

센서 네트워크 기반의 실내 위치인식 시스템에서 효율적인 비콘 관리 기법

김종현⁰¹, 신준호², 정광수¹

¹광운대학교 전자통신공학과

jongkim@adams.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

²전자부품연구원

jhshin@keti.re.kr

An Efficient Beacon Management Technique in Sensor Network Localization system

JongHyun Kim⁰¹, JunHo Shin², Kwangsue Chung¹

¹School of Electronics Engineering, Kwangwoon University, Korea

²Korea Electronics Technology Institute

유비쿼터스(Ubiquitous) 개념이 도입된 서비스들은 사용자와 디지털 장비들의 정확한 위치를 제공해야 한다. 이에 실내 환경에 적합한 센서 네트워크 기반의 실내 위치 인식 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 실내 위치 인식 시스템은 MIT에서 개발한 Cricket System이다. Cricket system의 거리 산출 방법은 TDoA 기법을 사용한다. TDoA 기법은 RF 신호와 초음파 신호의 도착 시간 차이를 이용한다. RF 신호는 빛의 속도로 전송되며 초음파 신호는 음파의 속도로 전송되기 때문에 수신 시간차이가 존재한다. 리스너 노드는 RF 신호의 도착과 함께 타이머를 시작하며 초음파 신호의 수신 완료 될 때까지 계수를 한다. 초음파 신호가 도착하면 타이머를 정지 시키고 초음파의 수신 시간을 저장한다. 리스너는 계수된 초음파 신호의 전송 시간을 초음파 신호의 고유 속도(약 340m/s)와 곱하여 거리를 산출한다 [1].

초음파 신호는 상대적으로 느린 음파의 전송 속도로 전파되기 때문에 거리측정에 정확도를 향상 시킬 수 있다 하지만 제한적인 도달 범위를 갖는 초음파 신호의 저주파 특성으로 인하여 비콘 간섭 문제 발생 시키고 노드 수의 증가에 따라 성능이 저하되는 확장성에 취약한 문제를 갖는다. 비콘의 확장성 문제는 넓은 배치 상황에서 발생한다. 위치 인식 영역의 확장은 더 많은 비콘을 필요로 한다. 배치된 비콘의 증가는 절대적인 신호를 증가 시키고 비콘 신호간의 충돌 확률을 증가시킨다. 또한 리스너는 근접한 비콘의 강한 RF 신호뿐만 아니라 멀리 떨어진 비콘의 약한 RF 신호 까지 수신한다 [2].

이에 본 논문에서는 효율적인 비콘 관리를 위해 On-demand 형태의 비콘 관리 기법을 제안한다. 그림 1은 비콘 관리 기법을 나타낸 알고리즘이다. 비콘 관리 기법 가까운 거리의 초음파 신호를 선택적으로 수신하기 위한 기법이다. 리스너는 Request Packet을 브로드 캐스트 형태로 전송한다. 비콘은 Request Packet의 수신 신호 세기를 비교하고 미리 정해 놓은 문턱 값 이상의 신호를 수신한 비콘은 Reply Packet을 전송한다. 이와 같은 과정은 리스너와 근접한 비콘 노드를 찾는 과정이며 가까운 노드의 패킷이 먼저 들어온다는 것을 이용하여 경쟁기반으로 비콘 신호를 수신하여 우선순위를 결정한다. 첫 번째 우선순위를 갖는 노드 ID를 Solicitation Packet에 저장하여 Broadcast 한다. 비콘은 Solicitation Packet을 수신하고 자신의 ID가 있는지 확인한다. 만약 자신의 ID가 존재 한다면 TDoA Packet을 전송한다. TDoA Packet의 전송 시간은 초음파 신호의 전파 속도 때문에 비교적 긴 시간이 소요된다. 만약 다른 TDoA Packet이 전송된다면 비콘 간섭이 발생한다. 리스너 노드는 TDoA Packet을 수신한 후에 Polling Packet을 전송한다. Polling Packet은 두 번째 우선순위를 갖는 비콘 ID를 저장하고 Broadcast 한다. Polling Packet을 수신한 노드는 TDoA Packet을 전송한다. 이와 같은 방법을 반복하여 위치 산출에 필요한 TDoA Packet을 수신하고, Location Estimation을 통하여 위치 산출 알고리즘을 수행한다.

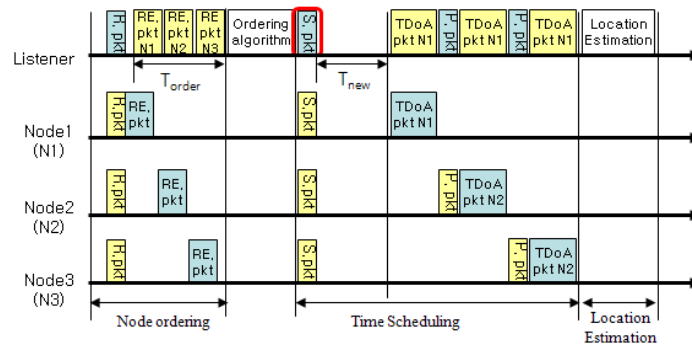


그림 1. 비콘 관리 기법

그림 2(a)는 리스너 고정 상황에서 배치된 비콘 노드의 수에 따른 거리 샘플의 수신 수를 나타낸다. 제안된 알고리즘은 비콘 노드의 증가에 따른 수신 거리 샘플 수가 일정량을 변화 없이 유지하는 것을 볼 수 있다. 그림 2(b)는 비콘 노드의 증가에 따른 제어 패킷의 에러율을 나타낸 결과이다. Cricket system은 모든 비콘 노드가 주기적으로 RF 신호와 초음파 신호를 전송하기 때문에 비콘 노드가 증가함에 따라 RF 신호의 충돌 확률이 증가한다. RF 신호의 충돌은 초음파 신호를 수신 실패 확률을 증가시키며 전체 시스템의 성능을 저하시킨다. 왜냐하면 TDoA 방식에서는 RF 신호를 받은 후에 초음파 신호를 수신하기 때문이다. 제안된 알고리즘은 리스너와 물리적으로 근접한 비콘 노드들에게 선택 적으로 전송 요청을 하므로 수신 샘플수가 많고, 제어 신호의 수신 에러율이 현저히 낮다. 이는 초음파 신호의 수신 성공 확률을 증가 시킨다.

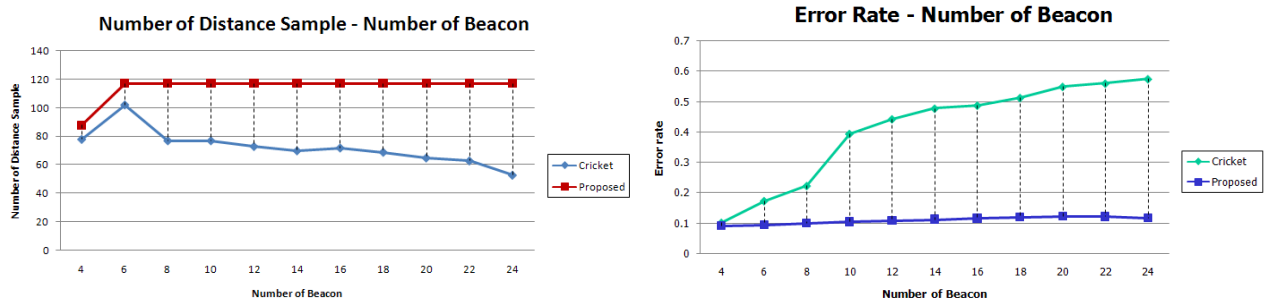


그림 7. 비콘 노드의 증가에 따른 제어 패킷의 에러율

본 논문에서는 비콘 노드간의 간섭 문제를 통신 측면에서 해결하고자 On-demand 전송 기법과 비콘 노드 관리 알고리즘을 제안하고 성능 분석을 위한 실험을 수행 하였다. 비콘 노드의 간섭은 초음파 신호의 수신 실패 확률을 증가 시키며 위치 산출 주기를 증가 시켜 오차를 발생 시킨다. 비콘 노드의 간섭 문제를 해결하고 리스너와 물리적으로 근접한 비콘 노드로부터 신호를 수신 받는 것과 순차적인 TDoA 패킷을 전송하여 위치 산출 소요 시간이 줄어드는 것을 확인하였다.

* 본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07 국토정보C03) 에 의해 수행되었습니다.

[1] N. B. Priyantha, A. Chakraborty and H. Balakrishnan, "The Cricket Location- Support system," Proc. 6th ACM MOBICOM, 2000. 8.
 [2] N. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan, and S. Teller. "The Cricket Compass for Context-Aware Mobile Applications," Proc. 7th ACM MOBICOM., pp.1 - 14, 2001. 7.