

# 고밀도 경쟁 환경에서 무선랜의 자가 구성 네트워크 기법

명세창, 최경준, 전기준, 고병훈, 김광순  
연세대학교 전기전자공학부

{myungse, kjchoi, puco201, bhko}@dcl.yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr

## Self-organization network in dense competitive wireless local area network

Myung Se Chang, Choi Kyung Jun, Jeon Ki Jun, Ko Byung Hoon, Kim Kwang Soon  
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

### 요 약

본 논문은 고밀도 경쟁 환경에서 무선랜의 자가 구성 네트워크 기법에 대해서 기술하였다. 기존 무선랜은 고정된 CST(carrier sense threshold)값을 사용하여 전송권한을 얻는 접속점을 결정한다. 본 논문에서는 고밀도 경쟁 환경에서 고정 CST의 문제점을 살펴보고, 네트워크 환경에 따라 CST와 CWS(contention window size)를 조절하여 네트워크 성능을 최대화 하는 SON(self-organization network)기법을 제안한다. 기존 무선랜 방식과 제안하는 기법의 성능 지표 비교 모의 실험 결과를 통해 제안하는 기법의 성능 이득을 보였다.

### I. 서론

최근 스마트폰과 같은 모바일 기기의 급격한 증가로 인해 발생한 데이터 트래픽을 분산(offloading)시켜 셀룰러 망의 부담을 줄이고 사용자의 서비스 요구를 만족시키기 위해 IEEE 802.11 기반의 무선랜이 각광받고 있다 [1]. 다수의 개인과 사업자들이 경기장이나 쇼핑몰 같이 많은 사람들로 붐비는 지역에 접속점들을 점점 더 많이 설치하게 되면서 다양한 종류의 접속점들이 고밀도로 혼재하면서 자신의 성능을 높이기 위해서 서로 경쟁하는 환경이 되었다 [2].

무선랜 장치들은 CSMA/CA(carrier sense multiple access/collision avoidance)기반의 MAC(media access control) 프로토콜을 이용하여 무선 채널을 공유하고 있다. 각 무선랜 장치는 전송을 하기 전에 정해진 CST와 수신 간섭 전력의 총합을 비교하여 전송 여부를 결정, 다른 장치와의 동시 전송으로 인한 충돌을 회피한다. 그런데 기존 무선랜 장치들은 주변 환경과 무관하게 고정된 CST 값을 사용하기 때문에 고밀도 경쟁환경에서 성능 저하가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최신 IEEE 802.11ax 표준에서는 주변 환경에 따라 CST 값을 적절히 조절하여 네트워크의 성능을 높이는 기법들이 제시되고 있다 [3].

본 논문에서는 고밀도 경쟁 환경에서 고정 CST로 동작하는 기존 무선랜의 문제점을 살펴보고, 네트워크 환경에 따라서 CST와 CWS 값을 조절하여 네트워크 성능을 최대화하는 SON 기법을 제안한다

### II. 본론

#### 1. 시스템 모형

우리는 그림 1 과 같이 기존 접속점과 자가구성 접속점이 고밀도로 혼재되어 있는 경기장이나 쇼핑몰과 같은 공공장소를 고려한다. 각 접속점과 단말은  $\lambda_l, \lambda_s$  그리고  $\lambda_u$  의 밀도로 PPP(Poisson point process)를 따라 균일하게 분포하고 있다고 가정한다.

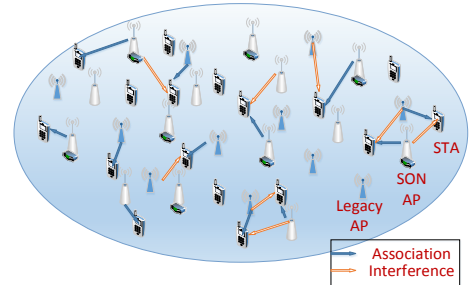


그림 1. 네트워크 환경

접속점들의 위치집합은  $\Phi_l = \{x_{l,1}, \dots\}, \Phi_s = \{x_{s,1}, \dots\}$  로 주어지고 사용자는 자신과 가장 가까운 접속점으로부터 서비스를 받는다고 가정한다.

주어진 시점과 접속점 위치에서 MAC 프로토콜에 의해 전송 권한을 얻은 접속점들의 집합을  $\Phi_r$  로 정의할 때 접속점  $x \in \Phi_\xi \cap \Phi_r, \xi \in \{l, s\}$  에 접속된 사용자  $y$  사이의 SINR (signal-to-interference-plus-noise ratio)은 다음과 같이 주어진다.

$$\text{SINR}(x, y | \Phi_r) = \frac{P(x, y)}{N_0 + \sum_{\bar{x} \in \Phi_r, \bar{x} \neq x} P(\bar{x}, y)}. \quad (1)$$

여기서  $P(x, y) = Ph_y^x d(x, y)^{-\alpha}$  로  $P$  는 공통 송신 전력,  $d(x, y)$  와  $h_y^x$  는 각각  $x$  와  $y$  사이의 거리, 소규모 페이딩 (fading) 효과를 나타내는 확률 변수, 그리고  $\alpha$  는 경로 손실 지수이다.

모든 접속점들은 CSMA/CA 프로토콜을 따라 전송을 하기 전에 현재 무선채널의 BUSY/IDLE 상태를 확인한다. DIFS(DCF inter-frame space)동안 접속점  $x \in \Phi_\xi$  의 수신 전력  $R_x$  가 CST 보다 작다면  $[0, W_x]$  사이 ( $W_x$  는  $x$  의 CWS)의 임의의 정수를 백오프 값으로 택하여 IDLE 한 기간 동안 백오프 값을 1 씩 감소시키며 해당

백오프 슬롯 시간만큼 기다렸다가 0 이 되는 순간 전송을 시작한다.

기존 접속점  $x \in \Phi_s$  은 IEEE 802.11 표준 [4]을 따라 고정된 CST 값  $C_x = -82\text{dBm}$  과 BEB(binary exponential back-off) 알고리즘에 의해 초기 CWS 값은  $\text{CWMin}=15$  이고 충돌이 발생하면 두 배씩 증가시켜 최대  $\text{CWMax}=1023$  까지 사용한다. 자가 구성 접속점  $x \in \Phi_s$  는 초기 CST 은 기존 접속점과 같지만 접속점 주변의 환경에 따라서 CST 와  $\text{CWMin}$  을 적절히 조절한다.

## 2. 성능 지표

전송권한을 얻은 접속점들이 SINR 값에 따라 완벽하게 변조 및 인코딩 하여 전송 한다고 가정했을 때, 임의의 접속점  $x \in \Phi_s$  의 평균전송량은  $R_x = \mathbb{E}[\rho(\text{SINR}(x, y | \Phi_T))]$  로 정의된다. 여기서 평균은 각 접속점과 사용자의 위치, 소규모 페이딩에 대해서,  $\rho$  는 각 SINR 값에 해당하는 전송률을 맵핑(mapping) 해주는 함수이다.

SINR 의 CDF (cumulative distribution function)를  $G_\xi(\beta) = \Pr[\text{SINR}(x, y | \Phi_T) \leq \beta]$  로 정의했을 때 전송 실패확률은  $P_{\text{Out}, \xi} = G_\xi(\beta_1)$  로 정의된다. 여기서  $\beta_1$  는 MCS(modulation and coding scheme)에 정의된 SINR 의 최소 한계값이다. 그러면 접속점들이 분포하는 영역  $A$  에서의 ASE(area spectral efficiency)  $\eta$  는 아래와 같이 정의된다.

$$\eta = \frac{1}{A} \mathbb{E}_{\Phi_s} \left[ \sum_{x \in \Phi_s \cap \Phi_T} R_x \right] \quad (3)$$

## 3. 제안하는 자가 구성 기법

기존 접속점은 경쟁하는 접속점들의 숫자와 같은 주변 네트워크 환경과 상관없이 고정된 CST 와  $\text{CWMin}$  값을 사용하기 때문에 접속점의 밀도가 증가하여 경쟁 접속점의 수가 많아진 상황에서는 많은 충돌과 전송 실패가 발생하여 네트워크 성능이 저하된다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 제안하는 자가구성 접속점은 주변의 접속점들로부터 오는 수신 전력을 충분히 오랜 시간 동안 수집하여 주변 경쟁 접속점들의 수를 계산한다. 수집된 정보를 바탕으로 BEB 알고리즘의  $\text{CWMin} = aN - b$  ,  $\text{CWMax} = (\text{CWMin} + 1) \times 2^6 - 1$  로 설정한다. 여기서  $N$  은 경쟁 접속점의 수,  $a, b$  는 실험을 통해 얻은 접속점의 전송량을 최대로 하는 상수이다. 또한 CST 를 높이거나 낮춰서 자신의 CSR (carrier sense range) 반경 안에 경쟁 접속점들의 수를 적절히 조절 할 수 있다. 여기서 CSR 은  $C_x$  로 정해지는 두 전송 접속점간의 최소 허용 거리이다. 저밀도 환경에서는 CST 값을 올려 전송 권한을 얻는 접속점의 수를 증가시키고 반대로 고밀도 환경에서는 충돌과 간섭으로 전송 실패 확률이 높아지기 때문에 CST 를 적절히 낮춰 네트워크 성능 저하를 최소화 한다.

## III. 실험결과

우리는 실험을 위해 송신 전력  $P = 20\text{dBm}$ ,  $\alpha = 4$  , 그리고  $h_y^x \sim \exp(1)$  을 가정하였다.  $a = 8, b = 6$  으로 설정하고 각 접속점의 총 밀도  $\lambda_s$  는  $0.7 \sim 2.5 \times 10^{-5}$  의 범위에서 실험하였다.

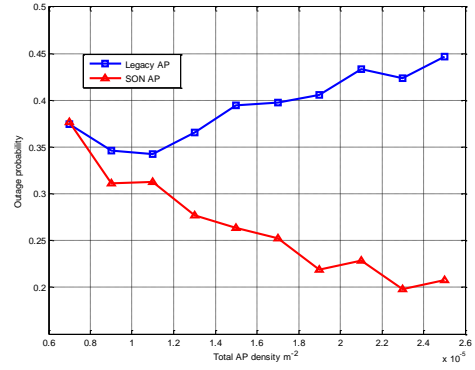


그림 2. 각 접속점의 전송 실패 확률  $P_{\text{Out}}$  비교

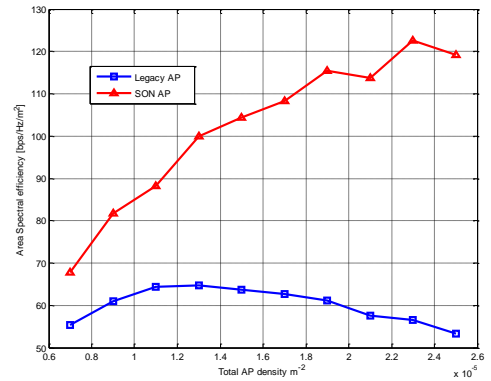


그림 3. 각 접속점의 ASE  $\eta$  비교

우리는 위의 두 성능 지표를 통해서 접속점의 밀도가 점점 증가하여 고밀도 경쟁 환경이 되었을 때 제안하는 자가구성 기법을 사용하는 자가구성 접속점이 기존 접속점 대비 낮은 전송 실패확률과 높은 ASE 를 달성할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## IV. 결론

본 논문에서는 고밀도 경쟁 환경에서 주변 환경과 무관하게 정해진 값으로 동작하는 기존 무선랜 접속점과 접속점 주변의 경쟁자 수에 따라서 유동적으로 CST 와 CWS 값을 조절하는 자가 구성 접속점과의 비교를 통하여 주어진 환경에서 네트워크 성능을 높일 수 있음을 보였다.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by ICT R&D program of MSIP/IITP. {2014-044-006-004, Next Generation WLAN System with High Efficient Performance}.

## 참고 문헌

- [1] S. Dimatteo, P. Hui, B. Han, and V. O.K. Li, " Cellular traffic offloading through WiFi networks," *IEEE Int. Conf. MASS*, pp.192-201, Oct. 2011.
- [2] A. Balachandran, G. M. Voelker, and P. Bahl, " Wireless hotspots: current challenges and future directions," *Mobile Networks and Applications*, vol. 10, no. 3, pp. 265-274, Jun. 2005.
- [3] Graham Smith, " Dynamic Sensitivity Control," *IEEE 802.11-14/0779r2*.
- [4] IEEE 802.11-2007, " IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *IEEE Std 802.11-2007*, Jun., 2007.