

무선 LAN에서 다중 Access Point 위치의 최적화 설계

임 국 찬, 강 훈, 최 성 훈
LG전자 WLL단말연구소 개발1Gr
전화 : (031) 389-1025

The Optimization Design of Multiple Access Point placement for wireless LAN

Guk-Chan Lim, Alberto Kang, Sung-Hun Choi
WLL Division/Mobile Handsets Company, LG Electronics Inc
E-mail : gukchan@empal.com

Abstract

The optimal AP placement for wireless LAN is important factor for improving service quality and reducing cost. Logical area property, which is user's frequently posed place, must be considered for flexible design. This paper proposes optimal multiple AP placement method based on path loss model which is one of radio prediction tool. The proposed method can get flexibility in multiple AP placement using user's defined parameter and the optimization design uses Hopfield network algorithm. The result of simulation shows that the proposed optimization design of multiple AP placement can improve service quality for wireless LAN.

I. 서론

무선 LAN은 기존 유선 기반 통신이 갖지 못하는 이동성, 관리의 편리성 및 설치의 유연성 등 사용자에게 다양한 기능을 제공한다. 이러한 무선 LAN은 인프라스트럭처 모드(infrastructure mode)와 애드-혹 모드(ad-hoc mode)로 구분되며, 이 중에서 인프라스트럭처 모드는 유선 네트워크와 연결되는 하나 이상의 AP

(Access Point)가 구성되어 무선 스테이션(wireless station)의 신호를 유선으로 보내는 브리지(bridge) 역할을 수행하게 된다[1]. 무선 LAN에서 사용하는 주파수는 802.11b와 802.11a에서 각각 2.4GHz, 5GHz 대역을 사용하고 있으며, 환경적 영향이나 건물 구조로 인한 전파의 감쇠 영향 때문에 AP의 위치에 따라 수신 전파 강도에 차이가 발생한다. 때문에 최대의 효율을 얻기 위한 AP의 위치 설정은 필수적이지만, 기존의 설계에서는 엔지니어들의 경험적 정보에 의존하고 있어 최대의 효율을 얻기가 어렵다.

적은 수의 AP로 최대의 효율성을 얻기 위해서는 최적의 AP 위치 설정 방법이 필요하다. 이를 위해서는 AP 위치에 따른 전 서비스 지역의 수신 감도를 측정해야만 하는데, 이러한 작업은 현실적으로 매우 어렵다. 따라서, 예측 시스템을 이용하여 샘플 포인트에 대한 값을 측정 한 뒤, 전체 지역의 데이터 수신감도를 예측하는 기술이 사용된다. 이러한 예측 기술에는 패스 로스 모델(path loss model)[2,3]을 이용한 방법이 있다.

본 논문에서는 패스 로스 모델을 기반으로 특정 서비스 지역의 전파크기를 예측한 후, 최적의 AP 위치를 설정하는 방법을 다룬다. 또한, 서비스 지역을 사용자가 주로 위치하는 지역에 우선 순위를 부여하여 보다 유연한 AP의 위치 설정이 가능한 방법에 대해서도 소

개한다. 본 논문에서는 최적화 설계를 위해 홉필드 네트워크를 이용하였으며, 시뮬레이션 결과 단시간에 최적의 AP 위치 설정이 가능함을 확인하였다.

II. 패스 로스 모델을 이용한 예측 시스템

무선 LAN시스템은 반사파의 영향으로 그림 1과 같이 다양한 경로를 통하여 데이터가 수신된다. 이러한 전파전달 모델은 직접파와 수신신호 레벨을 열화시킬 수 있다. 반사파에 의한 멀티패스 영향은 고려하지 않고 직접파 경로만을 고려한 수신 신호 강도, RSSI (Receive Signal Strength Index)는 식 (1)과 같이 표현된다.[3]

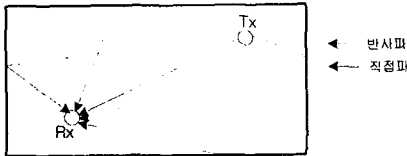


그림 3 멀티 패스의 예

$$S(X) = PL(X) - \sum O_i * L_i \quad (1)$$

여기서 X 는 송신과 수신단의 거리이고 $S(X)$ 는 무선 LAN 카드의 RSSI 값을 나타내며, $PL(X)$ 는 방해물이 없는 자유공간에서의 거리로 인한 손실이다. O_i 는 i 번째 방해물의 수이고, L_i 는 i 번째 방해물에 의한 RSSI의 손실률을 나타낸다.

$PL(X)$ 은 거리에 반비례하며, 측정을 통하여 수식으로 표현할 수 있다. 그림 2의 (a)는 802.11a와 802.11b의 평균 처리량을 나타낸다[4]. 그림 2의 (b)는 그림 (a)을 기반으로 최종 다항식을 얻는 과정을 나타낸다. 여기서 A, B, C는 임의의 상수이다.

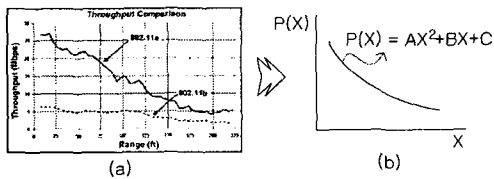


그림 2 $PL(X)$ 다항식 설정 과정

O_i 와 L_i 도 위와 같은 측정 방법을 통하여 계산될 수 있으며 신뢰성을 위해 여러 번 반복한 측정데이터의 평균값을 사용한다.

III. 홉필드를 이용한 최적화 AP 위치 설정

1 홉필드 네트워크 구조

홉필드 네트워크는 상호결합형 신경망 모델로 전체 에너지를 최소화하는 동작특성을 갖고, 연상기억이나 최적화 문제를 병렬적으로 해결하는데 많이 이용된다. 그림 3은 홉필드 신경망의 구조를 나타낸다.

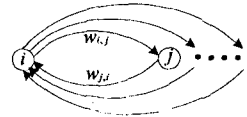


그림 2 홉필드 신경망의 구조

홉필드 네트워크에서 각 뉴런 사이의 결합하중 (weight)은 대칭이며 ($w_{i,j} = w_{j,i}$), 모든 뉴런은 비동기적으로 동작하는 특성을 갖는다[5].

2 구조도의 블록 분할 및 그래프 표현

서비스 대상지역의 구조도를 평면블록으로 분할하고 하나의 블록은 자유공간 혹은 특정한 방해물을 표현하여, 평면도에 대한 RSSI 계산이 쉽도록 일반화한다. 방해물이 있는 블록의 명함은 L_i 의 크기에 따라 구분하면 방해물에 의한 전파감쇠 상황을 보다 쉽게 파악할 수 있다. 그림 4는 구조도의 블록 표현 예이다.

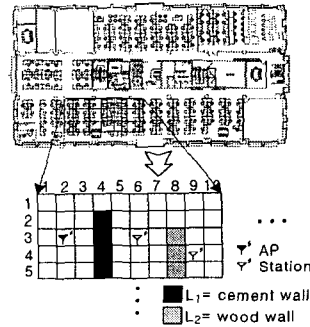


그림 4 구조도의 블록 분할

그림 4와 같은 블록도에서 하나의 블록을 'BLK(행, 열)'로 나타낸다면, BLK(3,2)에 AP가 위치하는 경우 BLK(3,6)에 위치하는 스테이션은 하나의 장애물 즉, L_1 의 감쇠영향을 받으며 BLK(4,9)에 위치하는 스테이션은 L_1, L_2 의 감쇠영향을 받게된다. 이러한 블록 사이의 전파 수신 강도 관계는 식 (1)을 이용하여 계산되어 질 수 있다. 또한, 사용자가 특정 블록에 빈번히 위치하는 경우에는 해당 블록에 대한 중

요도가 반영되어야만 보다 효과적인 AP 위치 설정이 가능하다. 여기서 사용자가 설정한 특정 블록에 대한 사용자 정의 값을 'USERD(행, 열)'로 표현하여 적절한 상수 값을 갖도록 하면 보다 유연한 AP 위치설정이 가능하다.

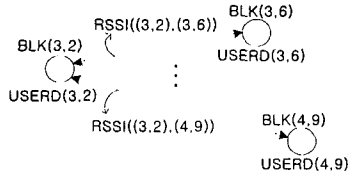


그림 5 블록도의 그래프 표현

그림 5는 블록도의 각 BLK와 RSSI, USERD의 관계를 그래프로 표현한 예이다. 여기서 정점은 BLK이고, 각 정점은 USERD를 갖는다. 또한, 각 정점을 연결하는 선은 RSSI의 크기를 나타낸다. 여기서, RSSI 값을 Tx와 Rx위치에 따라서 'RSSI(Tx, Rx)'로 표현하면, RSSI(Tx, Rx)와 RSSI(Rx, Tx)은 모든 AP와 스테이션이 양방향 통신이므로 같은 값을 가진다.

3. 홉필드를 이용한 최적화

그림 4와 같은 블록도에서 특정 블록에 AP가 위치하는 경우 이를 수학적으로 표현하기 위하여 그림 6과 같이 2차원 행렬, V_{xi} 로 표현한다. 그림 6은 BLK(3,2)와 BLK(4,9)에 각각 AP가 설정되는 경우를 그림과 행렬로 표현한 예이다.

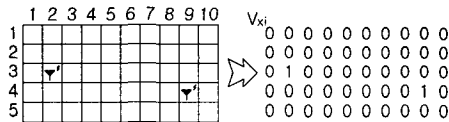


그림 6 AP 위치의 2차원 행렬 표현

V_{xi} 는 AP의 존재 여부를 나타내는 값으로 '0' 또는 '1'의 값을 갖고, '1'인 경우에는 해당 블록에 AP가 위치함을 나타낸다. 그림 6과 같은 2차원 행렬 표현에서의 전체 네트워크 에너지는 식 (4)과 같이 주어진다.

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{x,y,i,j} T_{xi,yj} V_{xi} V_{yj} - \sum_{xi} I_{xi} V_{xi} \quad (4)$$

여기서, $T_{xi,yj}$ 는 BLK(x, i)와 BLK(y, j)간의 결합계수이고, I_{xi} 는 BLK(x, i)의 역치이다.

위와 같은 행렬 표현이 최적의 AP 위치를 갖기 위해서는 표 1의 조건을 모두 만족해야만 한다.

표 1에서 조건 1은 사용자가 지정한 AP 개수 내에서 최적화가 이뤄지도록 하는 조건이다. 조건 2는 지정한 AP의 위치가 최적의 위치가 되도록 전파의 수신

강도와, USERD에 의존하여 최대 값을 찾는 조건이다.

표 1. 최적의 AP 위치 설정을 위한 조건

- 조건 1. 행렬에서 활성화되는 1의 수는 사용자가 지정한 AP 수와 동일해야 한다.
- 조건 2. BLK(AP위치)와 연결된 모든 정점의 USERD 및 RSSI값은 최대가 되어야 한다.
- 조건 3. BLK(x, i)는 하나의 AP에게만 영향을 받는다.

두 개 이상의 다중 AP가 설치되는 경우, 여러 AP에 의해 서비스가 가능한 블록이 발생한다. 이러한 블록에 위치한 스테이션은 AP가 전파하는 비콘(beacon) 신호를 탐지하여 전파의 세기 및 AP의 트래픽 등을 고려하여, 하나의 AP를 선택하는 재연합(reassociation) 기능을 수행한다. 조건 3은 이를 만족하기 위한 조건이다.

표 1의 최적 AP 위치 설정 조건에 대한 각각의 홉필드 네트워크 에너지 수식은 식 (5), (6), (7), (8)과 같이 표현할 수 있다.

$$E_1 = \frac{A}{2} (\sum_x \sum_y V_{xi} - n)^2 \quad (5)$$

$$E_2 = -\frac{B}{2} \sum_x \sum_y V_{xi} V_{yj} RSSIT(x, i) \quad (6)$$

$$E_3 = \frac{C}{2} \sum_x \sum_y \sum_i \sum_j V_{xi} V_{yj} RSSI(x, i), (y, j) \quad (7)$$

$$E_4 = -\frac{D}{2} \sum_x \sum_y \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l V_{xi} V_{yj} CP(RSSI(x, i), (z, k), RSSI(y, j), (z, l)) \quad (8)$$

여기서 A, B, C, D는 임의의 홉필드 에너지 상수 값이고, x, i, y, j, z, k는 BLK의 인덱스를 나타낸다. n은 사용자가 정의한 AP의 개수이고 RSSI(x, i), (y, j)는 BLK(x, i)와 BLK(y, j)의 RSSI값으로 식 (9)과 같이 표현된다. RSSRT(x, i)는 BLK(x, i)에 AP가 위치하는 경우 전체 지역에 대한 서비스 강도를 나타내는 값으로 식 (10)과 같다. CP함수는 두 파라미터 중에서 큰 값을 리턴 하는 함수이다.

$$RSSI(x, i), (y, j) = PL(\sqrt{(x-y)^2 + (i-j)^2} - \sum O_i * L_i) \quad (9)$$

$$RSSRT(x, i) = \sum_y \sum_j RSSI(x, i), (y, j) * USERD(y, j) \quad (10)$$

주어진 문제를 해결하기 위한 전체 에너지 수식은 $E_1 + E_2 + E_3 + E_4$ 가 되고, 최소 에너지가 상태가 최적의 AP 위치에 대응하게 된다. 이를 식 (4)과 비교하면 결합계수와 역치는 각각 식 (10)과 식 (11)과 같다.

$$T_{x,y} = -A - C \sum_x \sum_k RSSR(x, i, (y, j)) + \sum_x \sum_k WML(RSSR(x, i, (z, k)), RSSR(y, j, (z, k))) \quad (11)$$

$$I_{x,i} = An + BRSSRT(x, i) \quad (12)$$

식 (11)과 식 (12)의 설정 값을 기반으로 홉필드의 동작규칙에 따라 동작시키면 홉필드 네트워크는 최소 상태에 수렴하게 되고, 이 때 $V_{x,i}$ 의 출력 값이 최적의 AP 설정 블록임을 나타낸다.

IV. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 계산의 오버헤드를 줄이기 위하여 모든 $USERD$ 을 공통으로 1, $RSSI$ 는 식 (13)과 같이 가정하였다. 또한 방해물이 없는 자유공간으로 가정하였으며 ($O_i, L_i = 0$), 전체 블록의 크기는 '10 by 10'으로 가정하였다.

$$RSSI(x, i, (y, j)) = -\frac{1}{4} \sqrt{(x-y)^2 + (i-j)^2} + 1 \quad (13)$$

그림 7은 n 이 4로 설정된 경우의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 여기서 각각의 에너지 상수는 $A=55, B=1, C=22, D=0.2$ 로 설정하였다.

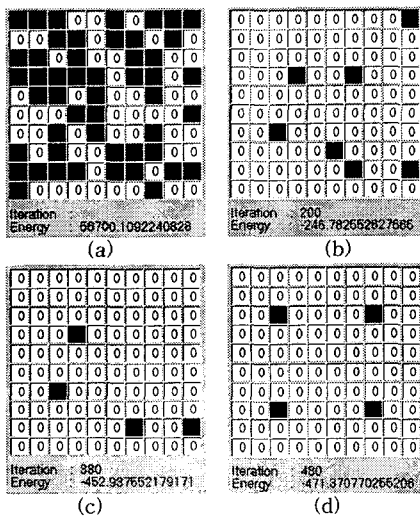


그림 7 시뮬레이션 결과

그림 7의 (a)는 초기상태로 랜덤하게 '0'과 '1'의 값을 출력한다. (b), (c)는 하나의 BLK 을 선택하여 홉필드 동작을 수행하는 과정으로 에너지가 감소하는 방향으로 동작한다. (d)는 최종 출력으로 최소 에너지 값을 갖는다.

홉필드 신경망은 항상 최소 에너지 값에 수렴하는 것은 아니다. 따라서 (c)와 같은 상태에서 지역 극소점에

수렴하는 경우도 많기 때문에 적절한 에너지 상수 값 설정이 필요하다. 또한, 볼츠만-머신(Boltzmann-machine)과 같은 보다 성능이 향상된 최적화 알고리즘을 이용할 수도 있다.

제안한 AP 설정 방법은 반복 실행을 통하여 최소 에너지 상태에 수렴가능하며, 최적화 정도는 에너지 값으로 판별되기 때문에 쉽게 AP위치의 최적화 정도를 알 수 있다.

VI. 결론

무선 LAN은 AP의 위치에 따라 서비스 전체 지역에 대한 서비스 품질이 다르게 되므로 적절한 AP위치 설정이 필수적이다. 이는 동일한 서비스 품질에 AP의 수를 줄일 수도 있고, 같은 수의 AP로 서비스 품질을 향상시킬 수도 있으므로 매우 중요한 문제이다.

본 논문에서는 AP의 위치 설정시, 홉필드 신경망을 이용하여 AP 설정 위치를 최적화하는 방법을 제안하였다. 전과의 송수신 감도는 패스 로스 모델을 이용하였고, 사용자의 정의 데이터인 $USERD$ 을 두어 보다 유연성 있는 AP 설정이 가능하도록 하였다. '10 by 10' 블록을 대상으로 한 시뮬레이션 결과, 지역 극소점에 수렴하는 홉필드 신경망 자체의 특성을 제외하고는 빠른 시간에 최적의 AP 위치 설정이 가능함을 확인하였다.

Reference

- [1] Jim Zyren and Al Petrick, "IEEE 802.1 Tutorial", <http://www.wirelessethernet.org>
- [2] R. H. Wu, et al., "Planning system for indoor wireless network", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 47, no. 1, pp. 73-79, 2001.
- [3] S. A. Chen, et al., "Optimal prediction tool for wireless LAN using genetic algorithm and neural network concept", IEICE/IEEE APCC/OECC' 99, Japan, pp. 786-789. 1999.
- [4] James C. Chen, et al., "Measured Performance of 5-GHz 802.11a Wireless LAN Systems", <http://www.atheros.com>
- [5] James P. Coughlin, Robert H. Baran, "Neural Computation in Hopfield Networks and Boltzmann Machines", Univ of Delaware pr, 1995.