

전파특성실험과 GIS를 이용한 센서노드배치시스템*

강진아^{1*} · 권혁종² · 배명남³ · 우제윤¹

A Sensor Node Allocation System Using Propagation Characteristic Experiment and GIS*

Jin-A KANG^{1*} · Hyuk-Jong KWON² · Myung-Nam BAE³ · Je-Yoon WOO¹

요 약

IT 융복합 기술이란 IT 관련 기술 혹은 성능이 하나로 합쳐져서 새로운 시너지를 창출하는 기술로써, 본 연구에서는 건설과 IT 기술을 합하여 새로운 시너지를 창출하기 위한 기초 연구를 수행하였다. 특히 세부적으로 USN과 GIS기술들을 결합하여 도시내 시설물 관리에 적용하여 관리하는 것을 최종 목적으로 하고 있다. 이를 위해 본 연구에서는 USN 하드웨어 개발, 전파통신 실험, GIS 알고리즘 작성 등을 수행하였으며, 이를 기반으로 시스템을 개발하였다. 기존 USN 센서노드 배치 방식은 현장 실측을 통한 방법 혹은 무작위적인 설치 방법들이 대부분이었으나, 이 방법들은 비용적인 측면과 효용성 측면에서 상반되는 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위한 센서노드배치 시스템을 구축하기 위한 기반 연구를 진행하였으며, 이를 이용하여 도시 단위의 범위에서 USN 기술들을 적용할 수 있어 U-City, Smart-City 등과 같은 유비쿼터스 도시 개발에 기반 기술로 사용이 가능하다.

주요어 : 전파특성지도, USN, GIS 배치 알고리즘, 센서노드배치시스템

ABSTRACT

IT convergence and integration technology aims to create new synergies by combining IT related technology and performance. This study conducted a basic research for combining construction and IT technology to create new synergies. Specifically, the purpose of this study is to combine USN and GIS technology and then apply it to urban

2011년 10월 17일 접수 Received on October 17, 2011 / 2011년 11월 17일 수정 Revised on November 17, 2011 / 2011년 11월 24일 심사완료 Accepted on November 24, 2011

* 이 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(O6국토정보C01)에 의해 수행되었음.

1 한국건설기술연구원 U-국토연구실 Ubiquitous Land Research Division, Korea Institute of Construction Technology

2 (주) 웨이버스 기술연구소 R&D Institute, WAVUS Co., Ltd.

3 한국전자통신연구원 USN기반기술연구팀 USN Core Technology Research Team, Electronics and Telecommunication Research Institute

※ 연락처 E-mail : jakang@kict.re.kr

facilities management. For this, we have developed the USN hardware, tested propagation communications, and made the GIS Algorithm and a system. Existing sensor node allocation method is mostly to install in a random way or with in-situ survey, but the problem with this method is contradictory to cost effectiveness and efficiency. To solve this problem, we developed a new method for sensor allocation. Using this method, the USN technology could be applied in the range of city unit. This technology can be applied to the ubiquitous urban development such as U-City and Smart City.

KEYWORDS : Propagation Map, USN, GIS Allocation Algorithm, Sensor Allocation System

서 론

최근에 도시 공공시설물 관리의 문제를 해결하기 위해 무선 센서 네트워크 기술을 적용하는 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나 연구 대부분은 교량이나 터널 등 일부 대형 시설물에 센서를 부착하여 모니터링 하는 연구가 대부분이며 도시에 산재되어 있는 시설물을 통합적으로 관리하는 연구는 찾기가 어렵다(강진아 등, 2009). 도시 시설물 관리를 위한 USN 센서노드 배치는 전파·통신과 GIS 학문의 융복합을 통한 시너지의 창출로 도시 내 전파 특성과 GIS 알고리즘을 더하여, 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻을 수 있다.

무선센서네트워크(USN:Ubiquitous Sensor Network)는 유비쿼터스 환경의 기반 기술로써 저전력, 저비용 등 소규모 특성을 갖고 기지국과 같은 기반시설이 아닌 Ad_hoc 기법을 통해 통신한다. 일반적으로 센서노드 네트워크 구성을 위해 현장실측이나 또한 무작위 설치를 진행하고 있는데 도시 내 USN을 적용하여 시설물 관리할 경우, 넓은 지역을 대상으로 많은 수의 센서노드를 실측하여 설치를 계획해야 하기 때문에, 시간과 비용이 천문학으로 소요되게 된다. 이러한 부분이 USN이 U-City, Smart-City 등에 직접적으로 적용하기 어려운 이유 중에 하나이다. 또한 보이지 않는 전파 특성으로 인해 매체간 상호 간섭, 주변 환경정보에 의한 신호 손실, 지형으로 인한 LOS(Line Of Sight) 확보 등의 문

제를 가지고 있으며, 사용자나 관리자는 초기 망 구성 시 효율성과 안정성을 높이기 위한 사전작업들을 필요로 한다.

본 연구에서는 RF 이론을 근거로 연구지역(일산)내에 USN 센서노드 배치를 위한 전파 실험을 진행하고, 이를 바탕으로 지리정보시스템을 구축하기 위해 전파 모폴로지 지도를 제작하였고, 또한 전파 방해 요소인 지형 및 건물 정보를 반영하기 위한 GIS 알고리즘을 제시하고자 한다.

선행 연구

도심 영역에서 USN 센서노드 배치는 효율적이고 신뢰성이 보장되는 네트워크 구성을 위해 매우 중요하다. 센서노드 배치는 개별 도심환경에서 무선신호의 전달 상태를 고려한 손실을 가급적 정확하게 예측하는 것이 필요하다.

여러 환경에서 경로손실을 예측하기 위한 여러 방법이 제시되었다. 대표적으로 도심에 대한 충분한 물리적 환경정보와 RT(Ray Tracing)을 바탕으로 신호 강도를 계산하는 방식이 있다(Rustako *et al.*, 1991). 이러한 방식은 이상적인 환경으로 모델링해야 하는 것을 전제한 것으로 무선신호 전달 과정의 반사, 회절, 산란 등을 야기하는 교통량이나 가로수와 같은 장애물에 대한 고려가 없어, 도심 환경의 실제적인 상황을 반영하기 어렵다(Sarkar *et al.*, 2003). 또한 계산을 위해 도

심 환경에 대한 높은 수준의 정밀성을 보장해야 하기 때문에 많은 비용과 처리 시간이 요구된다(Herring *et al.*, 2010). 최근, 이러한 비용과 처리 시간의 단축을 위한 연구들(Barbiroli *et al.*, 2009)이 부분적으로 제시되고 있지만 아직까지 널리 사용되고 있지는 않다. 다른 접근 방식으로는 실제 통신 채널의 측정치를 기반으로 한 일련의 수식을 통해 경로 손실을 모델링하는 방식들이 제시되었다. 이러한 방식은 Non-Line-of-Sight (NLOS) 문제를 도시의 전파 특성을 가장 대표적인 파라미터들만으로 예측하는 점에서 한계를 가지고 있지만 도시 영역에서 LOS를 배제하고 이동성을 예측할 수 있어 복잡성과 오류 편차를 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다(Oda *et al.*, 2000).

한편 국내에서도 GIS의 활용을 통해 USN 센서노드를 현실에 적용하려는 연구들이 많이 진행되었다. 센서노드를 현장에 적용하려면 우선, 센서노드에 영향을 미치는 요소들을 정량화하여야 하는데, 김대영 등(2008)은 센서 및 노드에 영향을 미치는 인자들을 정량화하여 시스템을 구축하였으며, 주로 공간해상도가 낮은 범위에서 산악, 도로, 개활지, 하천으로 나누어 센서노드는 배치하였는데, 실제 환경을 정밀하게 반영하지는 못하였다. 강진아 등(2009)은 도시 시설물관리에 USN을 적용하기 위한 사전연구로 도시내 시설물의 종류 및 적용 방안을 연구와 센서노드의 커버리지를 기준으로 간단한 도시내 센서노드 배치 방법을 제안하였다. 이와 같이 기존 방법들은 공간 해상도와 정밀도가 낮은 자료를 사용하고 있으며, 실제 지형 및 지물의 특성을 정밀하게 적용하는 연구들은 최근에 이루어지고 있다. 이를 위해서는 도시의 실제 도로, 건물 등의 기하학적인 정보들이 필요할 뿐만 아니라, 송수신의 LOS를 보장하기 위한 고도 등과 같은 실제적인 데이터가 필요하며, GIS 알고리즘 적용하면 효율적인 적용이 가능하다(김호용, 2010).

본 논문에서는 도심 환경에서 USN 센서노드 배치를 위해 LOS를 전제하는 경험적 방식의 경로 손실을 예측하며, GIS 알고리즘을 적용을 위해 실제 접근 가능한 구조적 정보들을 활용하여 전체 도시를 적용 대상으로 효율적인 배치 전략을 제시하고자 한다.

이론 고찰

1. 전파 측정 및 경로손실 평가

전파 모델은 무선 센서 네트워크 같은 무선 통신 시스템을 설계하고 배포하기 위한 주요한 도구이다. 모델은 시스템이 동작하는 환경과 특성과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 일반적으로 전파 모델과 수신기에 도달하는 RF 시그널의 왜곡이나 감쇄를 예측하여, 무선 센서노드에 가장 적합한 위치를 결정하는데 활용할 수 있다. 그 결과, 새로운 기술과 함께 이 기술을 적용하는 환경의 전파 특성을 이해하는 것이 매우 중요하다. 본 논문은 도심에서 실제 채널 측정을 기반으로 다음과 같은 일련의 식들을 통해 경로 손실 PL(Path Loss)을 모델링하고자 한다(식 1).

$$PL(d)[dB] = 10 \cdot \alpha \cdot \log_{10}(d) + L_{m,\delta} \quad (1)$$

여기에서, α 는 경로감쇄지수이며 d (in meter)는 송신기와 수신기의 거리이다. $L_{m,\delta}$ 는 추가 경로손실이며, 평균 m 과 표준편차 δ 로 정의되는 분포로 정의된다.

이러한 경로손실 모델은 도시 시설물 관리 측면에서 설치될 USN의 통신 커버리지가 에너지 관리를 위한 전송전력 제어 혹은 센서노드 배치를 통한 네트워크의 효율적인 구성 등에 활용할 수 있다. 그러나 도시 내 전파 특성은 다양하기 때문에 경로손실모델을 도시 전역에 적용하기 위해서는 전파 특성에 따른 지역별 혹은 구역별 분류기준이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 그림 1의 통계청 기초단위구 자료를 사용하여 공간 DB를 분류하였다.

번호	대분류	소분류	분류기준
11	주거지역	단독주택지역	단독주택 70%이상
12		아파트지역	아파트가 80%이상
13		공동주택지역	공동주택 80%이상
14		주택혼합지역	주택의 종류가 혼합된 70% 이상 주택지역
21	준주거지역	단독주택, 상가복합지역	단독주택 30~70%이고, 상가와 혼합
22		공동주택, 상가복합지역	공동주택 30~70%이고, 상가와 혼합
23		단독주택, 공장복합지역	단독주택 30~70%이고, 공장과 혼합
24		공동주택, 공장복합지역	공동주택 30~70%이고, 공장과 혼합
25	비주거지역	기타 복합지역	주택이 30%미만이고, 상가 50%이상
31		상가 밀집지역	주택이 30%미만이고, 상가 50%이상
32		공공시설지역	주택이 30%미만이고, 공공시설 50%이상
33		문화시설지역	주택이 30%미만이고, 문화시설 50%이상
34	비주거지역	공장밀집지역	주택이 30%미만이고, 공장 50%이상
35		상가, 공장밀집지역	주택이 30%미만이고 상가 50%이상, 공장이 각각 50%미만
36		기타복합지역	주택이 30%미만이고 상가 50%이상, 공공·문화시설 혼합

FIGURE 1. 기초단위구 분류(통계청)

기초단위구는 통계청에서 건물이나 용도에 따라 분류한 자료이며 건물, 수목, 지형 등에 영향을 받는 전파와 유사한 특징을 가지고 있다. 그러나 기초단위구의 분류는 15가지로 세분화되어 있는데, 그림 2의 기초 단위구 레이어를 참조하여 전파 특성에 연관하여 그림 3과 같이 총 6가지로 재분류를 진행하였다. 즉, 주변 건물, 수목을 기준으로 기초단위구 레이어를 단독주택, 공동주택, 상가/복합, 공장, 공공, 아파트 지역으로 나누었다. 건물의 경우 높이, 재질 등이 주된 기준이며 수목은 그 유무와 양에 따라 분류하였다. 예외적으로 공공시설의 경우, 학교나 공원 등으로 건물의 높이가 낮고, 수목이 많이 분포하는 특징을 가지고 있었다.

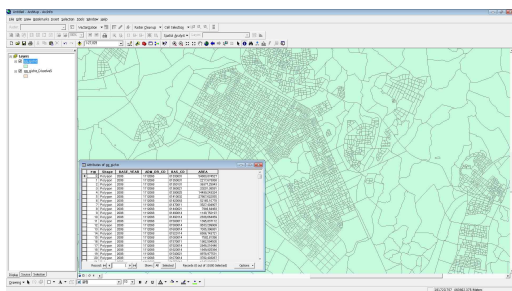


FIGURE 2. 기초 단위구 레이어(일산)

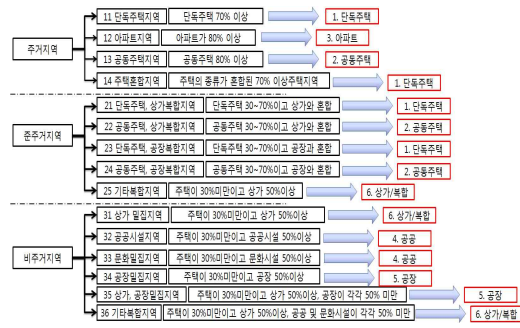


FIGURE 3. 기초단위구 재분류

2. 모폴로지 적용 알고리즘

도시내 무선 전파특성을 GIS에 적용하기 위해 도시 전체를 대상으로 간섭 등과 같은 전파특성을 동일하게 적용할 수 있는 단위 모폴로지들로 구분한 전파특성지도를 작성하였으며, 이에 따라 설치 대상지역의 범위와 위치 등이 결정되고, 그 결과 센서 위치 및 개수가 많이 달라질 수 있다.

먼저, 센서노드의 기본 위치를 결정하기 위해, 도로망 지도 데이터에서 교차로 지역을 탐색하여 그로부터 모폴로지 데이터를 이용하는 방법과 모폴로지 적용 알고리즘은 그림 4와 같다.

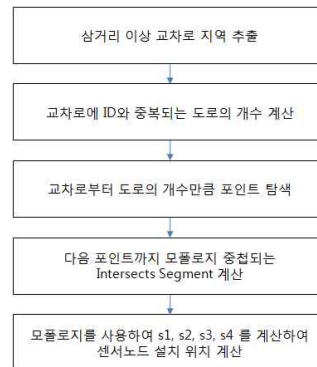


FIGURE 4. 절차

모폴로지 적용 알고리즘에 따라, 그림 5에서는 공간 데이터베이스내 도로 레이어를 대상으로, 교차로 노드인 node 1에 대해 교차되

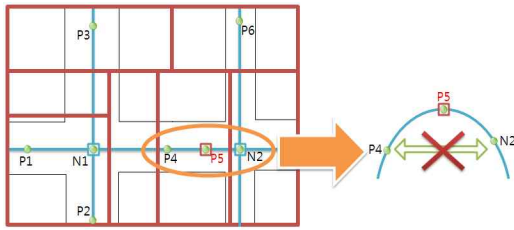


FIGURE 8. DEM 적용

실험 및 시스템 구축

1. 측정실험 및 전파특성지도 작성

실험은 경기도 일산 도심의 전파 환경에서 얻어진 실제 무선 채널 데이터베이스를 기반으로 신호 전달 과정에서의 경로손실 특성을 분석하게 된다. 일산 도심에서 채널 상태를 실측하기 위해, RF Transceiver 칩인 CC2420을 활용하여 송신기와 수신기를 구성하였으며, 주요 사양은 표 1과 같다.

TABLE 1. RF transceiver Parameter

Parameter	Value
Bit per second	$250 \times 10^3 \text{ bps}$
Typical transmit power(P_{tx})	$0 \sim 10 \text{ dBm}$
Probability of Error(P_b)	10^{-3}
N_0	$4 \times 10^{-14} \text{ mW/Hz}$
P_b	4 us
Typical noise figure	$45 \pm 6 \text{ dB}$

그림 9는 일산 도심에서 거리 변화에 따른 송신 전력 대비 수신기의 수신 감도를 모폴로지별로 실측한 무선 채널 상태를 보이고 있다. 실제 측정 환경에서 2.4GHz 무선 채널 데이터를 측정하였고, 최대 10dBm 송신전력에 대해 안테나 이득을 포함하여 -85dB까지 측정할 수 있기 때문에 고려될 수 있는 최대 경로손실은 -95dB이다. 송신기와 수신기의 높이는 동일한 1.8m이며 거리는 평균 10m 단위로 구분하여 수집하였다.

본 연구에서는 먼저, 유사한 특성을 갖는

수신 채널 상태를 갖는 모폴로지별로 구분하고, 이로부터 경로 손실 감쇄 관측치를 유도하였다.

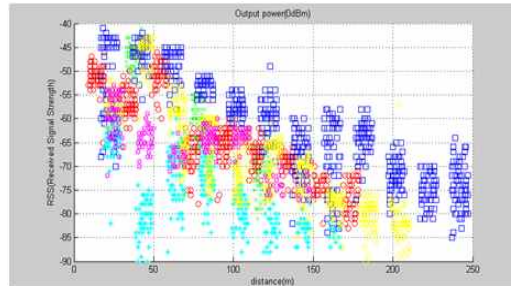


FIGURE 9. 일산 도심 모폴로지별 신호강도 측정

실측 과정은 6개의 대표 도심 구역으로 구분되어 수행하였으며, 구역별로 수집된 무선 채널 데이터에 대해, 측정 오차의 효과를 최소화하면서 실측을 통해 얻은 값들 사이의 관계를 구하였다. 실측에서, 도심에서 구획된 각 모폴로지는 전파 특성을 대표하는 단일의 경로손실 모델을 가지게 된다. 이때, 경로손실 모델은 해당 모폴로지내에서 실측된 수신감도에 의한 평가 손실치와 거리(street)에 따른 상관관계를 회귀근사법에 의해 산정할 수 있다.

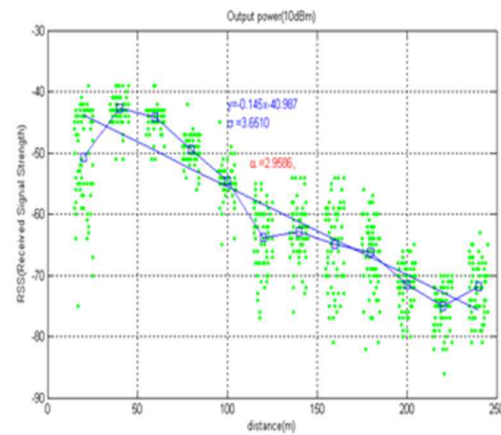


FIGURE 10. 측정 데이터와 LOS 경로손실 근사

예를 들어, 그림 10의 경우, 모폴로지내 한 거리에서 경로손실감쇄지수 α 는 2.9586이며, 표준편차는 3.6610dBm 임을 알 수 있다.

본 연구에서는 이러한 반복 실측을 통해, 대표구역으로 주택 공공시설, 공동주택, 아파트, 공장지구, 상가지구, 교차로 지역을 대표할 수 있는 손실 감쇄지수를 얻을 수 있었다(그림 11).

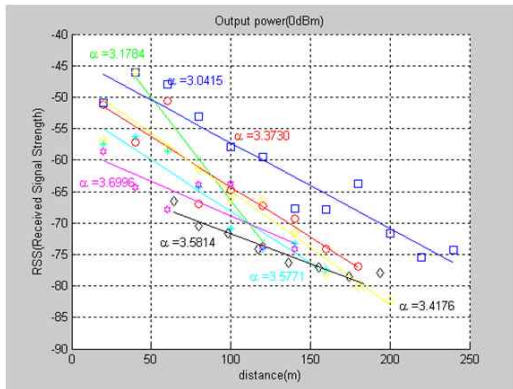


FIGURE 11. 모폴로지별 경로손실 분석

다음 표 2는 각 모폴로지별 경로감쇄지수로 부터 유도된 통신 커버리지를 결정할 수 있다. 표에서, Scattering Exponent는 Path Loss를 적용한 계산에 의해 측정된 무선 신호의 유효 도달거리이다.

TABLE 2. 모폴로지 환경에 따른 손실 감쇄 지수

Outdoor Application	Path Loss Coefficient	Scattering Exponent
단독주택(붉)	3.3730	<260m
공동주택(청)	3.0415	<350m
공공시설(녹)	3.1784	<170m
아파트(열은청)	3.5771	<230m
공장지역(노)	3.4176	<240m
상가지구(검)	3.5814	<290m
교차로(분홍)	3.6996	<240m

모폴로지의 특성을 근사화해 대표할 수 있

는 경로손실 감쇄지수 α 는 해당 모폴로지의 전파 특성을 대표한다. 한편, 모폴로지별 경로 손실 감쇄지수는 개별 도로에 대한 추가 손실의 고려가 필요하다. 도로에서 추가 경로손실 $L_{m,\sigma}$ 에 대해, 대표적인 관측치가 제시되고 있으며, 예를 들어 거리를 횡단하여 건너가는 경우 $N(2,2.5)$, 가로수의 밀도에 따라 대략 8 dB 이하의 손실이 추가로 관측된다. 따라서 이를 고려하여 $\tilde{\alpha} = \alpha + N(0, X)$ 와 같은 경로 손실감쇄지수 보정을 사용함으로써 보다 정교한 모폴로지 전파 특성을 대표할 수 있다.

그림 12는 대상지역 일산에 대한 전파특성 실험을 결과를 반영한 그림이다.

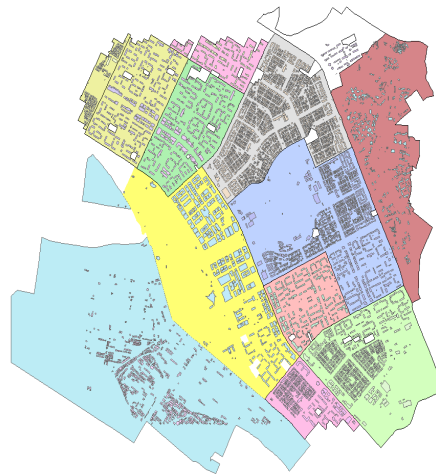


FIGURE 12. 전파특성지도

2. 센서노드배치 시스템 구축 방법

센서노드의 위치는 기초단위구 공간데이터, 도로 중심선 공간데이터, Lidar 데이터를 사용하여 계산하게 되는데 특히 Lidar 데이터는 LOS를 보장시켜주는데 중요한 역할을 하게 된다(최철현 등, 2011). 그림 13은 센서노드 배치를 수행할 지역인 일산 정발산 주변의 기초단위구 데이터와 도로 중심선 공간데이터를 중첩하여 도식한 그림이다.

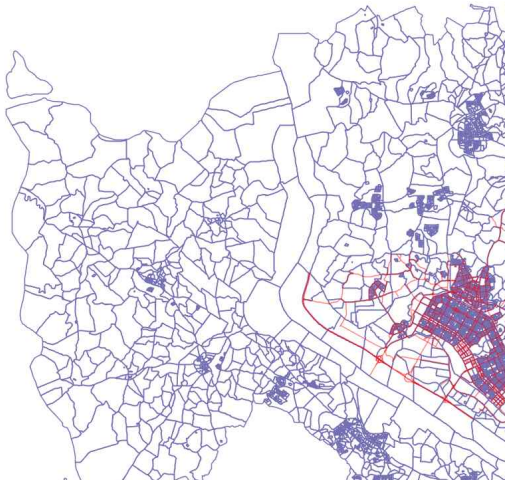


FIGURE 13. 기초단위, 도로중심선 공간데이터

그림 14는 정발산 지역의 Lidar 원본 데이터를 표현하였는데, 센서노드의 위치 결정은 도로 중심선 데이터의 차선 정보를 이용하여 3차선 이상인 도로를 찾기 위하여, 객체의 공간연산을 통하여 intersect 결과가 3개 이상이고 3차선 도로인 경우 intersect point를 교차로 노드로 판단하였다. 그림 15와 같이 교차하는 도로가 모두 3차선 이상일 경우 센서노드를 우선 배치하게 된다.

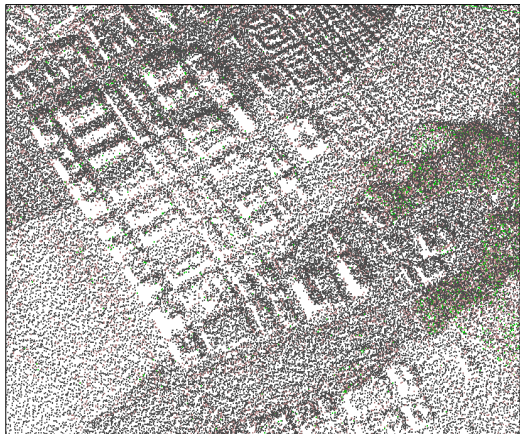


FIGURE 14. 정발산 지역의 Lidar 데이터

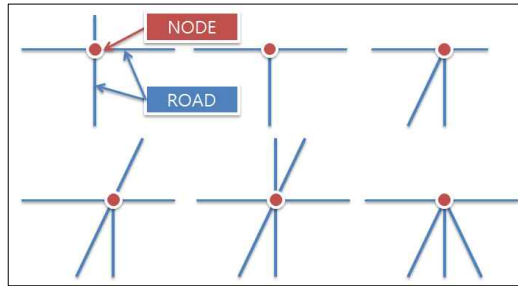


FIGURE 15. 센서노드가 설치되는 교차로 예시

그림 16은 교차로를 이용한 알고리즘을 설명하고 있다. 교차로 노드는 다음 교차로 노드를 만날 때까지 센서노드 위치를 계산하고, 교차로 노드와 교차하는 도로 중심선의 LineString과 중첩하는 기초단위 데이터의 분류코드(m_1, m_2, \dots, m_n)와 intersection 연산을 수행하여 기초단위에 속한 도로 중심선의 LineString 길이(s_1, s_2, \dots, s_n)의 계산식 이용하여 센서노드의 위치(p)를 결정하게 된다.

$$m_1 \leq s_1 : p = m_1$$

$$m_1 > s_1 : p = s_1 + \frac{(m_1 - s_1) \times m_2}{m_1}$$

p : 센서노드위치 m : 모폴로지값
 s : 도로 segment

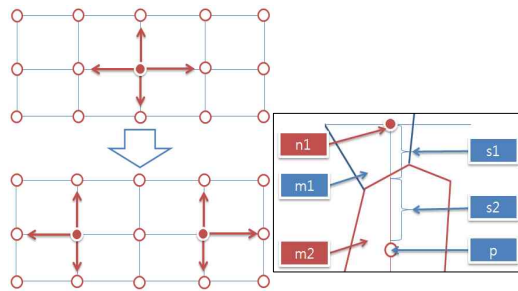
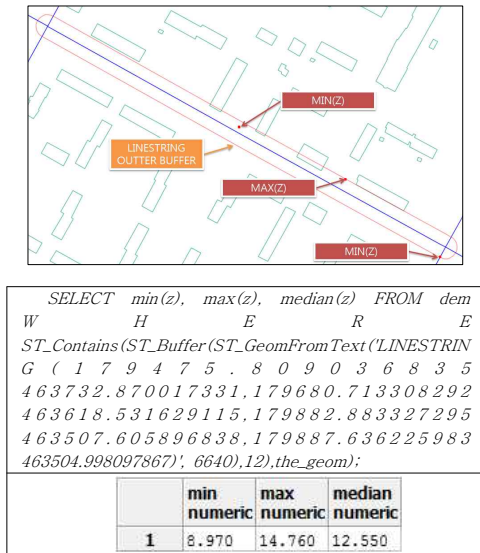


FIGURE 16. 교차로 노드를 이용한 센서노드배치방법

센서노드의 위치가 결정되면 교차로에 설치

된 센서노드와의 고도차에 의한 두 센서노드 간의 가시성을 고려하여야 한다. 이를 해결하기 위해 DEM(Lidar) 데이터를 사용하였다. 센서노드간의 LOS를 보장하기 위해 송수신 안테나의 지형·지물의 높이가 2m 이상일 경우, 시야 확보가 되지 않으므로 추가로 센서노드를 설치하도록 설계하였다. 이에 대한 구체적인 과정으로 먼저 표 3에서 기 결정된 센서노드의 위치와 기초단위구 데이터의 분류코드를 적용하여 결정된 센서노드의 위치 사이의 도로 중심선 LineString을 추출하며, 추출된 LineString의 Outer Buffer Polygon을 생성한다. Buffer의 크기는 도로 차선수 정보를 이용하여 결정한다. 다음으로, 생성된 Polygon에 포함 되어있는 DEM의 최소, 최대, 중간값의 좌표(x, y)들을 가져온다. 이때, 최소값 좌표 사이에 최대값이 위치하고, 최소와 최대값 사이의 각각의 거리와 고도차를 이용하여 사이각이 양쪽 모두 30° 이상일 경우 고도차에 의한 전파 불통지역이라 판단하였다. 이 경우 최대값이 존재하는 위치에 센서노드를 추가하였다(표 3).

TABLE 3. Lidar DEM 데이터의 min, max, median



3. 센서노드 배치 시스템 구현

본 연구에서 배치시스템 구현은 표 4와 같은 오픈소스 소프트웨어 기반으로 개발하였다.

TABLE 4. 시스템 하드웨어, 소프트웨어, 개발언어

	Name	Specification
H/W	Processor	Intel Core i5 M580@2.67GHz
	Memory	DDR3 8192MBytes
S/W	Web Server	Apache Tomcat 6
	Map Server	GeoServer 2.0.2
	DBMS	Postgresql 9.0 PostGIS 1.5
Dev.	Server	Java 1.6.0_22
Lang.	Client	Flex 3 API

속성데이터와 공간데이터의 저장과 처리는 PostgreSQL과 PostGIS를 사용하였다. 웹서버는 Apache Tomcat을 사용하였고, 웹서버에서 동작하는 센서노드 위치를 계산하는 공간연산서버를 개발하였다. 또한 클라이언트를 포함한 소프트웨어 아키텍처는 그림 17과 같으며 웹브라우저에서 실행이 가능하도록 설계하였다.

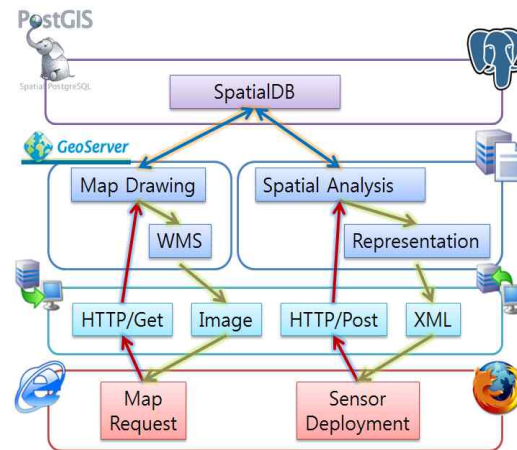


FIGURE 17. 시스템 소프트웨어 아키텍처

공간연산 서버는 웹클라이언트로부터 전송된 범위에 해당하는 공간데이터를 대상으로 센서노드 위치를 계산한 후 다시 웹클라이언트로 전송한다. 그림 18은 공간연산 서버와 웹클라이언트간의 데이터 전송 XML 이다.

사용자가 선택한 영역의 정보는 XML 형태로 POST방식으로 공간연산 서버에 전송된다. 좌표는 소수점 3자리에서 반올림하여 두자리의 형식으로 되어있다. ‘<boundary>.....</boundary>’는 사용자가 선택한 영역의 데이터이다.

서버는 사용자가 보낸 XML 데이터를 파싱하여 <boundary> 영역과 도로중심선, 기초단위구역, DEM과 공간연산을 수행하게 된다.

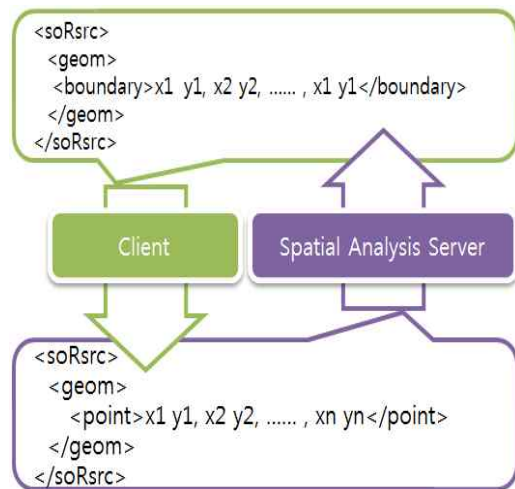


FIGURE 18. 서버와 클라이언트 xml

그림 19는 센서노드 위치를 결정하는 센서노드 최적배치 시스템의 초기화면이다. 도면은 WMS를 지원하는 지도서버로부터 전송받은 이미지로 표현하며, 이 도면에서 사용자는 센서노드를 설치할 범위를 설정하여 서버로 전송한다. 오른쪽 화면의 상단은 센서노드의 좌표를 표시하고, 하단은 서버로부터 전송받은 XML 내용을 표시하게 된다.

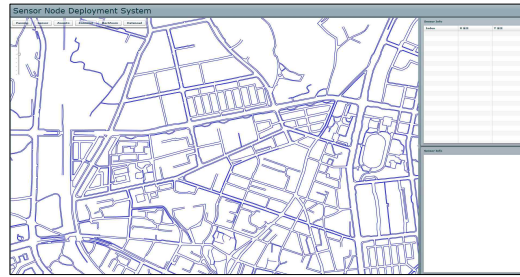


FIGURE 19. 센서노드 배치 시스템 초기화면

그림 20은 서버로부터 센서노드 배치를 전송받은 후 지도에 도시한 것이다. 센서노드 좌표와 서버로부터 전송받은 XML 내용이 표시되어있다.

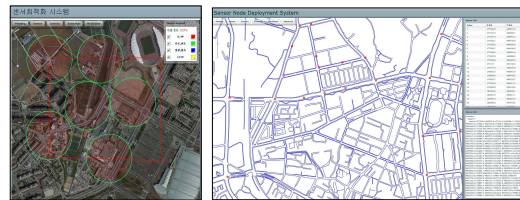


FIGURE 20. 센서노드 최적배치 시스템 결과화면

그림 20의 좌측 그림은 과거 연구에서 도로 레이어를 이용하여 등거리 간격으로 센서노드를 배치한 연구결과이다(강진아 등, 2009). 임의의 점을 기준으로 등거리 간격으로 설치되는 센서노드 배치 방법은 구현 및 연산속도 등의 부분에서는 장점이 있으나 도로, 건물 및 고도 등의 문제로 발생하는 LOS 확보 문제로 인한 실효성 문제를 가지고 있었다. 그림 20의 우측 그림은 본 연구의 결과로서 등거리 간격배치로 발생되었던 LOS 부분이 개선이 되었다는 것을 확인 할 수 있다. 우선적으로 도로 수가 3차선 도로이고, 교차로인 곳에 센서노드가 설치되면서 LOS를 확보하게 되었고, 교차로 노드와 노드간의 센서노드 위치를 재배치하여 보다 현실적인 센서노드 배치 결과를 얻을 수 있었다.

결 론

본 연구에서는 USN 기술들을 건설, 환경, 시설물 관리 분야에 적용할 수 있는, 이전보다 현실과 가까운 기술을 제안하였다. USN 센서노드의 기존 설치 방법은 현장 실측을 통한 방법과 무작위적인 방법이 대부분인데, 그 이유는 지형·지물 등에 대한 각 경우마다 전파적 특성이 다양하기 때문이다. 이를 본 연구에서는 전파 모델을 기반으로 전파 특성 지도를 작성하여 공간데이터로 활용하였다. 또한 기존 전파 모델 중 LOS를 확보할 수 있는 알고리즘을 생성하여 시스템에 반영하였다. 과거 USN을 도시 시설물 관리를 위한 연구에서는 등거리 간격으로 센서를 배치하였는데, 기존 방법은 전파에 영향을 많이 미치는 건물이나 도로의 선형 구조를 반영하지 못하는 특징을 가지고 있어, 이를 극복하기 위하여 다양한 공간데이터를 사용하는 방법과 이 방법을 구현하는 시스템을 제안하였다.

그러나 공간데이터, DEM(Lidar) 및 기초 단위 데이터에 의해 생성되는 도로 중심선 Segment들의 연산은 설치 대상지역의 크기에 비례하여 연산 속도가 현저하게 증가하는 특징을 가지고 있어, 이에 대한 보완책이 필요하다. 또한 전파의 가장 큰 특징인 LOS에 대한 검증은 일정 부분 확보되었으나, 실제 현장에서 통신 검증은 차후에 이루어져야겠다. **KAGIS**

참고 문헌

- 강진아, 남상관, 권혁중, 오윤석. 2009. 도시지상시설물 관리를 위한 최적 센서노드 배치 방법. 한국지리정보학회지 12(4):158-168.
- 김대영, 최혁재, 이종연, 차시호, 강석중, 조국현, 조민호. 2008. 센서의 성능에 미치는 환경 요소들에 기반한 센서 노드 배치 방법. 한국통신학회논문집. 33(10):894-903.
- 김호용. 2010. 공간통계기법을 이용한 태양광 발전시설 입지 정확성 향상 방안. 한국지리정보학회지 13(2):146-156.
- 최철현, 정성관, 이우성. 2011. 공간구문론과 GIS를 이용한 조망점 위치결정. 한국지리정보학회지 14(2):53-68.
- Barbiroli, M., V.D. Esposti, F. Fuschini and E. Vitucci. 2009. Speed-up techniques for ray tracing field prediction models. IEEE Transactions on Antennas and Propagation 57(5):1469-1480.
- Herring, K.T., J.W. Holloway, D.H. Staelin and D.W. Bliss. 2010. Path-loss characteristics of urban wireless channels. IEEE Transactions on Antennas and Propagation 58(1):171-177.
- Oda, Y., K. Tsunekawa and M. Hata. 2000. Advanced LOS path-loss model in microcellular mobile communications. IEEE Transactions on Vehicular Technology 49(6):2121-2125.
- Rustako, A.J., N. Amitay, G.J. Owens and R.S. Roman. 1991. Radio propagation at microwave frequencies for Line-Of-Sight microcellular mobile and personnel communication. IEEE Transactions on Vehicular Technology 40(1):203-210.
- Sarkar, T.K., Z. Ji, K.J. Kim, A. Medouri and M. Salazar-Palma. 2003. A survey of various propagation model for mobile communication. IEEE Antennas and Propagation Magazine 45(3):51-82. **KAGIS**