

# 이동체 위치 인식을 위한 그리드 센서 네트워크의 효율적인 적용 방안 연구

## Efficient allocation scheme for Grid Sensor Network detecting movement of targeted objects

서기원\*, 김종철, 노형환, 오하령, 성영락, 박준석

(Ki Won Seo\*, Jong Cheol Kim, Hyung Hwan Roh, Ha Ryoung Oh, Yeong Rak Seong, Jun Seok Park)

**Abstract :** In this paper, we introduce the positioning methods using the grid sensor network. The basic operational principle of grid sensor network can be the wireless communication using the sensor node attached on the objects. Sink node receives the environmental information (e.g., temperature, humidity and so on), and transmits the information to the core database. Since the grid sensor network basically uses wireless communication, it is necessary to observe the place where grid sensor nodes to be installed. In this sense, we carried out the practical measurement on the wireless propagation in an applicable field. In addition, link budget study and SNR estimation works were done in accordance with the results from the measurement.

**Keywords:** GSN(Grid Sensor Network),SNR(Signal-to- Noise Ratio), Path\_loss, RSSI(Received Signal Strength Indication), Link Budget

### I. 서론

최근 언제 어디서나 사람과 사물 등의 객체의 위치를 인식하여 양질의 서비스를 제공하는 위치기반 서비스가 중요한 서비스의 하나로 대두되고 있다[1]. 다양한 분야에서 이동체 위치 인식 기술이 연구 및 사용되고 있으나, 정확도, 수용력, 확장성, 고가의 설치비용 등의 문제점으로 인하여 효율적인 적용을 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 이동체 위치인식을 위한 그리드 센서 네트워크를 제안하였다. 본 논문에서는 수신단의 SNR 요구조건을 만족하는 GSN 시스템을 구축하기 위해 우선적으로 전파전파 환경에 대한 실제적인 측정과 이에 검출된 데이터를 검토하고 분석하였다. 그 분석한 정보를 토대로 센서노드, 싱크노드 간의 거리와 디바이스 출력 전력 등을 제한하여 GSN 시스템의 효율적인 응용을 가능하도록 하였다.

### II. GSN 개념

그리드 센서 네트워크는 센서를 격자 형태로 설치하고 이 센서들을 이용하여 이동체의 위치를 파악하는 방법이다[2]. 즉, 이동체에 부착된 센서(sensor node)가 격자 형태로 설치된 센서(sink node)들에게 위치 측정을 위한 정보를 전송한다. 수신한 센서들은 중앙의 서버로 데이터를 전송하고, 중앙의 서버는 수집된 정보들을 토대로 계산하여 이동체의 위치를 인식하게 되는 것이다.

그림 1은 그리드 센서 네트워크의 기본 개념도를 나타낸다. 그리드 센서 네트워크는 싱크 노드(sink node), 에이전트 노드(agent node), 센서 노드(sensor node)로 구성된다. 센서 노드는 이동체에 장착되는 노드이고, 싱크 노드, 에이전트 노드는 지상의 표면에 설치되는 노드이다. 싱크 노드에 의해서 만들어진 각각의 격자들을 셀(cell)이라고 한다. 한 셀의 네 귀퉁이에는 각각 하나씩의 싱크 노드가 존재하며, 셀 내에 하나 건너 하나씩 에이전트 노드가 중앙에 위치한다.

\* 책임저자(ki won Seo, 서기원)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

서기원, 김종철, 노형환, 오하령, 성영락, 박준석:

국민대학교 UCRC실협실

(kiwon@kookmin.ac.kr, donhave@gmail.com, hhroh@kookmin.ac.kr,

jspark@kookmin.ac.kr)

※ 본 연구는 교육부 학술연구조성비의 지원을 받아 연구되었음.

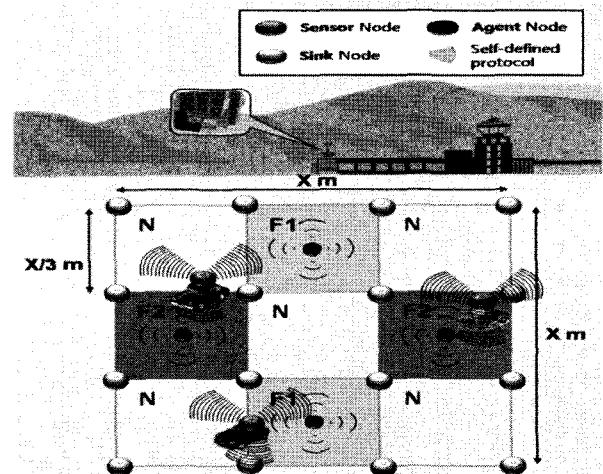


그림 1. 그리드 센서 네트워크 개념도

Fig. 1. Grid Sensor network conceptual diagram.

에이전트 노드는 각 셀 내에서 센서 노드가 싱크 노드로 신호를 전송할 때 사용할 주파수에 관한 정보를 센서 노드에 게 전송하는 역할을 한다. 그리고 싱크 노드는 센서 노드로 부터 센서 노드의 식별 정보 및 위치 척도를 위한 정보를 수신하는 역할을 한다. 마지막으로 센서 노드는 에이전트 노드로부터 해당 셀에서 사용할 주파수에 관한 정보를 수신하고, 해당 주파수로 센서 노드 고유의 식별 정보와 위치 척도를 위한 정보를 인접 싱크 노드로 전송하는 역할을 한다.

전체적인 동작을 살펴보면, 한 셀에 진입하는 센서 노드는 미리 정해진 주파수를 통하여 에이전트 노드로부터 그 셀에서 싱크 노드와의 통신에 사용할 다른 주파수를 결정 받게 된다. 현재 자신의 위치에서 사용할 주파수가 결정된 센서 노드는 그 주파수로 자신의 정보를 브로드캐스트 한다. 인접한 싱크 노드들이 그 정보를 수신하고, 각 싱크 노드들은 측정된 신호와 센서 노드에 관한 식별 정보를 중앙 서버로 전송한다. 서버는 3개 이상의 싱크 노드들로부터 측정된 데이터를 수집하고, 그 데이터들을 바탕으로 아래와 같은 RSSI를 이용한 삼각 측량 방식을 사용하여 이동체의 위치를 계산하게 된다.

III. RSSI 를 이용한 삼각측량법

RSSI 를 이용한 방법은 거리에 대한 신호세기가 수학적인 모델에 따라 거리가 증가하면 이에 대한 신호세기가 감소하는 것을 의미한다. [3]-[4]-[5].

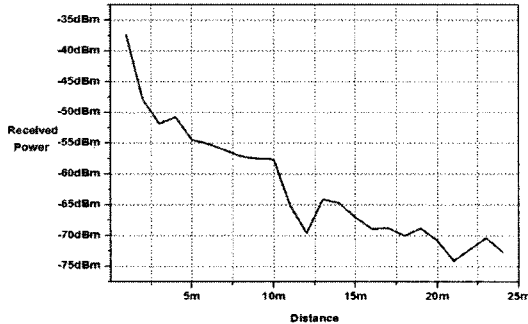


그림 2. RF 신호 전파전파 특성.  
Fig. 2. RF propagation feature

RSSI는 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 거리에 따른 기준 도달전력이 있으면 역으로 거리로 환산이 가능하며, 간단히 각 노드로 부터의 RSSI를 알고 있으면 거리로 환산 할 수 있으며 그 거리들이 교차하는 지점이 이동노드의 위치가 된다.

1. Path\_Loss 분석

Path\_Loss에 대한 Model은 사용하는 주파수 대역과 주변 환경에 따라 다양한 형태로 연구되어 왔다. 자유공간(Free Space)에 대해서는 Friis 모델이 기준이 되고 있다. 수식(1)은 무선신호 전달 특성 모델인 Friis 모델을 나타낸 것이다.

$$P_r = \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 \times G_t \times G_r \times P_t \tag{1}$$

여기서  $P_r$ 은 수신전력[w],  $\lambda$ 는 이용파장(c/f)[m],  $R$ 은 송수신점간의 거리[m],  $G_t$ 는 송신안테나의 전력이득,  $G_r$ 은 수신안테나의 전력이득,  $P_t$ 는 송신전력[w]을 말한다.

2. RSSI 분석

수신 신호 세기(RSSI, Received Signal Strength Indication)를 이용하는 경우 이동 개체로부터 기준점 사이의 거리는 Friis 공식을 통해 구할 수 있다[6]-[7]-[8].

$$L = 20 \text{Log}_{10}\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) [dB] \tag{2}$$

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} 10^{\frac{L}{20}} \tag{3}$$

여기서  $\lambda$ 는 전파의 파장,  $c$ 는 전파의 속도,  $f$ 는 주파수,  $L$ 은 이동 개체가 송신한 신호의 전송 손실을 말한다. 송신한 신호의 전송 손실은 이동 개체의 신호 전송 세기와 기준점에서의 수신 신호의 세기의 차에 의해서 구해진다.

3. GRID 형태로 배치된 센서노드 기반 RSSI 측정

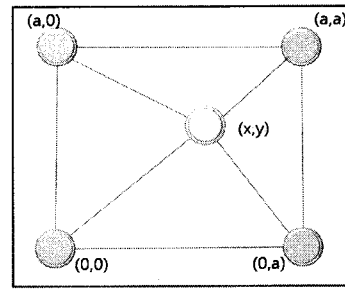


그림 3. GRID 형태의 RSSI 측정  
Fig. 3. The RSSI measurement of Grid form

이동 노드의 위치좌표 (x,y)는 삼각측량법으로 아래(4)(5)와 같이 구할 수 있다.

$$x = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2a} \tag{4}$$

$$y = \sqrt{b^2 - x^2} \tag{5}$$

위치 좌표를 가지는 센서 그리드 기반에서 RSSI측정을 통하여 이동 노드들의 실제 위치를 찾을 수 있다.

IV. 자유공간 내 전파전파 분석

GSN을 이용한 무선 이동체 위치인식 시스템을 적용하고 자유 공간 내 전파전파 특성을 실험하였다. 자유공간 손실에 관련해서는 프리스 공식이 있지만 실제 전파환경이 아닌 이상적인 공간을 가정하여 세운 공식이다.

실제 전파 환경에는 산란이나 회절 등 2차적인 신호의 감쇄 효과들이 많으므로 프리스 공식을 그대로 적용하기에는 많은 문제점들이 존재한다. 그러므로 전파전파 측정을 수행해야만 한다.

이 실험으로 GSN 설치 시에 실제로 전파의 감쇄가 어느 정도인지 알 수 있으며, 이 실험 결과에 따라서 이동체 센서 노드의 송신 전력이 결정 될 것이다.

표 1. 전파전파 환경 테스트 장비.

Table 1. RF Propagation environment test equipment.

|   | 장비                | 제조사     | 모델명       | 사양                    |
|---|-------------------|---------|-----------|-----------------------|
| 1 | Spectrum Analyzer | Agilent | E4404B    | 0Hz ~ 6GHz            |
| 2 | Omni Antenna      | 한국 안테나  | MD-MTU1   | 824MHz-960MHz (-1dB)  |
| 3 | Antenna           | 한국 안테나  | HSP-911-R | 908.5MHz-914MHz (5dB) |
| 4 | Signal Generator  | HP      | E4423B    | 250KHz-3.0GHz         |

자유공간 전파전파 테스트는 GSN중에서 Unit Grid Cell을 가정하여 수행하였다. Unit Grid Cell의 경우에는 정사각형의 네 꼭지점 부분에 수신안테나가 존재하지만 각 꼭지점 지점에서 이동체의 위치에 따라서 안테나에 도달하는 전력은 한 쪽

지점에서 측정하게 되면 나머지 꼭지점 부분에서의 안테나 도달 전력 또한 예측 할 수 있으므로 한 꼭지점에 존재하는 안테나를 기준으로 수행하였다.

각 측정 지점은 10m x 10m의 경우(송신전력:10dBm)에는 가로/세로 1m간격으로 정사각형을 그린 후 모든 꼭지점에서 이동체 안테나를 이동시키며 전력을 방사하여 Unit Grid Cell의 한 꼭지점에서 도달 전력을 측정하였다.

10m x 10m의 경우에는 Signal Generator로부터의 출력을 10dBm으로 조정하여 출력하였다. 10m x 10m셀의 최대 거리로서 프리스 자유공간 손실 공식의 적용 시 자유공간 손실은 -50.6dB이다. 그러므로 충분히 큰 전력을 자유공간으로 방사함으로써 손실 요소가 얼마나 되는지를 확인하기 위하여 Signal Generator의 출력을 10dBm으로 정하여 실험을 진행하였다.

그림 4에는 평균을 취하지 않은 실험 결과값을 3차원 그래프로 나타내었으며, 그림 5에 5번 측정된 결과의 평균값을 나타내었다.

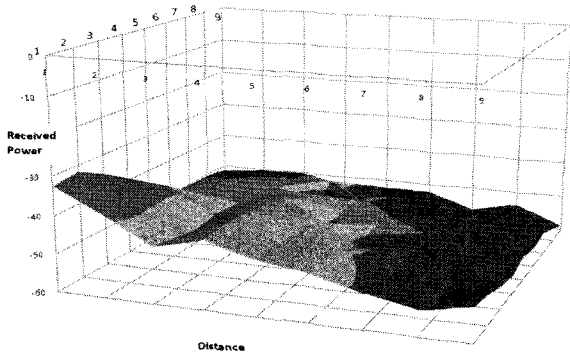


그림 4. 10m X 10m의 전파전파 (평균 0 회).  
Fig. 4. 10m X 10m RF Propagation(Average 0 time)

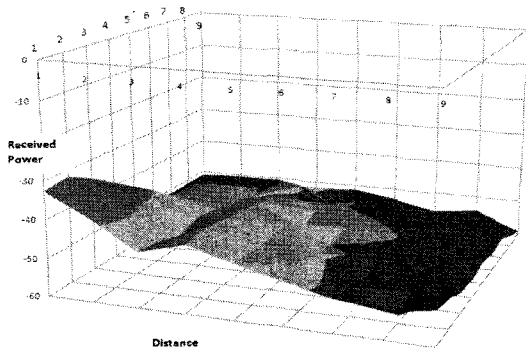


그림 5. 10m X 10m의 전파전파 (평균 5 회).  
Fig. 5. 10m X 10m RF Propagation(Average 5 times)

두 그래프를 비교하여 보면 평균을 취하지 않은 그래프와 평균을 5번 취한 그래프의 데이터 값의 최대 오차는 3.47%로서 평균을 취한 값과 평균을 취하지 않은 값은 큰 차이를 보이지 않았다.

V. Link Budget 을 응용한 송신전력의 계산

Link Budget 이란 무선 통신 설비 설계 시에 가장 초기에 수행되는 설계 방법으로서 본래는 정해진 전력으로 일정 이상의 수신감도를 얻기 위하여 각 구성 블록들의 이득이나 NF(Noise Figure : 잡음 지수로서 통신 블록을 거치며 더해지는 잡음 지수를 나타내는 지표)등을 정하는 방법이다.

반대로 사용화 되어있는 RF 블록들의 이득이나 NF 등을 알고 있다면 송신전력을 추정하는 것이 가능하다.

아래에 그 이론과 계산 과정을 나타내었으며 계산은 각 블록 및 외부 파라미터 값만 바꾸면 바로 계산 값이 나오도록 Excel sheet 를 이용하였다.

1. 수정된 자유공간 손실

전파는 자유공간을 지나면서 손실을 가지게 된다. 가장 흔히 쓰이는 공식으로는 프리스의 자유공간 손실 공식이 있다. 이는 아래와 같다.

$$Path\_loss = G_{TX} G_{RX} \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \tag{6}$$

여기서  $G_{TX}$  는 송신단 안테나 이득을 말하며,  $G_{RX}$  는 수신단 안테나 이득,  $\lambda$  는 전파의 파장, 그리고 d 는 송신안테나와 수신안테나의 거리를 말한다. 위 수식을 보면 Path Loss 거리의 제곱에 반비례하는 것을 확인 할 수 있다. 하지만 위에서 언급하였듯이 이 수식을 그대로 적용하기에는 전파의 산란이나 회절 등 다른 손실성분이 있어 다소 무리가 있다.

이를 해결하기 위해 10m x 10m의 Unit Grid Cell에서 측정한 Data 와 이론값을 비교하여 평균적인 손실 양을 계산하였다. 그 결과로 실제 측정값이 이론값 보다 7.09dB 의 손실을 가짐을 확인 할 수 있었다. 이를 근거로 Unit Grid Cell 을 100m x 100m로 확장을 시켜 이론값보다 7.09dB 를 감소시켜 자유공간에서의 손실을 계산하였다.

자유공간 손실을 실제적인 데이터와 비교하여 계산함으로써 보다 정확한 손실 값으로 Link Budget 을 세울 수 있게 되었다. 아래에는 수정된 자유공간 손실을 이용하여 SNR 을 계산하여 Link Budget 을 세웠다.

2. 예상 최대 수신 잡음전력 계산 및 최소 송신전력 계산

현재 우리가 살고 있는 세계는 전 주파수 대역에 잡음원이 존재하고 있다. 이를 백색 잡음(White Noise)이라 한다. 이러한 백색 잡음은 -174dBm/Hz 의 잡음 전력밀도를 가진다. 그러므로 센서노드와 싱크노드 설계 시에는 이러한 잡음 전력보다 신호의 전력이 크도록 설계하여야 한다. 전에 계산된 자유 공간 손실 값과 잡음 환경을 분석함으로써 최소 송신전력을 규정할 수 있다.

송신 전력 규정시에 고려해야 할 점은 수신단의 마지막에 신호 대 잡음비(SNR)가 적어도 어느 레벨 이상이어야만 한다. 본 설계 예시에서는 최소 신호 대 잡음비를 15dB 로 정하고 계산 하였다. 이는 코딩 방식과 원하게 되는 BER(Bit Error Rate)과 관련 되어있으므로 추후에 Coding 방식과 적절한 BER 이 선택되게 되면 필요한 SNR 값이 바로 정해지므로 추후에 이 값을 바꾸어 계산을 수행하면 바로 계산된 결과 값을 얻을 수 있다.

중요한 점은 최대 수신 잡음 전력 계산이다. 잡음전력은 잡음 전력밀도와 데이터 레이트와 Coding 방식에 따라 변하게 되는데 잡음 전력은 잡음 전력밀도와 데이터가 가지는 주파수 대역의 곱으로 표현 할 수 있다.

본 결과 보고서에는 크게 두 개의 잡음원으로 분류하였다. 송신단에서 나오는 DAC 의 양자화 오차에서부터 비롯된 잡음

음과 자연공간에 존재하는 백색잡음이 바로 그 두 잡음원이다. 송신단에서 나오는 DAC의 양자화 오차로부터 시작된 잡음은 전력증폭기를 거치면서 신호전력뿐만 아니라 잡음전력 또한 증폭이 되게 된다. 그러므로 수신단과 송신단의 거리가 가까우면 가까울수록 이 잡음원에 대한 영향이 커지게 된다.

그러나 거리가 멀어지게 되면 송신단으로부터 증폭된 잡음은 백색잡음보다 작아져 수신단으로 들어오는 잡음은 백색 잡음 전력이 된다. 그러므로 본 연구에서는 각 거리에 따라서 신호 대 잡음비가 가장 좋지 않은 부분을 생각하여 최소의 신호 대 잡음비가 원하는 신호 대 잡음비보다 커지도록 송신단 출력을 정의 하였다. 그림 6에 전체 송수신단의 블록과 각 블록의 이득 및 잡음 지수를 나타내었다. 아래 선택된 장치들을 기반으로 해서 입력 송신전력을 결정하였다.

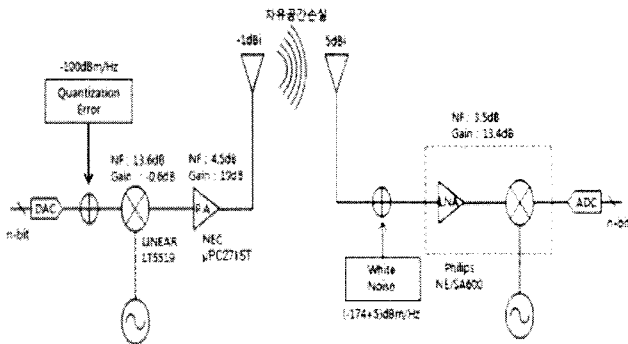


그림 6. 최소 송신 전력 계산을 위한 송/수신시스템 블록도  
Fig. 6. RX/TX system block diagram for minimum TX power calculation

각 블록들은 현재 상용중인 실제 블록들로 구성하였다. Up Conversion Mixer는 Linear사의 LT5519, PA는 NEC사의  $\mu$ PC2715T, LNA와 MIXER는 Philips사의 NE/SA600를 선택하여 계산을 수행하였다.

또한 수신단의 전체 잡음 지수는 아래 수식(7)에 따라서 수신단 초단에 있는 이득만큼 그 다음 단의 잡음 지수가 작아 보이므로 초단의 LNA(Low Noise Amplifier)의 이득이 매우 중요함을 알 수 있다.

$$NF_{tot} = 1 + (NF_1 - 1) + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \dots + \frac{NF_m - 1}{G_1 \dots G_{m-1}} \quad (7)$$

여기서  $G_1$ 은 초단에 있는 증폭기의 이득을 말하며  $NF_1$ 은 초단의 증폭기의 잡음 지수를 말한다.  $G_n, NF_n$ 은 각 n번째 블록의 이득과 잡음지수를 말한다. 그림 6에 나타난 블록들을 이용하여 최소 송신 전력레벨을 아래와 같이 구하였다.

먼저 수신단의 최소 신호 대 잡음비는 15dB로 가정을 하였으며 송신단에서 아날로그 신호를 생성해주는 DAC의 SFDR(Spurious Free Distortion Ratio)는 -100dB로 가정하였으며 DAC의 최소 출력 진폭은 0dBm으로 가정하였다. 또한 신호의 대역폭은 80kHz로 가정을 하였다.

이제 계산을 하여 보면 수신단의 신호 대 잡음비가 15dB이지만 우리는 또 다른 잡음의 영향이나 다른 알 수 없는 환경의 영향으로 신호의 감쇄가 일어날 수 있으므로 5dB의 마진을 가지고 설계를 하도록 하였다. 먼저 수신단의 잡음 지수를 계산하면,

$$N_{RX} = (N_{DAC} \cdot BW \cdot NF_{MIXER} \cdot G_{PA} \cdot NF_{PA} \cdot G_{TX} \cdot Pathloss + N_o \cdot BW) \cdot G_{RX} \cdot G_{RX-total} \cdot NF_{RX-total} \quad (8)$$

와 같이 된다.

위 수식에서의 최대 잡음 레벨이 계산되면 신호는 그보다 20dB 만큼 커져야 하므로 수신단에 수신될 전력레벨 결정이 된다.

$$P_{TX} = P_{RX} \frac{1}{G_{TX} G_{RX} Pathloss} \quad (9)$$

위 수식에 각 거리에 따른 자유공간 손실을 대입함으로써 최소 송신 전력 레벨을 정할 수 있게 된다. Path\_Loss는 위에서 언급한 수정된 프리스 공식을 이용하여 계산 하였으며 각 블록들은 실제 존재하는 소자들의 규격을 사용하여 계산 하였다.

계산은 Excel Sheet를 사용하여 계산 하였으며 그에 따른 최소 송신 전력 레벨은 23dBm이 나왔으며 이 전력 레벨로 송신 시에는 수신단에서 20dB의 신호 대 잡음비를 만족하게 된다. 그림 7에는 Link Budget을 나타내었다.

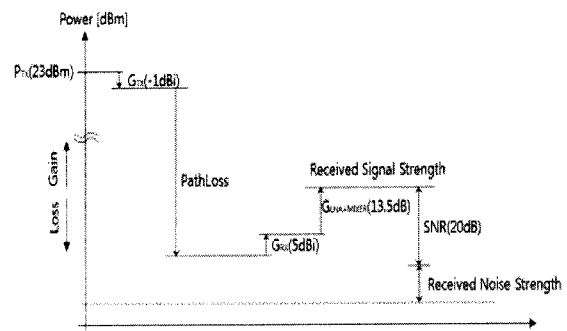


그림 7. Link Budget  
Fig. 7. Link Budget

각 거리별 Path\_Loss마다 수신단으로 입력되는 신호의 강도는 달라지며 잡음의 강도 또한 달라진다.

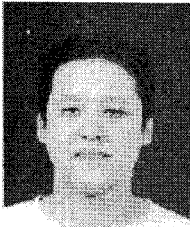
## VI. 결론

910MHz의 주파수로 Unit Grid Cell을 정의하여 자유 공간 상에서의 전파전파 특성을 측정하였다. 측정값과 프리스 공식값을 비교하여 볼 때 평균적으로 7.09dB의 손실을 가지는 것을 확인하였다. 그러므로 측정된 데이터를 이용하여 100m x 100m로 Unit Grid Cell을 확장하여 자유공간 손실을 예상하였다. 위에서 예상한 데이터로 자유공간 손실을 정의한 후 통신시 발생할 수 있는 잡음원을 분석하였다. 이로서 최소 신호 대 잡음비와 각 통신 블록들의 특성을 알면 최소 송신 전력을 정의 할 수 있게 되었다.

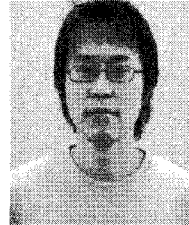
최소 신호 대 잡음비를 가정(20dB : 마진 5dB 포함)하고 시중에 판매되고 있는 각 RF 블록들의 특성을 이용하여 송신 전력을 계산한 결과 23dBm의 전력으로 센서노드의 정보를 송신하게 되면 최소 신호 대 잡음비 이상의 전력이 싱크노드로 수신될 수 있다. 그 결과 시스템이 동작할 수 있는 최소 사양 또는 Target을 만족 할 수 있다.

참고문헌

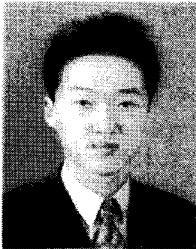
- [1] 유비쿼터스 환경을 위한 RFID/USN 기반 위치인식 방법  
The Method of Object Location Sensing using RFID/USN for Ubiquitous Environment 박상열; 변영철; 김장형 (제주대학교) 한국해양정보통신학회 05 추계종합학술대회
- [2] 류원상\*, 양정규\*, 노형환\*, 서기원\*, 김종철\*, 정명섭\*, 박준석\*, 오하령\*, 성영락\* Grid Sensor Network for Vehicle Location Awareness in the Airport 2008년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2008. 7. 16 - 18
- [3] 박의준 이현승 송하운 박준, “802.11의 RSSI를 이용한 센서 노드들의 지역화” 2007년도 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol.34, No.2(D)
- [4] 정동호 김정효 지동환 백운주, “능동형 RFID를 이용한 RTLS의 설계 및 구현” 한국통신학회논문지 ‘06-12 Vol.31 No.12A
- [5] 안대원, 조인휘, “Sensor Grid-based Localization using the Routing Protocol” 한국컴퓨터종합학술대회 2005 논문집 Vol.32, No.1(A)
- [6] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan. RADAR : An In Building RF Based User Location and Tracking System. IEEE InfoCom 2000, March 2000
- [7] Neal Patwari and Alfred O. Hero III. Using Proximity and Quantized RSS for Sensor Localization in Wireless Networks. Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications. September 2003.
- [8] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan. The Cricket Location Support System. In 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom 00), August 2000.



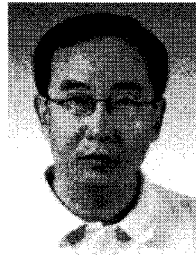
**서 기 원**  
2008년 2월 국민대학교 공학사 졸업  
2008년 3월~현재 국민대학교 전자공학과 (공학석사과정)  
관심분야: RFIC, EMC



**김 중 철**  
2007년 2월 국민대학교 공학사 졸업  
2007년 3월~현재 국민대학교 전자공학과 (공학석사과정)  
관심분야: RFIC, USN, u-Scavenging, EMC



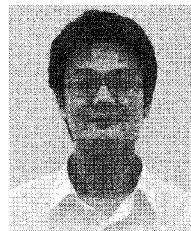
**노 형 환**  
2005년 2월 국민대학교 공학사 졸업  
2007년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학석사)  
2007년 3월~현재: 국민대학교 전자공학과(공학박사과정)  
관심분야 : RFIC, USN, u-Scavenging



**오 하 령**  
1983년 서울대학교 전기공학과 졸업  
1988년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)  
현재: 국민대학교 전자정보통신공학부 교수



**성 영 락**  
1989년 한양대학교 전자공학과(공학사)  
1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)  
현재: 국민대학교 전자정보통신공학부 교수



**박 준 석**  
1987년 국민대학교 공학사 졸업  
1993년 국민대학교 공학석사 졸업  
1996년 국민대학교 공학박사 졸업  
이후 University of California at Los Angeles Ph. D 과정 수료  
현 국민대학교 전자공학부 부교수