

## 케이블형 Wi-Fi 기반 실내 공간의 노드 배치 판별 분석에 관한 연구

진현철<sup>1</sup> · 김원열<sup>2</sup> · 김종찬<sup>3</sup> · 김윤식<sup>4</sup> · 서동환<sup>†</sup>

(Received October 21, 2016 ; Revised November 6, 2016 ; Accepted November 11, 2016)

### A study on the discriminant analysis of node deployment based on cable type Wi-Fi in indoor

Hyeon-Cheol Zin<sup>1</sup> · Won-Yeol Kim<sup>2</sup> · Jong-Chan Kim<sup>3</sup> · Yoon-Sik Kim<sup>4</sup> · Dong-Hoan Seo<sup>†</sup>

**요약:** Wi-Fi를 이용한 실내 위치인식 시스템은 2차원 이상의 실내 공간 정보와 노드 위치정보 등이 결합된 무선 신호 지도의 제작이 필수적이다. 이를 구성하기 위한 과정인 Wi-Fi 노드의 RSSI 측정 및 배치 정보 확인에 시간 비용이 크게 발생한다. 특히 기존의 무선 환경이 변하거나 새로운 공간이 만들어질 경우 실내 위치기반의 서비스를 제공하기 위해 노드의 재설치 및 새로운 실내 무선 지도 제작이 필요하다. 이러한 문제로 인해 발생하는 시간 소비를 줄이기 위하여 본 논문에서는 3m 간격으로 설치된 Cable형 Wi-Fi를 사용하여 정확한 노드의 배치 위치를 판별 및 공간 분석이 가능한 RSSI 가시화 및 Sobel 필터 기반 경계선 검출을 통해 복도 구간의 직선과 곡선을 구분하는 알고리즘을 제안한다. Cable형 Wi-Fi는 동일한 전력선으로 연결되어 있으므로 노드가 일정한 간격으로 설치된 순서를 알 수 있다는 장점이 있다. 이를 기반으로, 공간의 특정 구간을 분석이 가능하도록 측정된 RSSI 기반 가시화과정을 통해 신호의 분포를 확인하고 이를 Sobel 필터 기반 경계선 검출 및 Total RSSI Distribution(TRD) 연산을 통하여 분석한다. Raw data와 제안하는 알고리즘 신호강도를 비교해본 결과 제안하는 알고리즘의 신호 세기는 곡선 구간에서 경계선 특성이 평균 13.73 % 증가하였다. 또한 직선 구간 신호의 세기를 평균 34.16 % 감소시켜 직선구간과 곡선구간의 특성이 개선되었다.

**주제어:** 위치인식, Wi-Fi, RSSI, 가시화, 경계선 검출

**Abstract:** An indoor positioning system using Wi-Fi is essential to produce a radio map that combines the indoor space of two or more dimensions, the information of node positions, and etc. in processing for constructing the radio map, the measurement of the received signal strength indicator(RSSI) and the confirmation of node placement information consume substantial time. Especially, when the installed wireless environment is changed or a new space is created, easy installation of the node and fast indoor radio mapping are needed to provide indoor location-based services. In this paper, to reduce the time consumption, we propose an algorithm to distinguish the straight and curve lines of a corridor section by RSSI visualization and Sobel filter-based edge detection that enable accurate node deployment and space analysis using cable-type Wi-Fi node installed at a 3 m interval. Because the cable type Wi-Fi is connected by a same power line, it has an advantage that the installation order of nodes at regular intervals could be confirmed accurately. To be able to analyze specific sections in space based on this advantage, the distribution of the signal was confirmed and analyzed by Sobel filter based edge detection and total RSSI distribution(TRD) computation through a visualization process based on the measured RSSI. As a result to compare the raw data with the performance of the proposed algorithm, the signal intensity of proposed algorithm is improved by 13.73 % in the curve section. Besides, the characteristics of the straight and the curve line were enhanced as the signal intensity of the straight line decreased by an average of 34.16 %.

**Keywords:** Localization, Wi-Fi, RSSI, Edge detection, Visualization

## 1. 서론

WLAN의 대표적인 기술인 Wi-Fi는 넓은 커버리지와 빠

른 데이터 전송속도를 바탕으로 실내 공간뿐만 아니라 선박, 공장 등 특수 환경에서도 많이 적용되고 있다. 이러한

<sup>†</sup> Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-3610-0356>): Division of Electronics and Electrical Information Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 49112, Korea, E-mail: dhseo@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4412

1 Wisetec Co. Ltd., E-mail: wiseteckr@naver.com, Tel: 053-286-0581

2 Wisetec Co. Ltd., E-mail: kwy00@naver.com, Tel: 053-286-0581

3 Department of Railroad Electronics, Kyungbuk College, E-mail: kjc@kbc.ac.kr, Tel: 054-630-5067

4 Division of Electronics and Electrical Information Engineering, Korea Maritime and Ocean University, E-mail: benkys@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4411

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Wi-Fi 기술의 보편화를 바탕으로 다양한 응용 서비스들이 개발되고 있다. 특히, Wi-Fi 노드의 신호 세기를 이용하는 위치인식 기술은 Fingerprint 방식을 통해 많이 적용되고 있으며 스마트폰과 연동되어 다른 실내 위치인식 기술에 비해 적용이 간편하며 추가 비용이 상대적으로 작다. 하지만 공간의 위치에 따라 측정되는 RSSI를 기반으로 Radio map을 구성해야하며 위치를 표현할 수 있는 공간 분해능이 거리 측정 방식인 TOA(Time Of Arrival)에 비해 상대적으로 부족하며 구축 시간 또한 많이 소모된다. 따라서 시간 단축 및 정확성을 향상시키기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있다[1]-[5].

Kim et. al [6]은 실내 환경에서 위치 인식율과 노드 기반 무선 네트워크의 성능 및 비용을 고려한 메타 휴리스틱 알고리즘과 결정론적 알고리즘을 통해 최적 노드 배치 형태에 대해 추정하였다. 하지만 배치 기법이 기존의 노드를 활용하는 방식보다는 새롭게 설치하는 공간에 대한 배치 분석 알고리즘이며 측정 신호세기의 임계치를 설정하여 적용하기 때문에 기 설치된 공간에 대한 정확한 반영이 어렵다.

Kim et. al [7]은 WLAN의 RSSI와 전파 예측 모델을 활용하여 위치를 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 위치가 부정확한 노드에 대하여 전파 예측 모델을 적용하여 위치를 추정한다. 이는 주변의 모든 신호를 활용한다는 장점이 있지만 반대로 정확한 환경 분석이 동반하지 않을 경우 부정확한 신호에 의해 오차가 발생할 수 있는 가능성이 존재한다.

이와 같이 Wi-Fi기반의 위치인식 시스템은 공간과 설치된 노드의 위치 등 고려해야할 사항들이 많기 때문에 공간 분석 및 신호 세기의 일관성이 요구된다.

따라서 본 논문에서는 WLAN 기반의 위치인식을 구축하는 한 방법으로 일정한 노드의 RSSI 측정과 빠른 공간 분석을 위하여 케이블형으로 제작하는 노드의 최적의 배치 간격을 분석하고 이를 기반으로 측정된 RSSI를 가시화과정을 통해 신호의 분포를 확인하고 이를 Sobel 마스크 및 TRD 연산을 통해 공간의 특징 구간을 구분한다.

## 2. 관련 이론

### 2.1 The positioning techniques based on Wi-Fi

Wi-Fi 기반의 위치인식 시스템은 Wi-Fi 노드들을 구별할 수 있는 식별자(SSID)와 그 노드들로부터 측정된 신호의 세기(RSSI)를 바탕으로 추정한다. 이외에도 성능을 향상시키기 위하여 신호의 품질(LQI), 분산 및 평균값들을 통해 보정한다. 이렇게 실내 노드들로부터 측정된 Wi-Fi 신호를 바탕으로 Fingerprint와 Trilateration 방식으로 나눌 수 있다. Fingerprint의 경우 실내에서 가장 많이 적용되는 기술로서 DB를 생성하고 이를 기반으로 실시간 측정 RSSI와 비교를 통해 위치를 추정하는 방식이다. 주로 구축하고자하는 공간에 배치된 노드의 위치를 모르는 상태에서 적용이 가능하지만 DB의 생성에 따른 구축시간과 연산량이 증가하

여 속도가 저하될 수 있다. 반면에 Trilateration은 적용시간이 비교적 빠르고 DB 및 연산이 거의 없기 때문에 빠른 탐색이 가능하다. 하지만 노드의 정확한 좌표가 확보되어야 사용자의 위치 측정이 가능하기 때문에 정확한 지도와 노드의 위치정보를 확보하지 않고 위치인식을 적용하기 어렵다. 또한 노드들의 절대적인 방위가 필수적인 사용자 단말기 기반의 지도 제작 방식은 기준이 되는 노드나 시작점을 설정해야 적용이 가능하다. 따라서 지도와 노드를 접목하기 위해서는 정확한 위치 기준이 정의되어야 하며 최근 상용화되고 있는 Wi-Fi 기반의 실내 위치인식 시스템은 입구를 시작점으로 위치를 추적하고 있다[8][9].

### 2.2 Sobel edge detection

영상에서 경계선이란 영상 안에 있는 객체의 경계를 가리키는 것으로서, 모양, 방향성을 탐지할 수 있는 등 여러 정보가 담겨있다. Sobel 경계선 검출은 픽셀 간의 밝기 변화율을 이용하여 특정 사물의 특징을 추출하는데 효과적이기 때문에, 영상처리 분야 및 컴퓨터 비전 분야 등에 크게 응용되고 있다. 실제 입력된 영상은 RGB로 표현되어 있지만, 그레이 스케일을 통하여 단순화 시키는 것이 효율적이며, 이를 통하여, 색의 밝기 정보를 이용해 실제 영상의 특징이 포함된 경계선 영상을 추출한다. 전체 영상에 대한 각 픽셀 간의 값을 편미분을 이용해 기울기 벡터를 구하고, 이러한 모든 픽셀에 대하여 해당되는 각 픽셀에서의 벡터의 크기를 표현함으로써 경계선 이미지를 나타낼 수 있다.

$$G_x = \frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1, y) - f(x, y) \quad (1)$$

$$G_y = \frac{\partial f}{\partial y} = f(x, y+1) - f(x, y) \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서  $G_x$ 는  $x$ 축 방향으로의 기울기 값,  $G_y$ 는  $y$ 축 방향으로의 기울기 값이고,  $f$ 는 그레이 스케일 영상이다.

$$\nabla G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3)$$

$$\nabla G \approx |G_x| + |G_y| \quad (4)$$

식 (3)은  $x$ 축과  $y$ 축 모든 방향의 기울기를 이용하여 경계선을 구하는 방법이다. 하지만, 식 (4)와 같이 식을 근사하여 사용한다[10].

## 3. 케이블형 노드의 RSSI 기반 가시화 및 경로 판별법

### 3.1 시스템 구성

제안하는 케이블형 노드의 RSSI 기반 가시화 및 경로 판별법은 Figure 1과 같다. 먼저 설치된 케이블형 노드의 위치

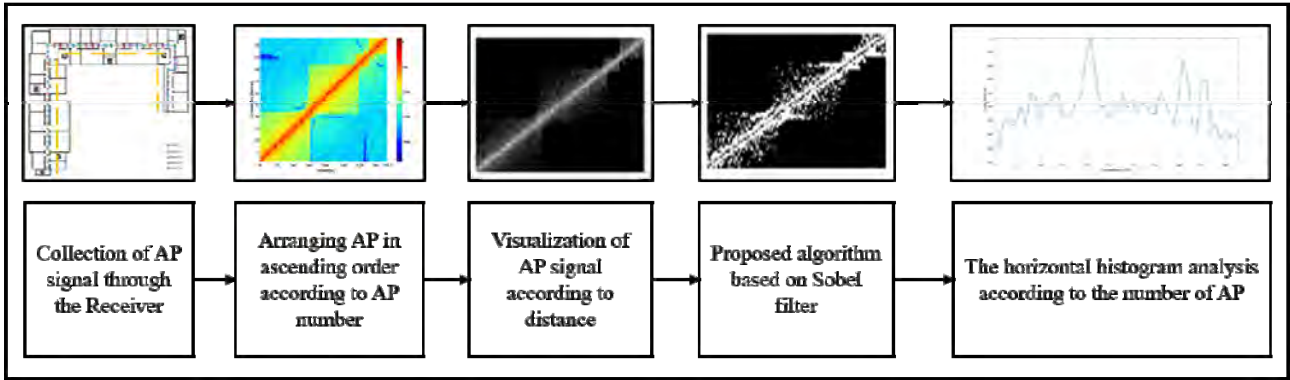


Figure 1: The proposed system architecture based on edge detection

를 인식하고자 하는 공간에서 시작점을 잡고 고정 노드의 신호를 측정하여 이 신호를 기반으로 모든 구간의 데이터베이스를 만든다. 신호 수집 시 여러 환경적인 요인에 의해 세기 및 측정 기기의 감도 등 신호를 수신하는 데 많은 시간을 소요하여 정확한 신호 세기 평균이 필요하다. 그러나 제안한 알고리즘에서는 초당 약 2 회 측정을 기준으로 신속한 가시화 신호를 형성하기 위하여 평균을 쓰지 않고 일정간격마다 측정된 신호를 사용하여 설치된 노드 경로를 따라 측정한다. 제안하는 RSSI를 이용한 가시화 알고리즘과 Sobel 필터를 사용하여 경계선 검출을 사용하여 구간마다 설치된 케이블형 노드의 특성에 대하여 판별 알고리즘에 대해 설명한다.

### 3.2 케이블형 노드의 RSSI 가시화 알고리즘

제안하는 케이블형 노드의 RSSI 기반 가시화 기법은 Figure 2와 같다. 노드의 설치된 복도 경로를 따라 케이블 형태로 연결되어 설치한다. 설치된 노드는 3m 간격으로 배치되기 때문에 곡선구간의 노드의 위치만 파악하면 설계도에서 노드의 위치를 탐색할 수 있다. 먼저 설치된 케이블형 노드의 위치를 인식하고자 하는 공간에서 시작점을 잡고 고정 노드의 신호를 측정하여 이 신호를 기반으로 경로에 따라 각 노드의 RSSI를 초당 1~3 회 측정을 기준으로 50cm 간격으로 데이터베이스를 만든다. 신호 수집 시 여러 환경적인 요인에 의해 세기 및 측정 기기의 감도 등 신호를 수신하는 데 많은 시간을 소요하여 정확한 신호 세기 평균이 필요하다. 그러나 제안한 알고리즘에서는 초당 1~3 회 측정을 기준으로 신속한 데이터베이스를 형성하기 위하여 평균을 쓰지 않고 고정된 점에서 측정된 신호를 사용하여 설치된 노드 경로를 따라 측정한다.  $x$ 축은 설치된 노드 경로를 따라 측정된 신호를 나타내고, 노드가 설치된 순서는 알고 있기 때문에  $y$ 축은 신호 노드의 순서대로 연결되어 있는 번호이며 이를 따라 가시화하기 위한 신호를 생성한다. 노드의 신호는 dBm 단위로 음의 수로 나오기 때문에 가시화하기 위해 정규화를 한다.

$$RSSI_p = RSSI_c - Min(RSSI_c) \quad (5)$$

$$RSSI_v = \frac{RSSI_p}{Max(RSSI_p)} \times 255 \quad (6)$$

식 (5)와 식 (6)에서  $RSSI_c$ 는 측정된 신호세기,  $RSSI_p$ 는 신호의 양의 수 변환을 나타내고  $RSSI_v$ 는 양의 수로 변환된 신호를 사용하여 그레이 스케일로 가시화된 신호이다.

### 3.3 Sobel 기반 경계선 검출을 이용한 경로 판별

가시화된 이미지는 대칭적으로 신호가 분포하며 일반적인 영상과 달리 낮은 주파수와 높은 주파수로 이루어져 있다. 또한 제안하는 가시화된 이미지는 분포된 신호에서 주변의 곡선구간을 기점으로 벽에 의한 신호의 Fading 현상이 발생한다. 벽과 같은 장애물로 인하여 신호가 급감하기 때문에 가시화된 이미지는 인접한 픽셀들의 세기 변화량이 커지게 된다. 그러므로 마스크를 이용하여 Convolution 통해 확인한 주변 픽셀과의 강도 변화량은 변화되는 구간에서 큰 절대 값을 가진다. 일반 이미지에서 Roberts 마스크와 같이 지역적으로 근접한 소수의 픽셀만을 이용해서 구하면 잡음이 많아지게 되어 직선/곡선 구간 판별이 어렵다. 하지만 가시화된 이미지는 일반 이미지와 주변 픽셀의 변화량이 큰 특성을 가지고 있기 때문에 Sobel 기반 경계선 검출을 이용한다.

$$G_{vertical} = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * RSSI_v \quad (7)$$

식 (7)은 수직축 Sobel 필터마스크를 나타낸다. 가시화된 이미지  $RSSI_v$ 에 각각의 마스크를 사용한다. 마스크를 사용한 이미지를 인접한 노드들과의 경로와 공간지형에 따른 특성을 판별한다. 추출된 경계선 이미지는 이진화 필터링을 적용한다. 경계선이 추출된 이미지 각 픽셀 값에 대하여,  $i_{Threshold}$ 를 기준으로 0과 255로써 식 (8)과 같이 이진화한다.

$$p(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{if } |G_{vertical}(x,y)| > i_{Threshold} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$i_{Threshold}$ 를 기준으로 이미지의 직선과 곡선 구간의 선별기 준이 달라진다.  $i_{Threshold}$ 는 구하는 방법은 식 (9)와 같으며 수직측 Sobel 필터 마스크에 의해 생성된 각  $The\ number\ of\ node$ 는  $y$ 축의 노드의 총 수,  $All\ point$ 는 일정간격으로 측정된 위치의 총 수를 의미한다.  $G_{size\ of\ vertical}$ 은 0이 아닌 각 픽셀의 개수를 의미한다. 값들의 평균을 이용하여 임계값을 구한다.

$$i_{Threshold} = \frac{\sum_{x=1}^{All\ point} \sum_{y=1}^{The\ number\ of\ node} |G_{vertical}(x,y)|}{G_{size\ of\ vertical}} \quad (9)$$

TRD는 식 (10)과 같고 노드 위치별로 각 노드의 전체적인 RSSI 분포를 의미하며,  $p(x,y)$   $x$ 축에 따라 이진화된  $y$ 축으로 생성된 기울기 값의 빈도의 총 합을 가지고 확인한다. 이를 통해 직선과 곡선을 판별한다.

$$TRD(y) = \sum_{x=1}^{All\ point} p(x,y) \quad (10)$$

각 노드의 순서에 따라 분포된 신호의 세기를 가지고 판별이 가능하다. 노드 개수가 제한적이기 때문에  $y$ 축에 따라 이진화된  $x$ 축의 전체 RSSI 분포도를 보게 되면 전체적인 분포가 특성을 나타내기 힘들다. 그러기 때문에 제안하는 알고리즘에서는  $x$ 축의 전체 RSSI 분포도로 데이터를 확인 하지 않는다. 다음 장에서 제안하는 알고리즘의 성능을 판별하기 위해 실험 환경을 구성하여 실험 및 결과에 대해 논의한다.

## 4. 실험 환경 및 고찰

### 4.1 알고리즘 적용을 위한 실험환경

실험은 Figure 2와 같이 한국해양대학교 공과대학 1호관 4층 복도구간에서 진행하였다. ‘ㄷ’자 형태의 복도구간은 큰 곡선으로 이루어진 2구간과 작은 곡선 1구간이 존재한다. 실험 공간은 공간 확장을 통해 노드가 전혀 설치되어 있지 않은 새로운 공간과 노드가 많이 설치된 기존 공간이 공존하기 때문에 2 가지 환경에서 노드의 신호를 확인하는데 최적의 공간이다. 케이블형 노드는 동일한 노드와 동일한 전력수신을 통해 일정한 신호를 보내는 것이 가장 큰 장점이다. 기존의 위치인식에서는 노드마다 출력이 다르며 주파수도 2.4 GHz 대역과 5.8 GHz 대역을 듀얼로 사용하기 때문에 전파의 수신 거리 및 투과율 등 모두 달라 동일한 수식을 적용하기에는 한계가 존재하였다. 따라서 동일한 신호를 발생하기 위하여 본 연구에서는 모든 노드를 Figure 3 (a)와 같이 2.45 Ghz의 상용 노드(ipTIME Mobile AP1)로 통일하였으며 동일한 전력선을 통해 전원을 공급받도록 실험을 구성하였다. 노드와 수신기의 높이는 2.7 m 높이의 일

반 건물 전장과 성인이 평균적으로 서있을 때를 가정하여 1.2 m의 간격을 두고 측정하였다. Figure 3 (b)는 실험 공간에 설치된 노드들의 배치를 나타낸다. 케이블형 노드와 동일한 환경을 구축하기 위하여 특수 제작한 지지대와 상용 노드를 기반으로 일정한 전력을 공급을 위해 10 개 노드 단위로 동일한 단자에서 전력을 공급받도록 설치하였다. 설치된 케이블형 노드의 위치를 인식하고자 하는 공간에서 시작점을 잡고 고정 노드의 신호를 측정하여 이 신호를 기반으로 경로에 따라 각 노드의 RSSI를 초당 1~3 회 측정을 기준으로 50 cm 간격으로 데이터베이스를 만든다.

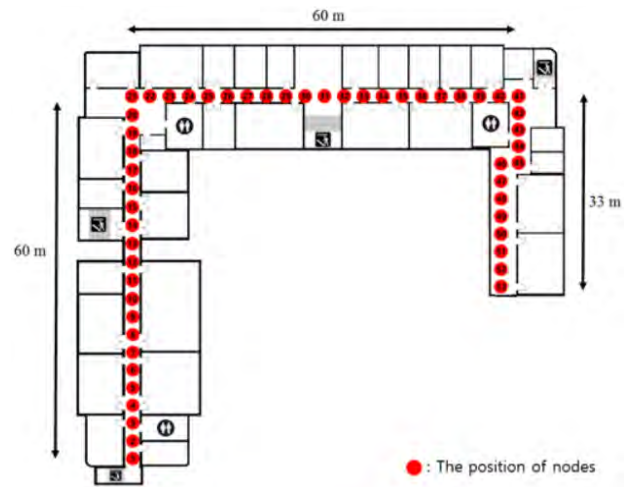


Figure 2: The experiment environment



(a) The used Wi-Fi node in experiment



(b) The installed nodes in experiment space

Figure 3: (a) The used node and (b) The deployment of node for experiment

4.2 실험 결과

케이블형 노드의 RSSI 측정 결과를 정규화 시킨 결과는 Figure 4과 같다.  $x$ 축은 측정 위치,  $y$ 축은 노드 번호,  $z$ 축은  $RSSI_i$ 를 나타낸다. 벽으로 인하여 차폐된 공간에 의해 감쇄가 크게 일어나게 되어 구분한다. 하지만 신호의 왜란과 반사와 같은 신호로 인해 측정이 되어 오차가 발생한다. Figure 5은 가시화한 이미지 결과를 나타낸다. 가시화된 이미지는 대칭적으로 신호가 분포하며 일반적인 영상과 달리 낮은 주파수와 높은 주파수로 이루어져 있는 것을 확인할 수 있으며, 벽과 같은 장애물로 인하여 신호가 급감하기 때문에 가시화된 이미지는 인접한 픽셀들의 세기 변화량이 커지게 된다. 경로를 따라 측정하였을 경우 측정이 되지 않은 노드 RSSI는 측정불가로 0으로 검은색으로 나타나며 측정이 잘되는 노드 RSSI는 255로 흰색으로 나타나게 된다. 경계선이 직선 구간에 비해 곡선 구간에서 주변 픽셀의 차이가 직선 구간에 비해 높게 발생한다. Figure 6은 경계선 검출기를 사용하여 (a) Proposed algorithm, (b) Canny 필터를 사용한 결과를 나타낸다. 이진화된 이미지로 Proposed algorithm은 Threshold를 식 (9)를 사용하였으며 Canny는 최소과 최대의 그라디언트값을 사용하였다. Proposed algorithm 필터를 이용할 경우 Canny 검출에 비해 제안하는 가시화 이미지에서 경계선 검출이 잘

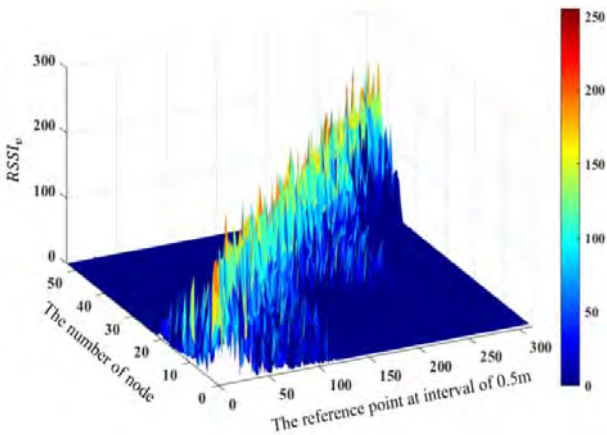


Figure 4: The normalized RSSI according to measured positions

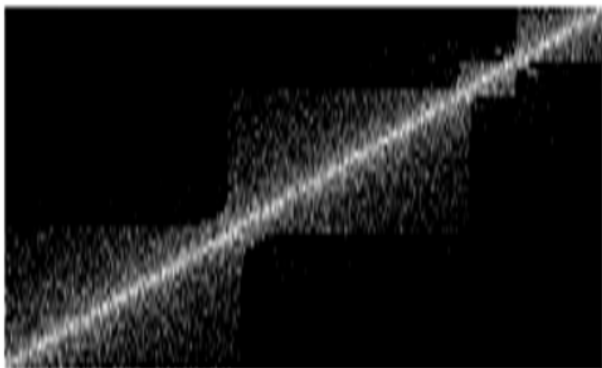


Figure 5: The RSSI Visualization of Cable Type Wi-Fi in Corridor



(a) Proposed algorithm



(b) Canny filter

Figure 6: Edge detection (a) Proposed algorithm (b) Canny

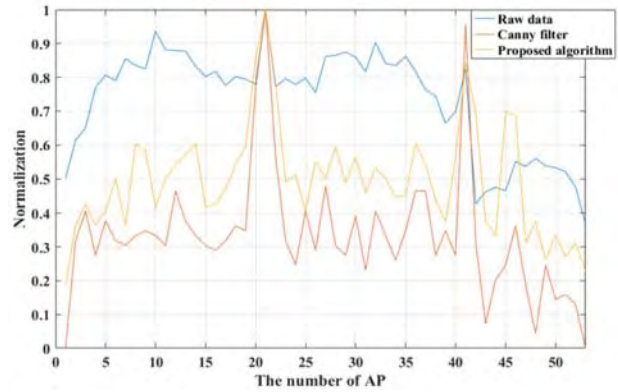


Figure 7: The total RSSI distribution

발생하는 것을 확인 할 수 있다. Figure 7은 전체 RSSI 분포 데이터이며  $x$ 축은 노드 순서를  $y$ 축은 정규화하여 합성된 신호 분포를 나타낸다. 정규화는 식 (11)과 같으며 각 알고리즘을 비교하기 위해 최대값을 1로 정규화하여 비교하였다.

$$Normalization(x) = \frac{TRD_y(x)}{Max(TRD_y(x))} \quad (11)$$

$TRD_y(x)$ 는 전체 RSSI 분포 데이터를 나타내며 식 (10)과 같고,  $Max(TRD_y(x))$ 는 전체 RSSI 분포 데이터에서 최대값을 의미한다. Raw data는 직선인 구간에서도 값이 높게 나와 판별이 어렵다. Canny 필터, 제안하는 Sobel 필터를 사용할 경우 직선구간에서 필터과정을 거치게 되어 낮아지며 곡선 구간이 두드러지게 되어 판별이 가능하다. 곡선 구간은 21, 41, 45, 46 번으로써 Canny 필터는 21, 41 번은 판별이 잘되나, 45번과 46 번에서 필터과정을 거치게 되면서 잡음과 같이 제거된다. 하지만 제안하는 Sobel 필터를 사용할 경우 21, 41, 45, 46 번의 모든 곡선 구간에서 잡음과 구분이 잘 되는 것을 확인할 수 있었다.

Table 1은 곡선 구간에서의 필터 성능을 비교한 결과이다. Canny 필터와 제안하는 알고리즘 성능을 비교해본 결과 제안하는 알고리즘이 21, 41 번에서는 유사하게 나왔으나 45, 46 번에서 각각 32.53%, 66.41% 증가하였다. 또한 Raw data보다 제안하는 알고리즘 성능은 주변의 잡음이 34.16% 감소시키는 성능을 나타내었다.

Table 1: The comparison of filter performance in corner area

Algorithm	AP Number			
	21	41	45	46
Raw data	1.0000	0.8242	0.4643	0.5509
Canny filter	1.0000	0.9565	0.2464	0.3623
Proposed algorithm	1.0000	0.8438	0.6979	0.6876

### 5. 결 론

기존의 Trilateration 방식은 Wi-Fi 노드의 정확한 고정 좌표가 확보되어야 고정된 노드의 상대적인 사용자의 위치 측정이 가능하기 때문에 정확한 노드의 위치정보를 확보하지 않고 위치인식을 적용하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 WLAN 기반의 위치인식을 구축하는 한 방법으로 일정한 노드의 RSSI 측정과 빠른 공간 분석을 위하여 케이블형으로 제작하는 노드의 최적의 배치 간격을 분석하고 이를 기반으로 측정된 RSSI를 가시화과정을 통해 신호의 분포를 확인하고 이를 Sobel 마스크 및 수평 히스토그램 연산을 통해 공간의 특징 구간을 구분 제안하였다. 일반적인 노드의 설치된 순서에 의해 생성되는 Path Loss Model 자유공간과는 달리 벽에 의하여 RSSI가 감쇄되므로 곡선 구간에서 가시화된 이미지를 보면 인접한 픽셀에 미분된 절대 값이 커지는 현상이 강하게 나타난다. 하지만 가시화된 이미지에 경계선 검출을 사용함으로써 직선구간과 곡선 구간을 비교적 정확한 판별이 가능하였으며 이를 바탕으로 정확한 노드의 위치측정에 적용하였다. 제안하는 실험환경을 구성하여 Raw data와 제안하는 알고리즘 성능을 비교해본 결과 제안하는 알고리즘이 21, 41, 45, 46 번에서 각각 0%, 1.96%, 23.36%, 13.67% 증가하였다. 또한 직선 구간 신호의 세기를 34.16% 감소시켜 직선구간과 곡선구간의 특성을 더욱 뚜렷하게 나타내었다. 향후 복도뿐만 아니라 건물에 모든 방에 케이블형 노드가 설치되어있을 때의 상황에서 방, 복도, 층수까지 확장하여 판별하여 Wi-Fi map을 생성하는 기법에 대해 연구할 계획이며 본 논문에서는 제안한 방법을 사용하여 Wi-Fi map 제작 시 정확한 위치 판별성능 향상에 도움이 될 것으로 보이며 Cable형 노드의 위치측위 성능이 향상되어 위치인식 오차를 감소시켜 정밀한 위치과악이 기대된다.

### 후 기

“이 논문은 2015년도 중소기업청의 지원을 받아 수행된 창업성장-1인창조 사업임 (No. S2292553)”

### References

- [1] J. H. Seong, T. G. Gwun, S. H. Lee, J. W. Kim, and D. H. Seo, “Radio map fingerprint algorithm based on a log-distance path loss model using WiFi and BLE,” Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 40, no. 1 pp. 62-68, 2016 (in Korean).
- [2] J. H. Kim, H. J. Kim, J. S. Kim, S. G. Lee, and D. H. Seo, “An indoor localization approach using RSSI and LQI based on IEEE 802.15.4,” Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 38, no. 1, pp. 92-98, 2014 (in Korean).
- [3] H. J. Cho, J. S. Kim, S. G. Lee, J. W. Kim, and D. H. Seo, “Fixed node reduction technique using relative coordinate estimation algorithm,” Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 37, no. 2, pp. 220-226, 2013 (in Korean).
- [4] J. H. Seong, T. W. Lim, J. S. Kim, S. G. Park, and D. H. Seo, “An improvement algorithm for localization using adjacent node and distance variation analysis techniques in a ship,” Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 37, no. 2, pp. 213-219, 2013 (in Korean)
- [5] S. Y. Yang, Optimization Technique for Access Point Placements in Indoor communications Environments, M.S. Dissertation, Department of Electrical Engineering, KAIST, Korea, 2011 (in Korean).
- [6] T. H. Kim and S. W. Tak, “Modeling and performance evaluation of AP deployment schemes for indoor location-awareness,” The Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 17, no. 4, pp. 847-856, 2013 (in Korean).
- [7] H. S. Kim, J. M. Bea, and J. H. Choi, “Wireless LAN based indoor positioning using received signal fingerprint and propagation prediction model,” The Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 38, no. 12, pp. 1021-1029, 2013 (in Korean).
- [8] J. H. Seong, J. S. Park, S. H. Lee, and D. H. Seo, “Indoor localization algorithm based on WLAN using modified database and selective operation,” Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 37, no. 8, pp. 932-938, 2013 (in Korean)
- [9] A. Makki, A. Siddig, M. Saad, and C. Bleakley, “Survey of WiFi positioning using time-based techniques,” Computer Networks, vol. 88, pp. 218-233. 2015.
- [10] D. S. Han, M. W. Jeong, and H. S. Kim, “A Study on Image Rotation Correction of Real Time Using ACB Algorithm Based on Sobel Edge,” Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 13 no. 6, pp 1-6, 2015 (in Korean).