

---

# 노드의 밀도를 이용한 상호 협력 위치 측정 시스템

손철수\* · 유남현\* · 김원중\*

## Cooperative Positioning System Using Density of Nodes

Cheol-Su Son\* · Nam-Hyun Yoo\* · Wong-Jung Kim\*

### 요 약

유비쿼터스 환경에 있는 사용자는 현재 자신의 위치, 시간 그리고 주변의 상태에 기반한 상황 인식 서비스를 받을 수 있다. 이러한 상황 인식 컴퓨팅에서 위치 기반 서비스는 매우 중요한 역할을 한다. 위치를 측정하기 위하여 전용 장비를 설치하고 운영하는 데 많은 비용이 소요되기 때문에 기존의 WLAN(Wireless Local Area Network) 인프라 스트럭처가 구축된 환경에서 무선 장비만을 이용하여 위치를 측정하는 방법들이 연구되고 있다. 이미 위치가 알려지고 고정된 AP(Access Point)와 노드 간의 RSSI(Received Signal Strength Indicator)만을 이용하는 비콘 기반의 위치 측정 시스템 보다 무선 장비들 간의 RSSI 까지도 이용하는 상호 협력 위치 측정 시스템(Cooperative Positioning System)은 정확성이 높기 때문에 많은 관심을 끌고 있다. 본 논문에서는 상호 협력 위치 측정 시스템 중의 하나인 기존의 WiPS(Wireless LAN based indoor Positioning System)의 문제점을 분석하고, 이웃하는 노드간의 영향 관계를 밝히고, 노드의 밀도에 따라 위치 수렴 조정 계수를 결정하여 성능을 개선한 WiCOPS-d(Wireless Cooperative Positioning System using node density)를 제안한다.

### ABSTRACT

In ubiquitous environment a user can be provided with context-aware services based on his or her current location, time, and atmosphere. LBS(Location-Based Services) play an important role for ubiquitous context-aware computing. Because deployment and maintenance of this specialized equipment is costly, many studies have been conducted on positioning using only wireless equipment under a wireless LAN infrastructure. Because a CPS(Cooperative Positioning System) that uses the RSSI (Received Signal Strength Indicator) between mobile equipments is more accurate than beacon based positioning system, it requires great concentration in its applications. This study investigates the relationship between nodes by analyzing a WiPS (Wireless LAN indoor Positioning System), a similar type of CPS, and proposes a improved WiCOPS-d(Wireless Cooperative Positioning System using node density) to increase performance by determining the convergence adjustment factor based on node density.

### 키워드

위치 기반 서비스, 상호 협력 위치 측정, 무선 랜, RSSI

## I. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자의 눈에는 보이

지 않지만 언제 어디서나 네트워크로 연결된 컴퓨팅 장치로부터 서비스를 받을 수 있다. 특히 유비쿼터스 환경에 있는 사용자는 현재 자신의 위치, 시간 그리고 주변의

상태에 기반한 상황 인식 서비스를 받을 수 있다. 이러한 유비쿼터스 상황 인식 컴퓨팅에서 위치 기반 서비스는 매우 중요한 역할을 한다[1]. 위치 기반 서비스는 개체의 식별뿐만 아니라 개체의 위치를 파악하는 기술이 필수적으로 필요하다[2, 3].

위치 측정 기술은 위치 기반 서비스뿐만 아니라 다양한 분야에서 사용된다. WSN(Wireless Sensor Network)에서 대량의 센서들을 무작위로 배포하여 자료를 수집할 경우, 수집된 자료뿐만 아니라 자료를 수집한 센서의 위치 또한 중요하다. 대부분의 무선 모바일 네트워크 장비에서 전력 소모를 줄이는 것은 매우 중요하기 때문에 노드의 위치를 인식하여 전력 소모를 줄이는 라우팅 프로토콜이 필요하다[4, 5].

위치 측정 시스템은 적외선, 초음파, 전자파, 영상 등과 같은 물리적인 특성을 위치 측정 전용 장비로부터 수집한다. 이렇게 수집된 자료를 proximity, ToA(Time of Arrival), TDoA(Time Difference of Arrival), AoA(Angle of Arrival), RSSI 측정과 장면 분석과 같은 방법을 이용하여 개체의 위치를 측정한다.

GPS, Active Badge, Active Bats, MotionStar와 같은 대부분의 위치 측정 시스템들은 위치 측정 전용 장비를 사용한다. 이러한 위치 측정 전용 장비의 설치와 운영에 많은 비용이 소요된다. 그러나 WiPS[6], RADAR[7]과 같은 시스템은 별도의 위치 측정 전용 장비를 사용하지 않고 기존의 WLAN 인프라스트럭처 환경에서 무선 장치로부터 획득할 수 있는 RSSI를 거리로 변환하여 위치를 측정한다. 이렇게 위치 측정 전용 장치 없이 RSSI만을 이용하는 위치 측정 연구가 매우 활발히 진행되고 있다.

특히, WiPS[6]은 위치가 고정된 소수의 AP들과 다수의 모바일 노드들로 구성된 WLAN 인프라스트럭처 환경에서 AP와 노드 간의 RSSI뿐만 아니라 노드들 간의 RSSI를 함께 이용하여 정확성을 높인 상호 협력 위치 측정 시스템이다.

그러나 WiPS는 노드들의 수가 증가되면 노드의 위치가 수렴되지 못하고 진동하는 경우가 있고, 위치 수렴 조정 계수를 발견적으로 결정하여 사용하였을 뿐만 아니라 그 값이 고정되어 있어 성능이 좋지 못하다.

본 논문에서는 위치를 측정할 때 위치가 수렴되지 않고 진동하는 것을 방지하고 안정성을 확보하기 위하여 노드들의 밀도에 기반하여 위치 수렴 조정 계수 값을 결정하는 개선된 WiCOPS-d를 제안한다. 본 논문에서 이

를 검증하기 위하여 WiPS와 동일한 조건에서 900회의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 수행 결과 본 논문에서 제안한 WiCOPS-d는 기존의 WiPS 보다 안정적으로 위치 측정을 하고 성능이 대폭 향상되었음을 보이고 있다.

## II. 관련연구

노드의 위치를 측정하는 방법은 노드들 간의 연결성을 이용한 근접법, 각도 또는 거리를 이용한 삼각 측량법과 장면 분석법으로 나눌 수 있다.

근접법은 무선 통신은 거리에 제한이 있다는 특성을 이용한 것이다. 노드가 다른 노드와 통신이 가능하다는 것은 두 노드가 무선 통신 거리내에 있다는 것이다. 이러한 연결성만을 이용한 위치 측정 방법[8, 9]은 추가적인 장비가 필요없다는 장점이 있으나 정확성이 떨어지고, 정확성을 높이기 위해서는 통신 가능한 인접 노드들이 많이 필요하다.

삼각 측량법은 세 개 이상의 비콘 노드로부터 측정된 AoA[10] 또는 ToA를 이용하여 각도 또는 신호 도달 시간으로 개체의 위치를 측정하는 방법이다. TDoA[11, 12]는 ToA의 비콘 노드와 모바일 노드의 시간 동기화 문제를 해결하기 위하여 속도가 다른 두 개의 신호를 이용한다.

장면 분석법은 기존의 장면 기준으로 하여 연속적인 장면에서 변화하는 부분을 추적하여 개체의 위치를 측정하는 방법이다. 그러나 이러한 장면 분석법은 영상 처리를 해야 하기 때문에 장비의 성능이 높아야 하고 처리 시간이 많이 소요된다.

가장 실용적인 삼각 측량법에는 위치가 알려져 있는 장치와의 통신을 통해서 위치를 측정하는 비콘 기반의 위치 측정 방법과 위치가 알려져 있는 많은 장치와의 통신을 포함하여 위치를 측정하는 상호 협력 위치 측정 방법[13]이 있다.

비콘 기반의 위치 측정 방법은 위치가 알려진 비콘 노드와의 측정치만을 이용하여 통하여 노드의 위치를 측정하는 방법으로 이런 장치는 전파의 세기가 강해야 하므로 비용과 에너지 소모에 문제가 있다. 상호 협력 위치 측정 방법은 비콘 노드와는 일부 노드만이 통신이 가능하고 나머지 대부분의 노드들은 자신들과 이웃하는 노

드들과 상호 협력적으로 위치를 측정하므로 비용과 에너지 소모가 적어서 멀티 홉 무선 네트워크 환경에서 매우 효과적이다.

[14]는 INLR 알고리즘의 성능은 낮지만 가장 정확하다고 평가를 하였다. 본 논문에서는 INLR에 속하는 WiPS의 위치 측정 알고리즘을 분석하고, 개선점을 찾아서 안정성뿐만 아니라 성능을 높인 WiCOPS-d를 제안한다.

### III. 기존 WiPS 분석

#### 3.1. 기존 WiPS의 개요

WiPS는 WLAN 인프라스트럭처 환경에서 RSSI를 이용하여 노드의 위치를 측정하는 시스템이다. WiPS는 무선 노드와 AP 사이의 신호 세기뿐만 아니라 이웃하는 무선 노드간의 신호 세기를 포함하여 위치를 측정함으로써 오차를 줄이고 정확성을 증가시키는 것을 보이고 있다.

WiPS의 처리 절차는 다음과 같다.

Step 1) 노드들과 AP들은 서버에 패킷을 보낸다. 패킷은 이웃하는 노드들과 AP들의 RSSI 목록을 포함한다.

Step 2) 사전에 실험을 통하여 RSSI와 거리의 관계를 기준으로 작성한다. 서버는 수신한 RSSI를 기준으로부터 참고하여 거리로 변환한다.

Step 3) 서버는 이웃하는 AP들과 이웃하는 초기화된 노드들 간의 측정된 거리로 초기 위치를 다음과 같이 대략적으로 결정한다. 노드 A의 이웃하는 노드의 집합  $N_A$ 와 이웃하는 AP의 집합  $G_A$ 을 찾는다.  $N_A$ 에서 이미 위치가 초기화된 집합을  $N'_A$ , 노드 또는 AP의 위치를  $p_X$  그리고  $G_A$ 와  $N'_A$ 의 각각의 수를  $n(G_A)$ 와  $n(N'_A)$ 라고 표현하면 노드 A의 위치는 식(1)로 결정된다. 모든 노드의 초기 위치가 순차적으로 결정된다.

$$P_A = \frac{\sum_{X \in G_A} P_X + \sum_{X \in N'_A} P_X}{n(G_A) + n(N'_A)} \quad (1)$$

Step 4) 다음의 식을 최소화하기 위하여 식(3)을 반복적으로 수행하여 노드들의 위치를 수정한다.

$$\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n |l_{i,j} - d_{i,j}| \quad (2)$$

식(2)에서 n은 노드들과 AP들을 합한 호스트의 총 수,  $l_{i,j}$ 는 현재 i번째 호스트와 j번째 호스트 사이의 현재 추정된 유클리드 거리이고  $d_{i,j}$ 는 i번째 호스트와 j번째 호스트 사이에 측정된 거리이다.

$p_i^{(k)}$ 는 i번째 호스트가 k번 반복 수정된 위치이고  $p_i^{(k+1)}$ 은 식(3)에 의해서 계산된다.

$$p_i^{(k+1)} = p_i^{(k)} + \alpha \nabla(i) \quad (3)$$

이때 위치 수렴 조정 계수  $\alpha$ 는 적당히 작은 값으로 WiPS의 시뮬레이션에서는  $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.  $\nabla(i)$ 는 식(4)와 같이 정의된다.

$$\nabla(i) = \sum_{j=0}^n u_{i,j} \cdot f(i,j) \quad (4)$$

$u_{i,j}$ 는  $p_i^{(k)}$ 로부터  $p_j^{(k)}$ 까지의 단위벡터(unit vector)이고 식(5)에 의해 계산된다.

$$u_{i,j} = \frac{p_i^{(k)} - p_j^{(k)}}{l_{i,j}} \quad (5)$$

$f(i,j)$ 는 측정된  $d_{i,j}$ 와 현재 i번째 호스트와 j번째 호스트 사이의 추정된 거리의 차이로 식(6)에 의해 계산된다.

$$\begin{cases} i \text{와 } j \text{가 이웃하면,} & l_{ij} - d_{ij} \\ i \text{와 } j \text{가 이웃하지 않고 } l_{jj} > d_{\max} \text{이면,} & 0 \\ i \text{와 } j \text{가 이웃하지 않고 } l_{jj} \leq d_{\max} \text{이면,} & d_{\max} - l_{ij} \end{cases} \quad (6)$$

$d_{\max}$ 는 일반적인 WLAN의 통신 거리이다. WiPS 시뮬레이션에서는  $d_{\max} = 100$ 으로 설정했다.

### 3.2. 기존 WiPS의 문제점 분석

WiPS의 수렴하는 기준을 분석하면 식(2)의 값이 지정된 임의의 값 이하일 경우에 반복을 중단하여야 하지만, 매 단계에서 식(2)를 계산하기 위해 많은 비용이 소요되기 때문에  $\nabla(i)$ 의 최대값이 적당한 값  $\gamma$ 보다 작을 때 반복을 끝낸다. WiPS의 시뮬레이션에서  $\gamma = 0.01$ 로 설정하였다.

식(3)과 같이 위치를 조정하는 과정에서 위치 수렴 조정 계수  $\alpha$  값을 사용한 이유는 다음과 같다. 만약  $\alpha$  값을 너무 크게 설정하면 식(2)의 값이 수렴하지 않고 진동하는 문제가 발생한다. 또한  $\alpha$  값을 너무 작게 하면 매우 안정적으로 수렴한다. 그러나 값이 작을수록 수렴하는 속도가 느려진다는 단점이 있다. 기존의 WiPS는  $\alpha$  값을 0.05로 설정하여 노드의 수가 50개 이하일 경우 진동하지 않고 수렴할 수 있도록 하였다.

이와 같이 WiPS에서 사용한 위치 수렴 조정 계수  $\alpha$  값은 두 개의 문제점이 있다. 첫째, 시뮬레이션에서 사용할  $\alpha$ 의 값을 미리 발견적으로 구하여 사용했다. 따라서 WiPS에서  $\alpha$  값을 0.05로 그대로 유지하고 노드의 수를 75개 이상으로 증가시킬 경우 매우 느리게 수렴하거나 또는 수렴하지 않고 진동한다. 둘째,  $\alpha$ 의 값이 고정시켜 사용했다. 노드의 수가 변경하더라도 고정된  $\alpha$ 의 값을 이용하여 위치를 측정함으로써 수렴은 하지만 성능이 낮다. 결론적으로 WiPS는 특정한 수의 노드에서 오류를 작게 하여 수렴하는 데 초점이 맞추어져 있어서 노드의 수가 특정한 수 이상으로 증가하면 위치 측정을 위한 반복 횟수가 많아지거나 위치 측정을 못한다.

## IV. 개선된 WiCOPS-d

본 논문에서는 기존 WiPS의 알고리즘에서 발견적으로 구한  $\alpha$ 의 값을 노드의 밀도에 따라 결정하여 수렴 속도 빠르게 하고 안정성을 높인 개선된 WiCOPS-d를 제안한다.

식(3)에 의해서  $n$ 개의 호스트에 대한  $k+1$  번째 위치 결정 과정은 다음과 같다.

$$p_1^{(k+1)} = p_1^{(k)} + \alpha_1 \sum_{j=0}^n u_{1,j} \cdot f(1,j)$$

$$p_2^{(k+1)} = p_2^{(k)} + \alpha_2 \sum_{j=0}^n u_{2,j} \cdot f(2,j)$$

$$p_3^{(k+1)} = p_3^{(k)} + \alpha_3 \sum_{j=0}^n u_{3,j} \cdot f(3,j)$$

$$p_n^{(k+1)} = p_n^{(k)} + \alpha_n \sum_{j=0}^n u_{n,j} \cdot f(n,j)$$

여기에서  $n$ 번 노드의 위치 결정은  $n$ 번 노드와 이웃하는 노드들의 위치 결정에 영향을 미친다. 다시 말해서 각각의 노드의 위치 결정은 그 노드와 이웃하는 노드의 위치에 결정을 미친다. 역으로 각각의 노드의 위치 결정은 이전 단계의 이웃하는 노드들의 위치 결정에 영향을 받는다. 따라서 한 노드의 위치 결정시 식(4) 만큼씩 움직이면서 위치 결정을 하면 수렴하지 않고 진동한다. 따라서 식(3)의 수렴 조정 계수  $\alpha$ 의 값을 적절하게 결정해야 한다.

$\alpha$  값이 1이상 이면 수렴하지 않고 진동할 확률이 매우 높다. 따라서  $\alpha$ 의 값은 0이상 1미만의 값을 가져야 한다. 확률적으로 안정적인 수렴 조정 계수 값은 다음의 식(7)과 같다.

$$\alpha = \frac{1}{A} \tag{7}$$

하나의 노드에 영향을 주는 평균 노드의 수는 식(8)과 같이 평균 커버리지율과 전체 노드의 수로 구할 수 있다.

$$A = avg(H) \cdot Number(Nodes) \tag{8}$$

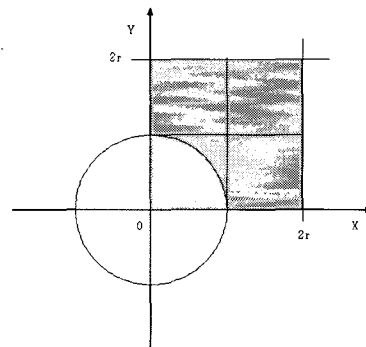


그림 1. 노드의 커버리지  
Fig. 1. Coverage of Node

그림 1과 같이 원과 사각형이 각각 노드의 전파 영역과 노드들이 분포한 영역이면 한 노드의 좌표가 (a,b)일

경우, 커버리지율은 식(9)과 같다.

$$H(a,b) = \frac{S(a,b)}{(2r)^2} \quad (9)$$

이때, 커버 영역  $s(a,b)$ 는 식(10)의 사각형과 식(11)의 원이 겹치는 영역이다.

$$x = 0, y = 0, x = 2r, y = 2 \quad (10)$$

$$r^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 \quad (11)$$

노드의 좌표  $(a,b)$ 가 조건 (12)일 경우, 평균 커버리지율은 식(13)로 구할 수 있다.

$$\begin{cases} 0 < a < 2r \\ 0 < b < 2r \end{cases} \quad (12)$$

$$avg(H) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ m \rightarrow \infty}} \frac{1}{m \cdot n} \sum_{\substack{a=0 \\ b=0}}^{\substack{a=n \\ b=m}} \frac{S(a,b)}{(2r)^2} \quad (13)$$

$S(a,b)$ 의 계산이 용이하도록 중심의 좌표가  $(a, b)$ 인 원과 중심과 면적이 같은 정사각형을 구하고 식(10)와 겹친 사각형을 넓이는 식(14)과 같이 구할 수 있다.

$$S(a,b) = f(a) \cdot g(b) \quad (14)$$

따라서 평균 커버리지율은 식(15)과 같이 된다.

$$avg(H) = \lim_{l \rightarrow \infty} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{f(x_k) \cdot g(y_i)}{(2r)^2} \Delta x \Delta y \quad (15)$$

조건 (12)의해서 식(15)을 적분으로 변환하면 식(16)과 같이 된다.

$$avg(H) = \frac{1}{16r^4} \int_0^{2r} \int_0^{2r} f(x) \cdot g(y) dx dy \quad (16)$$

$a$ 가  $0 \rightarrow 2r$  그리고  $b$ 가  $0 \rightarrow 2r$ 로 변할 때,  $H(0,0)$ 과  $H(2r,2r)$ 에서 최소가 되고  $H(r,r)$ 에서 최대이면서 대칭이 되므로 식(17)로 표현할 수 있다.

$$avg(H) = \frac{4}{16r^4} \int_0^r \int_0^r f_n(x) \cdot g_n(y) dx dy \quad (17)$$

원과 중심 같은 정사각형으로 변환한 한 변의 길이는 식(18) 이므로 정사각형의 가로와 세로의 변의 길이는 식(19)과 같다.

$$l = \sqrt{\pi} r \quad (18)$$

$$f_n(x) = \left( \frac{\sqrt{\pi}}{2} r + \frac{\sqrt{\pi}}{2} x \right) \quad (19)$$

$$g_n(y) = \left( \frac{\sqrt{\pi}}{2} r + \frac{\sqrt{\pi}}{2} y \right)$$

식(17)에 식(19)을 대입하면 식(20)과 같이 구한다.

$$avg(H) = \frac{9\pi}{64} \quad (20)$$

본 논문에서는 식(20)에 의해서 구한 한 노드의 평균 커버리지율을 식(8)과 식(7)에 대입하여 결정된 위치 수렴 조정 계수를 이용하여 시뮬레이션 한다.

## V. 시뮬레이션

### 5.1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서 사용된 시뮬레이터는 Visual Basic 6.0으로 구현하였고 시뮬레이션 결과를 화면에서 확인하고 파일로도 저장하여 분석할 수 있다.

기존의 WiPS에서 고정된 위치 수렴 조정 계수 값보다 본 논문에서 제안한 노드의 밀도를 이용한 위치 수렴 조정 계수를 사용하는 것이 성능이 우수하면서도 안정적임을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 다음과 같이 기존의 WiPS와 동일한 조건에서 실시하였다.

시뮬레이션은 가로와 세로의 길이가 200m인 정사각형 평면이고 무선 통신 가능 거리는 100m이고 자기 위치를 알 수 있는 고정된 AP의 수는 4, 5, 또는 9개, 그리고 무선 모바일 노드의 수는 5부터 100개까지 5씩 늘렸다.

기존 WiPS에서는 모바일 노드의 수는 50개 까지만 하였으나 본 논문의 시뮬레이션에서 100개까지 늘린 이

유는 기존 WiPS에서 위치 수렴 조정 계수  $\alpha$ 를 0.05로 고정하고 모바일 노드의 수가 75개 이상이 되면 위치가 수렴하지 않고 진동하는 경우가 있음을 보이기 위해서이다.

시뮬레이션은 고정된 AP 개수를 4개, 5개 그리고 9개, 모바일 노드 개수를 5개에서 5개씩 증가하여 100개 까지 20가지 경우를 각각 10회 씩 실시하여 총 900회의 시뮬레이션을 하였다.

일반적으로 두 노드 사이의 전파 세기를 거리로 정확히 변환시킬 수 없다는 가정을 하여 실제 거리에 대해 측정된 거리는 확률적 오차를 가지게 하였다. 확률적 오차는 정규 분포 형태로 발생하고 실제 거리에 비해하도록 하였다. 예를 들어 실제거리가 100m이면 측정된 거리는 80m 에서 120m 사이에 올 확률은 95.5%이다.

5.2. 시뮬레이션 결과

그림 2는 Step 3의 식(1)에 따라서 초기화된 추정된 노드의 위치가 나타내고 있다. G1 부터 G9까지는 위치가 고정된 AP들을 나타내고 N1 부터 N50 까지는 무선 모바일 노드이다. 진한 색의 점은 노드의 실제 위치이고 옅은 색의 원은 초기화된 원의 위치이다. 실제 노드와 추정된 노드는 선으로 연결하여 차이를 표시한다.

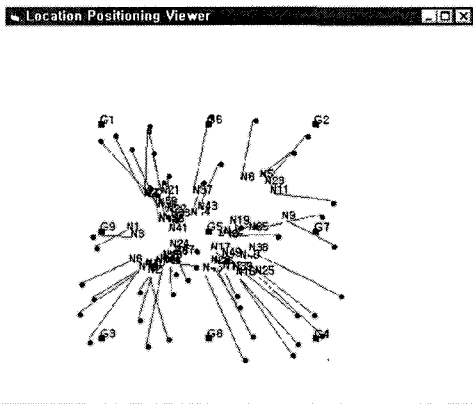


그림 2. 위치 초기화  
Fig. 2. Location Initialization

그림 3은 위치 측정 시뮬레이션이 완료된 결과를 표시한다. Step 4에서 식(2)의 값이 일정한 기준 이내로 수렴될 경우 위치 수정을 완료한 것을 나타낸다.

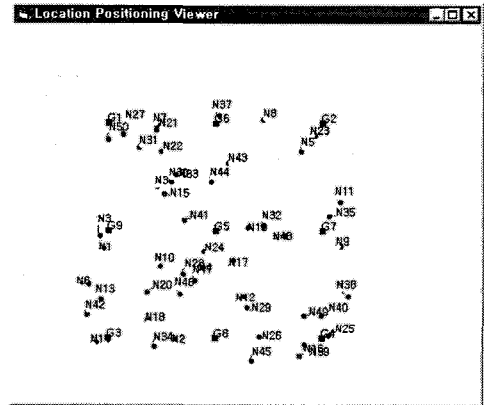


그림 3. 시뮬레이션 결과  
Fig. 3. Simulation Results

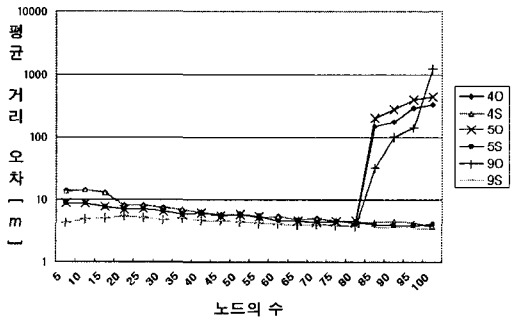


그림 4. 평균 거리 오차  
Fig. 4. Average of Distance Error

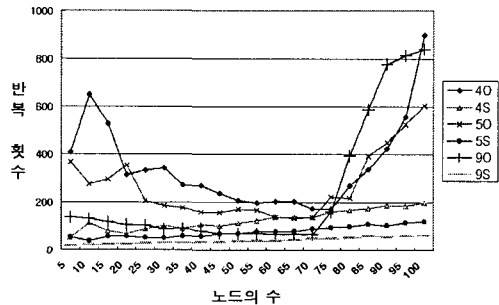


그림 5. 반복 횟수  
Fig. 5. Number of Iterations

그림 4는 노드의 수에 따른 식(2)의 거리 오차의 평균치를 보여 주고 있다. 대부분 노드의 수가 증가할수록 거리 오차의 평균치가 감소하는 것을 알 수 있다. \*O는 기

존 WiPS로 위치 수렴 조정 계수를 0.05로 설정한 결과이다. \*S는 본 논문에서 제안한 WiCOPS-d로 위치 수렴 조정 계수를 노드의 밀도에 따라 결정된 결과이다. 상호 협력 위치 측정 방법을 통하여 위치 측정 오차를 줄일 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 기존의 WiPS인 \*O의 경우 노드의 수가 75 이상일 경우 오류가 급격하게 증가함을 볼 수 있다. 이러한 결과는 기존 WiPS의 경우 위치 수렴 조정 계수  $\alpha$ 의 값을 0.05로 고정시킴으로써 노드의 수가 75이상으로 증가할 경우 위치 수렴을 하지 못하고 진동하는 것을 알 수 있다. 본 시뮬레이션에서는 1,000회 이상 반복하여도 수렴하지 못하면 진동하는 것으로 간주하였다.

그림 5는 노드들의 수를 증가하였을 경우 수렴할 때까지의 반복 횟수를 보여주고 있다. \*O는 수렴 조정 계수  $\alpha$ 의 값을 0.05로 고정한 결과로 노드의 수가 75개 이상부터 반복 횟수가 급격히 증가한다.

## VI. 결 론

기존 WiPS에서는 위치 수렴 조정 계수를 발전적으로 결정하였고 고정적으로 사용함으로써 성능이 떨어지고 노드의 개수가 일정한 수 이상일 경우 위치 측정을 하지 못하고 진동하는 문제점이 발견되었다. 본 논문에서 한 노드의 위치 결정이 이웃하는 다른 노드에 영향을 미치면서 역으로 이웃하는 노드에 의해서 영향을 받는 특징을 찾아내어, 노드의 밀도에 따른 평균 커버리지를 이용하여 위치 수렴 조정 계수 값을 결정하는 개선된 WiCOPS-d를 제안하고 이를 검증하기 위하여 시뮬레이션을 하였다. 그 결과 본 논문에서 제안한 개선된 WiCOPS-d은 노드의 수가 증가하더라도 안정적으로 수렴하고 노드의 수에 따라 위치 수렴 조정 계수가 변경되어 WiPS보다 성능이 우수함을 보였다.

## 참고문헌

[1] 이원희, 이우용, 김민규, 엄두섭, "유비쿼터스 환경을 위한 위치 측정 시스템 기술동향," 한국정보과학회 학회지, 제22권, 제12호, pp. 41-50, 2004.  
 [2] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, "Location

Systems for Ubiquitous Computing," IEEE Computer, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, August 2001.  
 [3] Jochen Schiller and Agnes Voisard, Location-based Service, Morgan Kaufmann Publishers Inc, 2004.  
 [4] Wen-Hwa Liao, Yu-Chee Tseng, Jang-Ping Sheu, "GRID: A Fully Location-Aware Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Telecommunication Systems, vol. 18, no.1, , pp. 37-60, 2001.  
 [5] Hong Huang, "Adaptive Algorithms to Mitigate Inefficiency in Greedy Geographical Routing," IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, vol. 10, no. 3, pp. 150-152, March 2006.  
 [6] Teruaki Kitasuka, Tsuneo Nakanishi, Akira Fukuda, "Wireless LAN Based Indoor Positioning System WiPS and Its Simulation," Proc. IEEE PACRIM'03, vol. 1, , pp. 272-275, August 2003.  
 [7] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System," In Proceedings of the IEEE Infocom 2000, vol. 2, pp.775-784, March 2000.  
 [8] Nirupama Bulusu, John Heidemann, and Deborah Estrin, "GPS-less Low Cost Outdoor Localization For Very Small Devices," IEEE Personal Communications Magazine, vol.7, no. 5, pp. 28-34, October 2000.  
 [9] 권오흠, 송하주, 김숙연, "무선 센서 네트워크에서 연결성 정보만을 이용하여 노드 위치를 추정하는 분산 알고리즘," 한국정보처리학회 논문지 C, 제12권, 제4호, pp. 525-534, 2005.  
 [10] D. Niculescu and B. Nath, "Ad Hoc Positioning System (APS) using AOA," Proceedings of IEEE infocom, San Francisco, CA, USA, 2003.  
 [11] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, and Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," 6th ACM Mobicom, pp. 32-43, 2000.  
 [12] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han, Mani B. Strivastava, "Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Networks of Sensors," In MOBICOM 2001, pp. 166-179, July 2001.  
 [13] Neal Patwari, Joshua N. Ash, Spyros Kyperountas, Alfred O. Hero III, Randolph L. Moses, and Neiyer S. Correal, "Locating the Nodes: Cooperative

Localization in Wireless Sensor Networks," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 22, no. 4, pp. 54-69, July 2005.

- [14] Andrew Rice and Robert Harle, "Evaluating Iteration-Based Positioning Algorithms for Fine-Grained Tracking," DIAL-M-POMC 2005, pp. 54-61, September 2005.

### 저자소개

#### 손 철 수(Cheol-su Son)



1994년 순천대학교 전자계산학과 졸업  
(이학사)

2002년 순천대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)

2004년 순천대학교 컴퓨터과학과 박사 과정 수료

1994~2002년 (주)포스데이타 근무

※관심분야: 위치측정, LBS, RFID, WSN

#### 유 남 현(Nam-hyun, Yoo)



1999년 순천대학교 컴퓨터과학과 졸업  
(이학사)

2001년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2005년 순천대학교 컴퓨터과학과 박사 과정 수료

※관심분야: Semantic Web, SVG

#### 김 원 중(Won-Jung Kim)



1987년 전남대학교 계산통계학과  
(이학사)

1989년 전남대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)

1991년 전남대학교 전산통계학과 이학박사

1992년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수

※관심분야: 소프트웨어공학, 시스템 모델링, 객체지향 시스템, 인터넷 서비스, RFID 응용