공하는 Netstumbler 소프트웨어를 활용하였다. 측정 방법은 Smart-AP, Indoor Smart-AP(5GHz Bridge단말), 유무선 공유기의 서비스속도(throughput) 및 RSSI의 값을 측정하여 분석하였다.

유선 Backhaul 속도 throughput은 하향 속도 150Mbps, 상향속도 10Mbps를 HFC망에서 제공 하였고, 측정시 유선 Backhaul의 사용량은 50% 정도로서 최대 가용 가능한 하향 속도는 75Mbps, 상향 속도는 5Mbps 환경에서 성능 평가를 진행하였다. 그리고 Indoor Smart-AP(5GHz Bridge단말)의 RSSI는 -63dBm의 환경에서 평가를 진행하였으며, 품질 측정시 타사 및 사설의 AP가 23개로 감지되어 상호 간섭이 많은 환경에서 평가가 진행되었다.

나. 현장 시험망 구성도

먼저 부경대학교 정문 앞의 Tap-off 일체형 Smart-AP가 설치된 곳에서 육안으로 보이는 건물에 Wi-Fi 존을 구성하였다. [그림 4-5]의 간략화 된 현장 시험망 구성도에서 Tap-off 일체형 Smart-AP(①)은 부경대 정문 앞에 설치되어 있는 장비이며, Indoor Smart-AP(②)는 부경대학교 앞은 대각선으로 50m 거리의 '이영 미용실'이며 유무선

공유기(③)는 건물 내에 설치하여 성능평가를 진행하였다. 그리고 연산로터리도 Tap-off 일체형 Smart-AP(①)은 연일지구대 앞에 설치되어 있는 장비이며, Indoor Smart-AP(②)는 4차선 도로 맞은 편 30m 거리의 'T_world'이며 유무선 공유기(③)는 건물 내에 설치하여 성능평가를 진행하였다.



[그림 4-5] Indoor Smart-AP 현장 시험망 구성도

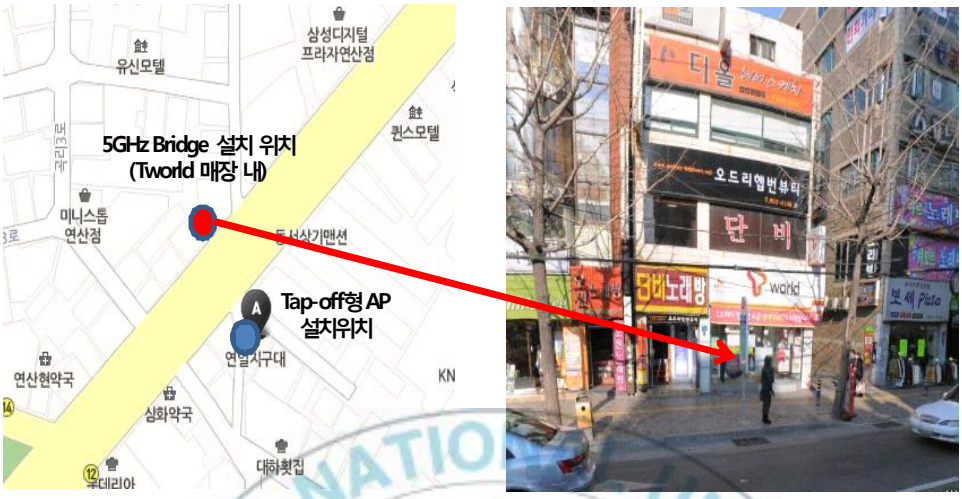
[그림 4-6]은 부경대학교 정문 앞의 Tap-off 일체형 Smart-AP의 인근의 '이영 미용실'에 Indoor Smart-AP가 설치된 현장 망 구성도이다.

[그림 4-6] 부경대학교 앞 Tap-off 일체형 Smart-AP와 Indoor Smart-AP의 현장 시험망 구성

[그림 4-7]은 '이영 미용실' 내부에 설치된 Indoor Smart-AP 및 유무선 공유기 현장 설치 사진이다.

[그림 4-7] '이영 미용실' Indoor Smart-AP의 설치 환경

[그림 4-8]은 연산로터리의 Tap-off 일체형 Smart-AP의 인근의 'T_World' 매장에 Indoor Smart-AP가 설치된 현장 망 구성도이다.



[그림 4-8] 연산로터리 Tap-off 일체형 Smart-AP와 Indoor Smart-AP의 현장 시험망 구성

[그림 4-9]는 'T_World' 내부에 설치된 Indoor Smart-AP 및 유무선 공유기 현장 설치 사진이다.

[그림 4-9] 'T_World' 매장 Indoor Smart-AP의 설치 환경

다. 평가 결과 및 성능 분석

각 위치에서 설치된 Indoor Smart-AP의 구성도에서 측정 위치(Tap-off 일체형 Smart-AP, Indoor Smart-AP, 유무선 공유기)별 하향 및 상향의 서비스 속도의 수치 측정값은 [표 4-6]과 같다.

[표 4-6] Indoor Smart-AP의 측정값

구분	연산동 (Tworld)		대연동 (이영 미용실)		비고
	하향 (Mbps)	상향 (Mbps)	하향 (Mbps)	상향 (Mbps)	
Tap-off 일체 형 Smart-AP ①	76.1	4.4	74.5	4.7	
5GHz Bridge 단말 ②	44.2	5.6	47.8	4.3	
유무선 공유기 ③	40.1	5.8	45.0	3.1	유선랜 측정
유무선 공유기(무선랜 2.4GHz) ③	39.3	5.9	34.7	4.7	무선랜 2.4G 측정

[표 4-6]의 시험 결과 측정값에 따르면 측정된 속도는 성능 기준치 이상의 우수한 결과로 확인되었다. 이는 성능기준에 적합한 결과로 세부적인 성능 평가를 위해 랩톱(IEEE102.11 b/g/n)으로 측정하였을 때, 각 지점에서 기준치인 19Mbps이상의 속도가 확보와 RSSI는 최소 -86dBm 이상의 확보 조건을 만족하는 성능 결과를 보였다.

결론적으로 본 논문에서 제안한 Tap-off 일체형 Smart-AP의 기능이 원래 원하던 목적을 충분히 달성시키며 HFC 기반의 2.4Ghz 및 5Ghz Wi-Fi 인터넷서비스 제공에도 훨씬 확장된 서비스 및 품질 제공이 가능함을 증명한다.

V. 결 론

본 논문에서는 HFC 기반의 유무선 통합망 환경에서 Wi-Fi 인터넷 서비스의 확장을 위해 HFC 망에서 많이 활용하는 tap-off 에 케이블 모뎀과 무선 근 거리 AP 기능을 결합한 Smart-AP 기능을 제안하였다. 개선된 Smart-AP 기능은 망 인프라 환경이 풍부한 HFC 유선 환경 기반에서 기존의 무선 접속망의 단점인 서비스 속도 문제를 해결하고, 또한 HFC 기반의 유선 환경에서의 단점인 이동성관련 확장성 문제의 보완을 통해 무선 Wi-Fi 인터넷서비스의 질을 높일 수 있음이 확인되었다. 그리고 제안된 Smart-AP 의 인근에 위치한 각종 유무선 근 거리망 단말기들 즉, 스마트폰과 랩톱 및 데스크톱 등을 통해, 무선으로 인터넷에 접속하여 무선 인터넷 서비스 표준인 2.4GHz(IEEE 802.11b/g/n)와 5.8GHz(IEEE 802.11a/n) 서비스를 제공하는 시험망을 구성하고 성능 시험을 수행하였다.

성능시험 결과에 따르면 현장 환경이 최적의 조건이 구성되지 않았음에도 불구하고 측정된 서비스 속도 및 RSSI 가 성능 기준치 이상의 결과를 보임이 확인되었다. 성능 평가의 수치는 IEEE 802.11b/g/n 혼용모드에서 속도 품질이 19Mbps 이상의 속도를 요구 되었는데, 최대 41.4Mbps 의 속도와 100M 의 서비스 영역이 제공되었다. RSSI 도 -86dBm 이상을 요구 되었는데 시험결과 -45dBm 까지 제공되는 우수함이 확인되었다.

본 논문에서 제안한 Tap-off 일체형 Smart-AP 는 현재 유동 인구가 많은 서울지역의 신천역 주변에 23 개, 강남역 주변에 32 개를 시범 설치

중이며, 2011 년도에는 전국으로 확대하여 Wi-Fi 인터넷서비스의 확장과 속도 품질 향상에 많이 기여할 예정이다.

결론적으로 HFC 망에서 많이 활용하는 RF 신호를 단순하게 분기하는 Tap-off 에 케이블 모뎀과 무선 근거리 AP 기능을 결합시켜 통합된 유선과 무선망 인프라 환경에서 인터넷서비스의 장점을 최적화한 Smart-AP 의 적용은, 기존의 무선 접속망의 단점인 서비스 속도 문제를 해결하고, 또한 HFC 기반의 유선 환경에서의 단점인 이동성관련 확장성 문제의 보완을 통해 무선 Wi-Fi 인터넷 서비스의 질을 높일 수 있다.

본 논문의 제안 내용은 기존의 방법보다 우수한 신호 품질 제공과 서비스를 위한 AP와 사용자 간의 더욱 확장된 통신 거리를 제공하는 확장성이 높아, 현재 서비스 중인 유무선 인터넷서비스를 위한 Smart-AP 인근 단말기에 Wi-Fi 인터넷 서비스를 효율적으로 제공함이 가능하다.

아울러 계속 수요가 늘어나고 서비스 종류가 다양해지는 사용자의 요구를 만족시키는 데 기여할 것으로 기대한다. 그리고 현재의 망 기반에서 자원의 효율적인 재활용에 기여하였고, 또한 기존 인프라 및 장비의 재활용과 훨씬 양호한 서비스 품질 제공으로 현재 크게 이슈화되는 그린 IT 측면에서도 그 기여도가 있다고 하겠다.

향후 HFC 기반의 유무선 통합망 환경뿐만 아니라 품질 기반이 더욱 우수한 FTTH(Fiber To The Home) 기반의 유무선 통합망 환경에서도 단말에 모뎀 및 AP를 결합시켜, Wi-Fi 인터넷서비스를 제공하는 시스템이 제안되어 시범적용을 앞두고 있으며, 기존의 유선망과 무선망의 시너지를 최적화하기 위한 장점만을 활용하여 서비스의 질을 높히는 유무선 통합망 환경에 대한 연구를 진행될 예정이다.

참고 문헌

[1] 유현경외 3 명, "HFC 기술 및 시장 분석", 전자통신 동향분석 제 18 권 6 호, pp34-40, 2003 년 12 월

[2] 파워콤㈜ 네트워크운영단, “국내의 HFC 망 현황과 발전 방향”, 2003 년 5 월.

[3] 이상우, 곽동균, “케이블 가입자망 기반의 초고속 인프라 구축 관련 이슈”, KISDI 이슈리포트, 제 3 권 6 호, pp. 1-35, 2003 년 6 월

[4] 권영주, “2003 년 상반기 국내 HFC(Hybrid Fiber Coax) 시장 동향”, 정보통신정책, 제 15 권 12 호, pp.44-48, 2003 년 7 월

[5] 이경석, “ 미국의 초고속 인터넷 시장 현황”, 정보통신정책연구원, 정보통신정책 동향 보고서, pp27-29, 2006 년 5 월 16 일.

[6] 김욱준, “통신사업자의 WiFi 네트워크 구축과 비즈니스 전략”, 정보통신 정책, pp45-72, 2010 년 7 월 1 일

[7] 윤면상, “WiFi 테크놀리지”, 월간 INCHAM Business News, 통권 619 호, pp14-17, 2003 년 8 월

[8] 이창수, “SKT NIF_무선데이터 증가에 따른 대응 및 WiFi 동향”, 시스코코리아, pp.16-21, 2010 년 4 월

[9] 전수연, 임동민, “모바일 트래픽 증가에 대한 이동통신사업자의 대응동향”, KISDI 방송통신정책 제 22 권, 17 호, pp31-51, 2010 년 9 월 16 일

[10] http://www.ieee802.org/11

[11] 박재경, “국내외 Wi-Fi 확산 동향 및 시사점”, Global Report, 한국전파진흥원 동향조사분석부, pp58-65, 2010 년 1 월

[12] 임언진, 이혜진, “해외 사례를 통해 본 WiFi 활용전략” , KT 경제경영연구소, pp2-9, 2009 년 9 월

[13] 이상일, “통신사업자의 와이파이 사업전략”,”주간 기술동향”, NIPA 통권 1424 호, 2009 년 11 월 25 일

[14] “JiWire Mobile Audience Insights Report,” Insights, January-September 2009

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

감사의 글

논문을 마무리 하고자 '감사의 글'을 접하면서 만감이 교차합니다. 학업을 마친다는 뿌듯함보다는 좀 더 열심히 하지 못한 아쉬움이 깊이 남습니다. 누구보다 진한 '열정'을 가지고 직장과 학업을 잘 할 수 있을거라는 생각하면서, 나름대로 정신 없이 보내다 보니 너무 쉽게 다가온 결과에 괜시리 미안함마저 듭니다.

논문이 완성되기까지 부족한 저에게 아낌없는 지도 편달과 삶에 대한 소중한 가르침을 주신 김성운 지도교수님께 존경과 감사의 마음 전합니다. 또한 저에게 언제나 따뜻함과 많은 도움 주신 프로토콜 연구실 식구들에게도 고마움을 전합니다.

바쁜 업무속에서도 학업에 충실할 수 있도록 배려해 주신 김재현 본부장님, 신동범본부장님, 이왕섭팀장님, 그리고 언제나 제 팬이 되어 용기와 힘을 주신 선배, 동기, 후배 매니저님들께도 고마움을 전합니다.

학업을 무사히 마칠수 있도록 마음속으로 항상 응원해 주시는 사랑하는 나의 어머니, 그리고 사랑과 고마움 그 어떤 표현도 부족한 나의 아내 상은, 언제나 피곤함을 잊게 해준 세상에서 제일 소중하고 똑똑하고 예쁜 시진, 어진 공주님께도 감사의 마음과 열정를 전합니다.

끝으로 2년동안 지치지 않고 열심히 회사와 학교를 뛰어 다닌 저 자신한테도 수고 했다는 한마디를 전합니다.

2010년 12월

李 容 贊