

# 센서네트워크에서 노드중심의 다중 이동 노드 위치 인식 기법

이좌형\*, 임화정\*, 차영환\*\*

\*강원대학교 컴퓨터정보통신공학과, \*\*상지대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail: jinnie4u@kangwon.ac.kr

## Localization of Multiple Mobile Nodes based on Node Centric Method in Sensor Network

Joa-Hyoung Lee\*, Hwa-Jung Lim\*, Yeong-hwan Tscha\*\*

\*Dept of Computer IT Engineering, Kang-Won University

\*\*Dept of Computer IT Engineering, Sang-Ji University

### 요 약

여러 이동노드들이 한 지역에서 동시에 위치인식 작업을 수행하는 경우에 비콘 노드들이 발생시키는 비콘이나 초음파 등이 충돌을 일으킬 수 있다. 본 논문에서는 이동 노드들이 위치확인 작업을 수행하고자 하는 경우에 RTS메시지와 CTS메시지를 이용하여 충돌을 회피하도록 하는 MNC기법을 제안한다. MNC에서는 다른 노드가 위치확인 작업을 수행하는 경우에는 NTS를 전송하여 노드 간에 작업이 충돌되지 않도록 한다. 이동노드가 비콘노드들에 작업순서를 결정하여 STS메시지로 통보하여 비콘노드간에 충돌을 방지한다.

키워드: 센서네트워크, 위치인식, RTS, CTS, NTS, STS

### 1. 서론<sup>†</sup>

최근 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)와 마이크로프로세서 그리고 무선 통신 기술의 발전으로 센서 노드들을 이용하여 넓은 지역에 걸쳐 정확한 정보를 얻고자 하는 센서네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 센서네트워크는 새롭게 부각되고 있는 유비쿼터스 환경 구성의 필수적인 기반구조가 되고 있다[1,2].

다양한 유비쿼터스 어플리케이션들 중에서 위치기반 서비스는 사용자의 정확한 위치 정보를 필요로 한다. 센서네트워크를 이용한 위치인식 시스템에서는 전파의 속도차이, 도달 시간차이 또는 각도차이 등의 정보를 이용하여 거리를 계산한다. 거리 정보를 바탕으로 삼각측량법등의 기법을 이용하여 노드의 정확한 위치를 파악한다[3,4,5,6].

위치인식에 관한 연구는 크게 정적인 노드들의 위치인식과 동적으로 움직이는 노드들의 위치인식 문제로 나뉜다. 정적인 노드들의 경우 몇 개의 비콘 노드나 앵커 노드만 있으면 넓은 범위에 퍼져있는 노드들에 위치를 파악할 수 있다. 하지만 노드가 이동하는 경우에는 위치정보를 알고 있는 비콘 노드나 앵커 노드들이 설치되어 있는 상태에서 전파나 초음파 등을 이용하여 거리를 계산한다[5].

기존의 이동 노드를 위한 위치인식에 관한 연구들은 대부분 노드 하나의 위치를 인식하는데 중점을 두고 있다. 노드 하나에 대한 위치 인식 기법을 여러 노드에 대한 위치 인식에 적용하기엔 무리가 따른다. 일부 여러 노드의

위치를 추적하는 연구들에서는 노드들을 구분하고 효율적으로 추적하는 것을 다루고 있다[7,8,9].

동시에 여러 이동 노드들의 위치를 인식하는 경우 거리를 측정하기 위해 노드들에서 발생하는 비콘 메시지나 초음파 등이 서로 충돌을 일으킬 수 있다는 것이다. 비콘 메시지나 초음파가 충돌하면 거리측정이 불가능해지며 이는 위치인식 불능으로 이어진다.

본 논문에서는 비콘 노드들 간의 비콘 메시지나 초음파 등의 충돌을 방지하여 거리 측정이 효율적으로 이루어지도록 하는 노드 중심의 다중 이동 노드 위치 인식기법(Localization of Multiple Mobile Nodes based on Node Centric, MNC)을 제안한다. 제안하는 MNC기법에서는 이동 노드가 위치 확인 작업 전에 CTS(Clear To Send)메시지를 전송하여 작업 시작을 알리고 주위 노드들은 RTS(Ready To Send)메시지를 통하여 작업이 가능함을 알린다. 만약 이미 다른 사용자가 작업 중인 경우에는 NTS(Not To Send)메시지를 전달하여 작업을 연기하도록 한다. 비콘 노드들 간에 작업순서를 이동노드가 결정하여 STS(Start To Send)메시지를 통해 통보하도록 함으로써 비콘 노드 간에 작업이 충돌하지 않도록 한다.

2장에서는 위치인식에 사용되는 기법들을 분석하며 3장에서는 제안하는 MNC기법의 개념과 동작방식을 설명한다. 4장에서는 실험을 통하여 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

### 2. 관련 연구

위치측정 기술은 측정방식에 따라 삼각측량, 장면분석,

<sup>†</sup> 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRT-2007-521-D00409)

근접방식 등으로 분류하거나, GPS와 같은 위치를 측정할 수 있는 하드웨어적 인프라가 있는지 여부에 의해 분류할 수 있다.

삼각측량법은 기준점까지의 거리를 측정하는 거리 측정 방식과 기준점으로부터 떨어져있는 각도를 이용하는 각도 측정 방식으로 나누어 볼 수 있다[3,4].

이러한 위치인식 기술을 매크로 위치인식 시스템과 마이크로 위치인식 시스템 그리고, 센서 네트워크와 같이 무선이동 노드들의 위치를 인식하는 Ad-Hoc 위치인식 시스템으로 나눌 수 있다[5].

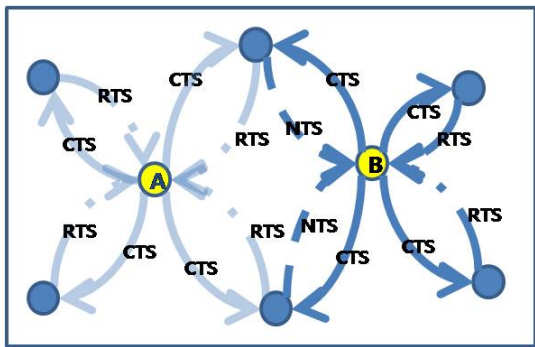
측정된 거리로부터 삼각측량법을 이용하는 위치 계산하는 시스템의 대표적인 예인 GPS는 AOA(Angle of Arrival), TOA(Time Of Arrival), TDOA(Time Difference of Arrival) 등의 방식을 사용하여 위치를 계산한다[6].

반면에 인프라가 없는 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서는 레퍼런스 노드와 RF의 연결성 기반으로 위치인식을 수행하는 Centroid 기법과 이동 노드에서 무선으로 연결 가능한 레퍼런스 노드들로 삼각형을 형성하고, 이동 노드가 그 삼각형 내부에 있는지 여부를 계산하여 이동 노드가 내부에 있는 삼각형들이 겹치는 영역의 중심점을 이동 노드의 위치로 인식하는 APIT(Approximation Point In Triangulation) 기법 그리고 DV(Distance Vector) 라우팅 알고리즘의 hop-by-hop 라우팅 정보전송 방법과 GPS의 삼각측정원리를 이용한 위치계산 방법을 조합하여 사용하는 DV-Hop, DV-Distance 기법 등이 있다[7,8,9].

### 3. MNC

#### 3.1 기본 개념

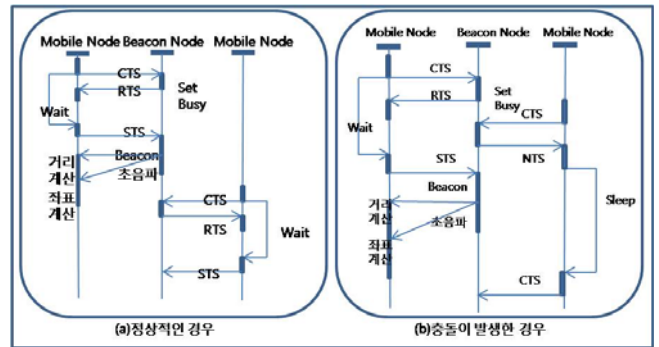
MNC는 단일 노드의 위치인식에 사용되는 기법들을 다중 노드들로 확장할 경우 발생하는 노드 간 충돌 문제를 해결하고자 한다. 서로 근접한 여러 노드들이 동시에 위치인식 작업을 수행하고자 하는 경우 비콘 노드들이 발생시키는 비콘 메시지나 초음파 등의 충돌을 방지하기 위해 충돌 회피 기법을 적용한다. 본 논문에서는 거리측정을 위해 비콘 메시지와 초음파를 이용하여 TDOA 기법으로 노드간 거리를 측정하는 것으로 가정한다. 노드의 위치정보는 삼각측량법을 이용하여 계산한다[6].



(그림 1) MNC의 기본 개념

그림 1은 MNC의 기본 개념을 보여준다. A, B 두 노드가 연속적으로 위치인식 작업을 수행하려는 경우 노드들은 CTS 메시지를 전송하여 작업이 가능한지 여부를 타진한다. A노드가 CTS 메시지를 먼저 전송하였다면 주변 노드들은 RTS를 전송하여 작업이 가능함을 알려준다. 이어서 B노드가 CTS를 전송하면 A노드로 RTS를 전송한 노드들은 NTS를 전송하여 위치인식 작업을 연기하도록 한다. 작업을 연기하는 시간은 주변 노드들의 간격과 노드의 전파 도달 범위 그리고 초음파의 속도 등에 따라 달라진다.

#### 3.2 동작방식



(그림 2) MIC의 동작 시퀀스 다이어그램

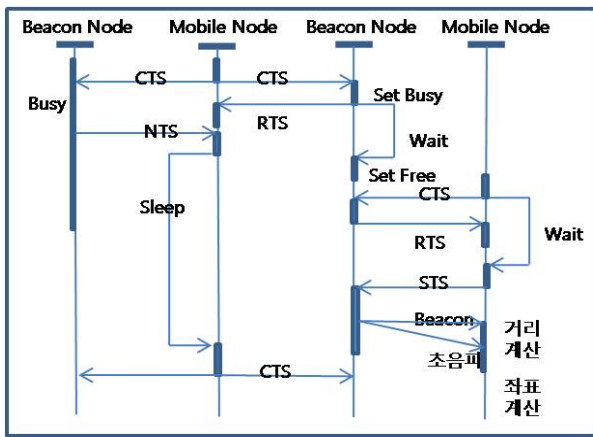
한 지역에서 여러 노드들이 동시에 위치인식 작업을 수행하는 경우 한 노드가 위치확인 작업을 수행중이면 주변 노드들은 이에 대한 상태정보를 저장하고 있어야만 한다. 그림 2는 MNC의 동작 시퀀스 다이어그램을 보여준다. 그림 2의 (a)는 노드들이 어느 정도 간격을 두고 작업을 요청하여 충돌이 발생하지 않은 경우의 동작과정을 보여주며 (b)는 짧은 간격으로 작업을 요청하여 충돌이 발생한 경우의 동작과정을 보여준다. 이동노드(Mobile Node)가 위치인식 작업을 시작하기 전에 주변의 비콘노드(Beacon Node)에게 CTS를 전송하여 작업 시작 가능여부를 타진한다. CTS를 수신한 노드가 작업이 가능하다면 RTS를 전송하여 작업이 가능함을 알려면서 본인 상태를 Busy 상태로 설정한다.

RTS만을 수신한 이동노드는 비콘 메시지와 초음파를 전송할 비콘 노드를 선택하여 전송순서를 결정한 후 STS 메시지에 실려 비콘 노드들에게 전송한다. STS를 수신한 비콘 노드들은 자신이 STS에 포함되어 있는지 확인한다. 자신이 속한 경우에는 STS에 지정된 순서만큼 대기하였다가 비콘과 초음파를 전송한다. STS에 포함되지 않은 비콘 노드는 상태를 Free로 전환한다. 만약 비콘 노드가 Busy 상태에서 CTS 메시지를 수신하면 NTS를 전송한다. NTS를 수신한 이동노드는 일정시간동안 대기한 다음 다시 RTS를 전송한다.

비콘 노드가 이동노드로부터 CTS를 수신하면 Busy 상태로 설정하는데 CTS를 전송한 이동노드가 NTS를 수신

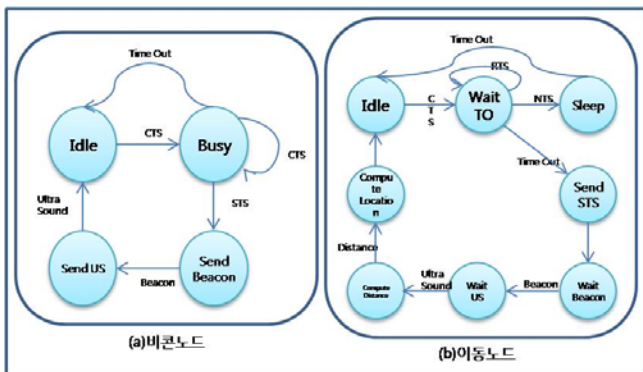
하여 위치인식 작업을 수행하지 못하면 비콘 노드가 Busy 상태를 유지할 필요가 없어진다. 이 경우 이동노드가 위치인식 작업을 연기하면 비콘 노드의 상태를 Free로 전환할 필요가 있다. 이를 위해 이동노드가 작업을 연기한다는 내용을 주위 비콘 노드들에게 통보하는 방식을 사용할 수 있지만 이는 추가적인 오버헤드를 발생시킬 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해 MIC에서는 비콘 노드들이 타이머를 사용하도록 한다. CTS를 수신한 후 일정시간 내에 STS메시지가 수신되지 않으면 상태를 Free로 전환하여 다른 이동노드들이 위치인식 작업을 수행할 수 있도록 한다.

그림 3은 비콘 노드가 CTS를 수신하였으나 비콘은 수신하지 못하는 경우의 시퀀스 다이어그램을 보여준다.



(그림 3) 비콘 노드가 Busy 상태에서 비콘을 수신하지 못하는 경우

Free상태의 비콘 노드가 모바일 노드로부터 CTS메시지를 수신하면 상태를 Busy상태로 전환하고 타이머를 설정하여 대기상태로 들어간다. 이동노드가 RTS와 NTS를 같이 수신하면 이동노드는 대기상태로 전환하여 다음 차례를 기다린다. RTS전송 후 일정한 시간 내에 STS를 수신하지 못한 비콘 노드는 타이머에 의해 Busy상태에서 Free상태로 전환한다. Free상태로 전환 후에 다른 이동노드로부터 CTS를 수신하면 다시 Busy상태로 전환하고 RTS를 전송한다.

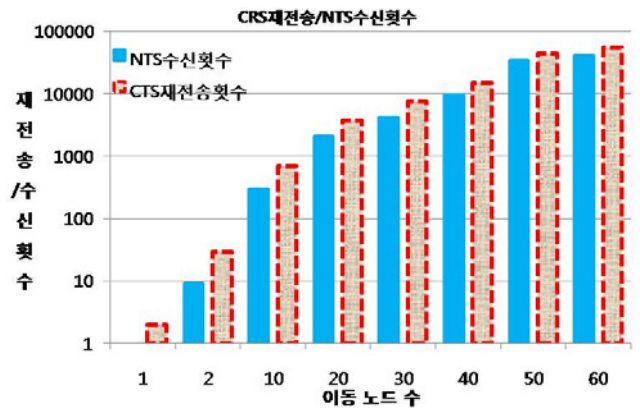


(그림 4) 노드의 상태변화도

그림 4는 이동노드와 비콘 노드의 상태 변화도를 보여준다. 비콘 노드는 CTS를 수신하면 Busy상태로 전환하고 일정시간 내에 비콘을 수신하지 못하면 대기상태(Free)로 돌아간다. 이동노드는 NTS를 수신하면 대기상태(Sleep)으로 전환하였다가 일정시간 후에 다시 CTS 전송을 시도한다.

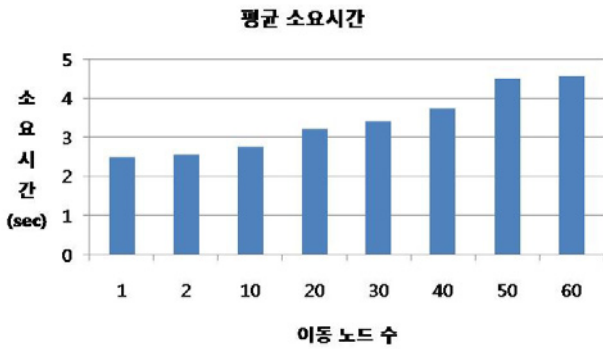
4. 성능평가

본 논문에서 제안된 MNC기법을 NS-2를 이용하여 구현하였다. MAC계층으로는 802.11을 사용하였다. 비콘노드들은 30x30 크기의 그리드 형태로 총 900개의 노드를 배치하였다. 노드간의 거리는 50m로 설정하였으며 노드의 통신 거리(라디오 범위)는 100m로 설정하였다. 이동노드의 수는 1개에서 최대 60개까지 증가시키면서 실험하였다. 이동노드의 이동패턴은 Random WayPoint 모델을 적용하였으며 이동속도는 최소 1m/s에서 최대 20m/s까지로 설정하였다. 이동노드가 NTS를 수신하거나 4개 이하의 비콘 노드로부터 RTS를 수신한 경우에는 일정시간 후에 CTS를 재전송하도록 하였다. 성능평가 지표로는 CTS재전송 횟수, NTS수신 횟수 그리고 소요시간으로 설정하였다.



(그림 5) 이동 노드 수에 따른 CTS재전송/NTS수신 횟수

그림 5는 이동 노드 수를 증가시키는 경우에 CTS재전송 횟수와 NTS수신횟수를 보여준다. 그림에서 보듯이 이동노드가 1개인 경우에는 충돌이 발생하지 않기 때문에 CTS재전송이나 NTS수신이 거의 발생하지 않는다. 하지만 이동노드수가 증가함에 따라 충돌가능성이 증가하여 CTS의 재전송과 NTS수신이 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이동노드수가 많은 경우 MNC기법을 적용하지 않으면 충돌이 빈번하게 발생하여 위치확인 작업이 거의 불가능해질 것이라는 것을 예상할 수 있다.



(그림 6) 이동 노드 수에 따른 소요시간 변화

그림 6은 이동 노드 수가 증가할 때 위치인식에 걸리는 시간의 변화를 보여준다. 비콘노드가 CTS를 수신하고 비콘과 초음파를 전송하는데 걸리는 기본 시간으로 0.4초로 설정하였다. 이동 노드 수가 증가하면서 충돌로 인한 재전송횟수가 급격하게 증가하기 때문에 소요되는 시간이 두 배 가까이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 한 노드에서 시간에 따른 CTS 재전송 횟수, NTS 수신횟수 그리고 소요시간의 변화를 보여준다. 이동 노드 수가 10개인 경우에서 한 노드를 선정하였다. 그림에서 보듯이 NTS를 수신하는 시점에 CTS를 재전송하는 것으로 확인된다. 또한 CTS가 재전송되는 시점에 소요시간도 CTS 재전송 증가폭에 비례하여 커지는 것으로 파악되어 CTS를 재전송하는 횟수만큼 소요시간이 증가하는 것을 알 수 있다. 이로써 MNC가 정상적으로 동작함을 알 수 있다.

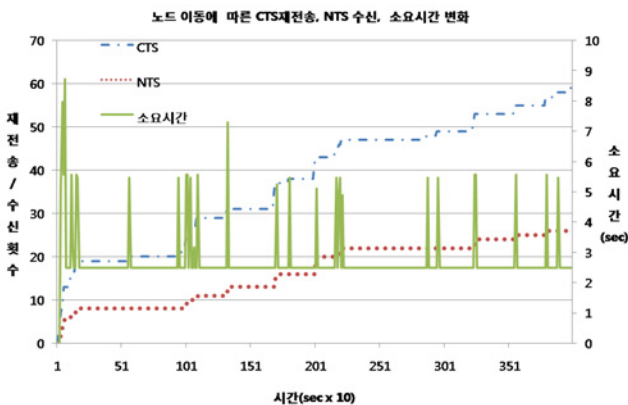


그림 7 노드 이동에 따른 NTS, RTS, 소요시간의 변화

### 5. 결론

유비쿼터스 환경에서는 사용자의 위치를 실시간으로 인식하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해 많은 센서노드들을 배치하여 위치를 인식하는 기법들이 제안되고 개발되고 있다. 하지만 대부분의 위치인식 기법들은 정적인 노드나 단일 노드의 위치인식에만 집중하고 있다. 이를 많은 이동 사용자들의 위치를 실시간으로 파악해야하는 현실에 적용

하면 많은 문제점들이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 다중 사용자들이 한 지역에서 동시에 위치인식 작업을 수행하는 경우에 발생하는 충돌문제를 해결하는 방안으로 MNC기법을 제안하였다. MNC기법은 RTS와 CTS를 이용하여 충돌을 회피함으로써 위치인식 작업이 효율적으로 이루어지도록 한다.

향후에는 모든 노드들이 이동하는 상황에서 위치인식에 관한 연구를 진행할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, pp. 102-114, August 2002.
- [2] H. Henn, S. Hepper, K. Rindtorff, T. Schack, J. Burkhardt (Editor), "Pervasive Computing: Technology and Architecture of Mobile Internet Applications", Addison-Wesley Professional; 1st edition (January 15, 2002)
- [3] Jeffrey Hightower, and Gaetano Borriello, "A Survey and Taxonomy of Location Systems for Ubiquitous Computing," Technical Report UW-CSE 01-08-03, University of Washington, Aug. 2001.
- [4] J.Hightower and G. Borriello. "Location systems for ubiquitous computing", IEEE Computer,34(8):57-66, Aug 2001.
- [5] 김 재호, 김영섭, 박옥선, 김성희, "유비쿼터스 위치기반 서비스 및 위치인식시스템 연구동향," ETRI 주간 기술동향 통권 1127호, 2003년 12월.
- [6] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han, and Mani B. Strivastava, "Daynamic Fine-grained localization in ad-hoc Networks of sensors," in Proceedings of the 7th annual ACM/IEEE international conference on mobile computing and networking (mobicom), Rome, Italy, 2001, pp. 166-179.
- [7] N. Bulusu, J. Heidemann and D. Estrin, "GPS-less Low Cost Outdoor Localization for Very Small Devices," IEEE Personal Communications Magazine, 7(5):28-34, October 2000.
- [8] Tian He, ChengduHuang, B. M. Blum, John A. Stankovic, and Tarek F. Abdelzاهر, "Range-Free Localization Schemes in Large Scale Sensor Networks," CS-TR-2003-06. Submit to MobiCom 2003.
- [9] D. Niculescu and B. Nath, "DV Based Positioning in Ad hoc Networks," In Journal of Telecommunication Systems, 2003.