

# 누설 동축 케이블 기반 CATV 망 WiFi 스몰셀 구축 방안

장 호 덕\*

## Implementation Method of WiFi Small Cell Based on Leaky Coaxial Cable for CATV

Ho-deok Jang\*

요 약

본 논문에서는 누설 동축 케이블 (Leaky Coaxial Cable)을 이용한 CATV 망 WiFi 스몰셀 (Small Cell) 구축 방안을 연구하였다. 누설 동축 케이블은 WOC (WiFi over Coax) 네트워크에서 스몰셀을 구성하는 지점에 설치된 혼합분리기의 WiFi 신호 입출력 포트에 설치된다. 택내 WiFi 서비스를 제공할 수 있는 Home WiFi 뿐만 아니라, 회사, 호텔, 쇼핑몰, 다세대 주택 등을 위한 In-building WiFi를 구축할 수 있으며, 다수의 스몰셀에 해당하는 확장된 무선 커버리지를 제공할 수 있다.

**Key Words** : Access Point, CATV, Leaky Coaxial Cable, Small Cell, WiFi

### ABSTRACT

This paper investigated the implementation method of the WiFi small cell based on leaky coaxial cable for CATV network. Leaky coaxial cable is connected to the WiFi antenna port of the duplexer filter installed in the WiFi small cell of WOC (WiFi over Coax) network. The WiFi networks for home and in-building such as company, hotel, shopping mall, multi-dwelling unit can be implemented with the extended wireless coverage provided by multiple small cells.

## I. 서 론

WOC 기술은 인빌딩 CATV 망의 동축선로로 WiFi 신호를 분배 및 전달하는 비용효율이 높은 DAS (Distributed Antenna System) 구현을 위해 적용되고 있다. 동축선로로 WiFi 신호를 전송하여 25dB 이하의 낮은 전송손실을 제공하며, 벽이나 장애물로 인한 신호강도 감소와 multi-path fading과 같은 무선전송 환경의 장애 요소<sup>[1]</sup>를 해결하여 인빌딩 무선 커버리지를 확대할 수 있다. 또한 인체와 환경에 유해한 RF (Radio Frequency) 방식을 최소화할 수 있다. 본 논문에서는 기존 WOC의 무선 커버리지를 확대할 수 있는 누설 동축 케이블을 이용한 WiFi 스몰셀을 제안하고 구축 방안을 분석하였다.

## II. CATV 망 WiFi Small Cell 구성

WiFi 서비스는 기설치된 CATV 망을 활용해서 제공될 수 있다. CATV 망은 HFC (Hybrid Fiber Coaxial) 구조로 헤드엔드 장비와 광분배점 (Fiber Node)인 옥외 광송수신기 (ONU: Optical Network Unit)는 광케이블로 연결되고, 광분배점과 고객 대내 장치 (CPE: Customer Premises Equipment)인 STB (Set-Top Box)는 동축케이블로 연결된다. 하향전송 관점에서 광분배점에서는 광케이블로 전송된 광신호를 광전변환해서 RF신호로 고객 대내 장치인 STB 까지 동축케이블로 전송하게 되는데, WiFi 신호를 CATV 망으로 전송할 경우 일반적으로 WiFi AP (Access Point)는 ONU 단에 설치된다.

WiFi AP가 CATV 망의 ONU 단에 설치되면 중앙 관리 무선 WAN (Wide Area Network) 환경을 제공할 수 있는데, 주요 특징은 다음과 같다<sup>[2]</sup>. 우선, 고객 사이트마다 WiFi AP를 설치할 필요가 없어서 장치 구매 및 관리 비용을 줄일 수 있다. 다음은 향후 새로운 WiFi 기술을 적용할 경우 고객 장비를 교체하거나 업그레이드할 필요가 없다는 것과 사설 관리 무선 네트워크와 비교해서 서비스 및 보안 수준이 높다는 점이다. 하지만 5~860MHz의 기존 CATV 신호 주파수 대역만 사용할 수 있는 증폭기와 신호분배를 위한 수동소자 (splitter, coupler, tapoff 등)에서는 WiFi 신호를 우회하도록 만드는 혼합분리기 (bypass filter 또는

\* 본 연구는 2017학년도 동양미래대학교 교내 연구지원사업 지원으로 수행되었습니다.

• First Author : Dongyang Mirae University Department of Information & Communication Engineering, teri20@dongyang.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2017-12-379, Received December 8, 2017; Revised December 16, 2017; Accepted December 17, 2017

duplex filter)가 필요하다. 또한 802.11 ACKTimeout 측면에서 고객 태내 장치까지의 거리가 2.5km 이상이 되는 경우, 신호 전송 지연을 허용할 수 없게 되는 제약이 발생하게 된다.

CATV 망을 활용한 WiFi 스몰셀은 WOC 기술을 적용하여 그림 1에서와 같이 구성할 수 있다. WiFi AP가 ONU 단에 설치되지 않고, 건물 내 또는 일반 가정집 태내에 설치된다. 따라서 CATV 신호 증폭을 위한 간선 분기 증폭기 (TBA: Trunk Bridge Amplifier), 연장 증폭기 (EA: Extender Amplifier)와 같은 증폭기단과 Splitter, Coupler와 같은 신호 분배 수동소자에 WiFi 신호 우회를 위한 혼합분리기 설치 및 케이블 연결 배선 작업이 필요가 없다. WiFi AP 설치 지점과 WiFi 스몰셀 서비스 지점에서만 WiFi 신호 결합/분리를 위한 혼합분리기가 있으면 된다.

WOC는 WiFi AP의 안테나 포트와 기존 CATV 망 신호와 결합/분리를 위한 혼합분리기를 동축케이블로 연결한다. WiFi 스몰셀이 필요한 지점에서는 혼합분리기를 설치하여 혼합분리기의 WiFi 신호 입출력 포트에 안테나를 연결하여 WiFi 서비스를 제공하고, 기존 CATV 서비스는 혼합분리기의 CATV 망 신호 입출력 포트에 STB를 연결하여 제공하게 된다.

CATV 망의 동축 전송구간은 ONU 단에서 Tapoff까지의 12C, 17C 동축케이블과 Tapoff에서 STB까지의 5C, 7C 동축케이블로 구성된다. ‘종합 유선방송 전송 선로 설비 정합’ 표준에서는 인입선 구간에 사용되는 7C 동축케이블의 감쇄 규격을 1GHz 주파수 대역에서 0.1427dB/m로 제정하였으며<sup>[3]</sup>, 2.4GHz 주파수 대역에서 0.223dB/m 정도의 낮은 감쇄를 제공하는 제품도 상용화되어 있다<sup>[4]</sup>. 따라서 건물 내 또는 일반 가정집 태내에 구성되는 WOC는 WiFi 신호 감쇄에 의한 WiFi 망 설치 및 확장에 대한 제약을 줄어든다. 또한, 케이블 연결 배선 작업을 포함하여 WiFi AP를 설치하기 힘든 장소에서도 기존 CATV 망을 이용하여 WiFi 스몰셀을 구성할 수 있다.

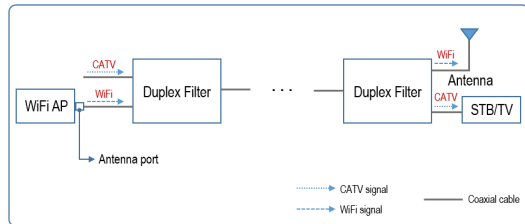


그림 1. WOC 네트워크 구성도  
Fig. 1. Network diagram of WOC

### Ⅲ. 누설 동축 케이블 기반 CATV 망 WiFi 스몰셀 구성

누설 동축 케이블은 외부도체에 슬롯(Slot)이 일정한 간격으로 구성되어 케이블 내부 도체에서 슬롯을 통해 신호 일부를 방사한다. 케이블의 원주방향으로 균일한 전파를 형성하여 무선통신이 이루어지며, 슬롯의 모양과 간격으로 RF 특성이 결정된다<sup>[5]</sup>. 지상과 차폐되어 전파 도달이 원활하지 않은 건물의 지하, 터널, 열차 무선 등의 중계시스템에서 안테나 방식으로 송수신이 불가능하거나 효율적이지 못한 곳에서 일반적으로 사용되며, 사각지대를 최소화할 수 있는 전파 환경을 구축할 수 있다.

CATV 망에서 누설 동축 케이블을 이용한 WiFi 스몰셀 구성은 그림2와 같다. 누설 동축 케이블은 그림 1의 WOC 네트워크에서 안테나를 대체하여 WiFi 스몰셀을 구성하는 지점에 설치된 혼합분리기의 WiFi 신호 입출력 포트에 연결된다. 누설 동축 케이블에서 발생하는 신호 손실은 식 1에서와 같이 입력단에서 케이블 길이 방향으로 전송되면서 발생하는 감쇄(attenuation)와 슬롯을 통해 방사되는 신호의 결합손실(coupling loss)로 구성된다. 결합손실은 누설 동축 케이블에서 2m 떨어진 지점에서 반과장다이폴 안테나로 측정된 신호 손실의 양으로 규정되며, 상용제품의 규격으로 사용된다<sup>[6]</sup>.

$$L_{t,leaky} = L_{att,leaky}[dB/100m] + L_{coupling,leaky}[dB, 95\%] \quad (1)$$

WiFi 커버리지는 누설 동축 케이블에서 발생하는 신호 손실에 의해 WiFi 신호가 감쇄되어도 WiFi 단말기의 최소 수신 신호 세기를 만족하는 영역이다. WiFi 신호 출력은 10mW/MHz로 제한하고 있어서 20MHz 채널 대역폭 기준으로 200mW (23dBm)를 넘지 못한다. WOC 기반 WiFi 스몰셀에서 WiFi AP에서 안테나까지의 유선 링크 총손실은 식 2와 같다. WOC 네트워크에서 유선 링크 총손실 ( $L_{t,wire}$ )은 인입

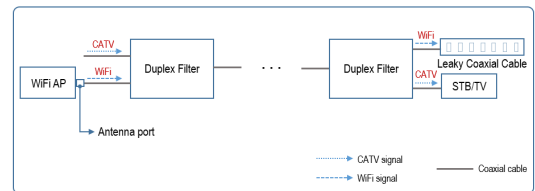


그림 2. 누설 동축 케이블 기반 WOC 네트워크 구성도  
Fig. 2. Network diagram of WOC using leaky coaxial cable

선으로 사용되는 동축케이블의 감쇄 ( $L_{coax}$ ), 신호 분배를 위한 분배기의 손실 ( $L_{splitter}$ ), CATV 신호와 WiFi 신호의 결합 및 분리를 위한 혼합분리기의 손실 ( $L_{duplexer}$ )의 합으로 주어진다.

$$L_{t,wire} = L_{coax} + L_{splitter} + 2L_{duplexer} \quad (2)$$

WiFi AP의 출력은 유선 링크 총손실이 가장 작은 지점에 설치된 스몰셀 안테나로 방사되는 신호의 출력이 23 dBm 이하를 만족하도록 설정되어야 된다. 또한, WOC 네트워크에서는 WiFi 단말기의 최소 수신 신호 세기를 만족할 수 있는 유선 링크 총손실을 가지는 지점까지 스몰셀을 구성할 수 있다.

누설 동축 케이블 기반 WOC 네트워크의 유선 링크 총손실은 식 3과 같으며, 식 2와 비교해서 누설 동축 케이블의 감쇄가 추가된다.

$$L_{t,wire} = L_{coax} + L_{splitter} + 2L_{duplexer} + L_{att,leaky} \quad (3)$$

누설 동축 케이블 기반의 WOC 네트워크에서는 누설 동축 케이블의 시작점에서 방사되는 WiFi 신호의 출력이 23dBm이 되도록 WiFi AP 출력을 조정해야 하며, 일반적으로 -78dBm인 WiFi 단말기의 최소 수신 신호 세기를 만족할 수 있는 유선 링크 총손실을 가지는 지점까지 WiFi 서비스를 제공할 수 있다. 2.4GHz 주파수 대역에서 27.93dB/100m의 감쇄와 60dB의 결합손실을 가지는 상용 제품<sup>[7]</sup>의 경우, 식 4에 의해서 누설 동축 케이블 길이 ( $l_{leaky}$ ) 방향으로 146.8m까지 WiFi 서비스를 제공할 수 있다.

$$RSSI = 23dBm - l_{leaky}/100m \times L_{att,leaky} - L_{coupling,leaky} \quad (4)$$

#### IV. 결 론

WOC는 기설치된 CATV 망을 이용해서 WiFi 서비스를 제공할 수 기술이다. WiFi AP를 인빌딩에 설치하고 혼합분리기를 이용하여 WiFi 신호를 기존 CATV 신호와 결합 및 분리하게 된다. WiFi 단말기의 최소 수신 신호 세기를 만족하는 지점까지 스몰셀을 구성할 수 있으며, WiFi AP 설치 지점부터 스몰셀 안테나 설치 지점까지의 유선 링크 총손실에 의해서 결정된다. WiFi AP 설치 지점과 스몰셀 구성 지점에 혼합분리기를 설치하면 물리적인 스몰셀을 구성할 수 있어서 WiFi 망 설치 및 확장에 대한 제약을 줄일 수 있다. 전송 신호를 외부로 방사할 수 있는 누설 동축

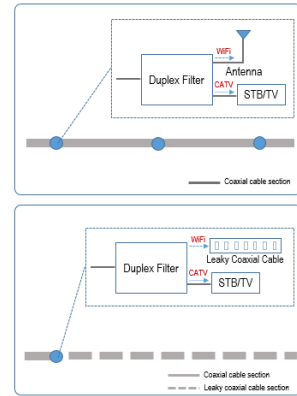


그림 3. WOC 기반 스몰셀 설계  
Fig. 3. Small cell design based on WOC

케이블은 그림 3에서와 같이 WOC로 구성된 스몰셀에서 안테나를 대체할 수 있다. WiFi 단말기의 최소 수신 신호 세기를 만족할 수 있는 유선 링크 총손실을 가지는 지점까지 WiFi 서비스를 제공한다. 따라서 안테나를 사용하는 기존 스몰셀 보다 확장된 무선 커버리지를 제공할 수 있다.

#### References

- [1] O. S. Shin, "An inter-carrier interference cancellation scheme for OFDM systems in a fast fading channel," *J. KICS*, vol. 42, no. 10, pp. 1963-1966, Oct. 2017.
- [2] E. Biton, D. Sade, D. Shklarsky, M. Zussman, and G. Zussman, "Challenge: CeTV and Ca-Fi - Cellular and Wi-Fi over CATV," in *MobiCom '05*, Cologne, Germany, Aug.-Sept. 2005.
- [3] TTA, *CableTV Transmission Network Interface* (2016), Retrieved Nov. 23, 2017, from <http://www.tta.or.kr>.
- [4] RFS, *LCF14-50JFN product datasheet*(2014), Retrieved Nov. 23, 2017, from <http://www.rfs-world.com>.
- [5] Y. I. Hong, H. S. Nam, and J. K. Kim, "A study on the electromagnetic wave properties of leaky coaxial cable using finite difference-time domain algorithm," in *Proc. Symp. KICS*, vol. 18, no. 1, pp. 156-159, Jan. 1995.

- [6] RFS, *RADIAFLEX® the Optimal confined-coverage solution brochure*(2015), Retrieved Nov. 29, 2017, from <http://products.rfsworld.com/brochures,489,1.html>.
- [7] RFS, *RLKU12 product datasheet*(2017), Retrieved Dec. 2, 2017, from <http://www.rfsworld.com>.