

논문 2004-41TC-10-5

유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 측위시스템에서 비콘의 전송 중재 기법

(Arbitration Method of Beacon Transmissions in a Positioning System for Ubiquitous Computing)

송 문 규*

(Moon Kyou Song)

요 약

동시에 전송을 시도할 수 있는 다수의 비콘(전송장치)과 별도의 리스너(수신장치)로 구성되는 측위시스템에서 비콘들의 전송 간에 충돌이 발생할 경우, 그 충돌을 분해하여 비콘들 간 전송을 중재하는 기법을 제안한다. 이 기법을 이용하면, 2개 이상의 비콘이 동시에 전송을 시도하여도 전송 중에 자체적으로 전송의 우선순위가 결정되도록 하여, 동시에 전송을 시도한 비콘 중 하나만이 전송을 계속하도록 하고, 나머지 비콘들은 도중에 스스로 포기할 수 있도록 한다. 이렇게 하므로써 비콘들의 전송이 충돌했을 때 모든 비콘의 전송이 실패하는 것을 피하고, 채널 이용율을 향상시킴으로써 측위시스템의 위치 갱신율(또는 정보 갱신율)을 향상시킬 수 있다. 또한 한 번 전송에 성공한 비콘은 낮은 우선순위를 부여하고, 중재 과정에서 전송을 포기한 비콘은 높은 우선순위를 부여하므로써 모든 비콘들에게 공평한 전송기회를 보장하도록 한다. 또한 비콘들 간에 어떠한 중앙집중적인 제어가 존재하지 않으므로, 시스템의 설치와 확장이 용이하게 이루어질 수 있다.

Abstract

An arbitration method is proposed to resolve a collision and arbitrate beacon transmissions in an indoor positioning system consisting of multiple beacons and listeners. Although two or more beacons may compete to transmit signals simultaneously, a single winner in the competition is determined autonomously through the arbitration process while they are transmitting. So, it can continue to send its data, but the others give up their transmissions during the arbitration process. As a consequence, update rate for location information and channel utilization can be improved by avoiding that all beacons fail due to a collision. Once a beacon succeeds in transmitting its signal, a low-level priority is assigned to it. And a high-level priority is allocated to a beacon which gave up its transmission during arbitration process. This will guarantee every beacon has fair transmission opportunity with the arbitration method. As no centralized control is required among beacons, a positioning system can still be easily deployed and expanded with this arbitration method.

Keywords: Arbitration, Context-aware, Location, Positioning System, Ubiquitous

I. 서 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 연구가 전세계적으로 많은 관심을 받고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 컴퓨터 하드웨어와 통신 기술의 발전을 바탕으로 무수히 많은 컴퓨팅과 통신으로 구성되어 적절한 시기에 필요한

정보를 올바른 사람에게 제공할 수 있는 지능적인 환경을 말한다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 현재 위치의 물리적 환경의 성질과 조건에 따라서 사용자 장치의 동작과 사용자 인터페이스가 적응적으로 변하는 상황인식(context-aware) 응용 서비스가 널리 전개될 것으로 전망된다^[1-4]. 이러한 상황인식 서비스를 위해서 사용자의 위치 정보는 매우 중요하고 필수적인 요소가 되며, 미래의 사용자 장치는 자신의 물리적 위치인식 기능을 필수적으로 포함하도록 발전하게 될 것으로 전망된다.

실외에서는 GPS^[6]를 통해 사용자의 위치 정보를 얻을 수 있으나, 컴퓨팅 자원들이 밀집한 실내의 유비쿼터스 환경을 위해서도 적절한 측위 기술이 필요하게 될

* 중신회원, 원광대학교 전기전자및정보공학부
(Dept. of Electrical, Electronic and Information Engineering Wonkwang University)

※ 본 연구는 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구 결과로 수행되었음

접수일자: 2004년7월3일, 수정완료일: 2004년9월20일

것이다. 실외에서도 GPS를 대체할 수 있는 측위 기술에 대한 필요성도 함께 대두되고 있다. 이에 따라서 사용자 장치에 장착하여 그 위치를 파악할 수 있는 측위 기술에 대한 연구가 선진각국에서 진행되고 있다^[5-6, 15].

종래의 측위를 위한 연구로서 AT&T 연구소의 Active Badge^[7] 및 Active BAT 시스템(1999)^[8], Microsoft 연구소의 RADAR(1999)^[10]와 Easy Living (2001)^[12] 시스템, RF 테크놀로지사의 Pinpoint^[11], 조지아 공대의 Smart Floor(2000)^[13], 워싱턴 대학의 SpotON(2000)^[14] 등의 측위시스템이 개발된 바 있다. 그러나 이들은 위치인식이 아닌 위치추적 시스템으로서 사용자 위치에 대한 프라이버시 보호에 공통적인 문제점을 갖는다.

유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 측위시스템은 프라이버시 보호형 구조를 갖기 위해 측위를 위한 인프라(비콘)가 전송을 하고 사용자 장치(리스너)가 이를 수신하여 위치를 인식하는 구조를 가져야 한다. 또한 측위시스템의 확장 전개를 용이하게 하기 위해서 비콘들 간에는 어떠한 종류의 중앙집중형 제어가 없는 분산형 구조를 갖는 것이 바람직하다. 따라서 각각의 비콘들은 비동기적이고 불규칙적으로 전송을 시도하고, 분산형 경쟁기반의 전송을 취하는 것이 바람직하다.

유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 측위시스템은 미국 MIT 대학에서 개발한 크리켓(cricket) 시스템(2000)^[9], 영국 Bristol 대학의 ISP 시스템(2002)^[18], Cambridge 대학의 DOLPHIN 시스템(2003)^[19] 등이 있다. 이들도 아직 몇 가지 기술적인 문제점과 한계를 가지고 있으나, 미국 MIT 대학에서 개발한 크리켓 시스템이 현재까지 개발된 시스템 중에서 유비쿼터스 환경에 적용하기에 가장 적합한 기술과 구조를 가지고 있는 것으로 사료된다.

크리켓 시스템은 천장에 설치된 다수의 비콘(전송장치)과 이동 컴퓨팅 장치에 부착된 리스너(수신장치)로 구성된다. 리스너의 위치를 계산하기 위해서 최소한 4개의 비콘으로부터의 거리가 필요하다. 리스너에서 비콘까지의 거리를 측정할 수 있도록 각각의 비콘은 전파속도가 서로 다른 초음파 펄스(음속)와 RF 반송파(광속)를 동시에 전송한다. 리스너는 수신한 RF 반송파와 초음파 펄스의 도달 시간 차이를 측정함으로써 비콘까지의 거리를 계산한다. 이때 비콘으로부터 리스너까지의 거리가 멀수록 두 신호의 도달 시간 차이가 커지는 사실을 이용한다.

다수의 비콘들이 이러한 신호들을 전송하므로, 서로 다른 비콘에서 전송한 초음파가 혼재할 수 있는 상황에서 각 비콘의 RF 반송파와 초음파 펄스 쌍을 구분할

수 있도록 하기 위해 다음의 기법을 사용한다. 먼저 각 비콘은 방사된 초음파 펄스가 리스너에 도달할 때까지 RF 반송파를 계속 전송하므로써 리스너는 항상 RF 반송파를 수신하고 있는 중에 초음파 펄스를 수신하도록 한다. 또한 비콘들은 무작위적인 시간 간격으로 신호를 전송을 시도하며, 자신의 신호를 전송하기 전에 RF 반송파를 감지하여 다른 비콘 전송과 충돌을 피하는 방식을 취하도록 설계하였다.

비콘에서 RF 반송파의 전송을 위해서 여러가지 전송 기법을 사용할 수 있으나, 비콘에서 전송할 데이터의 양이 그리 많지 않고, 넓은 지역에 설치할 때 가격적인 면이 가장 큰 고려사항이 될 수 있으므로, 비콘에서 실제 RF 반송파의 전송은 간단한 OOK(on-off keying) 방식을 사용하는 것으로 충분하다. 그러나 OOK 전송은 전송하고자 하는 2진 데이터의 논리 값에 따라서 반송파를 전송하거나 차단하는 방식으로 데이터를 전송하므로, 반송파 감지 방식에 의해 비콘의 데이터 전송 여부를 파악하는 것이 어렵고, 비콘 간의 충돌을 완전히 피할 수 없다. 이러한 충돌로 인하여 리스너의 위치 갱신이 저하되는 문제를 갖는다.

본 논문에서는 크리켓 시스템과 같이 동시에 전송을 시도할 수 있는 다수의 비콘과 별도의 리스너로 구성되는 시스템에서 비콘들의 전송 간에 충돌이 발생할 경우, 그 충돌을 분해하여 비콘들 간 전송을 중재하는 기법을 제안한다. 이 방법은 CAN (controller area network) 프로토콜에서 사용되는 CSMA/CR (carrier sense multiple access/collision resolution) 알고리즘^[20]을 응용하여, 2개 이상의 비콘이 동시에 전송을 시도하여도 전송 중에 자체적으로 전송의 우선순위가 결정되도록 하므로써, 동시에 전송을 시도한 비콘 중 하나만이 전송을 계속하도록 하고, 나머지 비콘들은 도중에 스스로 포기할 수 있도록 한다. 이렇게 하므로써 비콘들의 전송이 충돌했을 때 모든 비콘의 전송이 실패하는 것을 피하고, 채널 이용율을 향상시킴으로써 측위시스템의 위치 갱신율 (또는 정보 갱신율)을 향상시킬 수 있다. 또한 비콘마다 2가지 레벨의 우선순위를 두어서 한 번 전송에 성공한 비콘은 낮은 우선순위를 부여하고, 중재 과정에서 전송을 포기한 비콘은 높은 우선순위를 부여하므로써 모든 비콘들에게 공평한 전송기회를 보장하도록 한다. 또한 비콘들 간에 어떠한 중앙집중적인 제어가 존재하지 않으므로, 시스템의 설치와 확장이 용이하게 이루어질 수 있다.

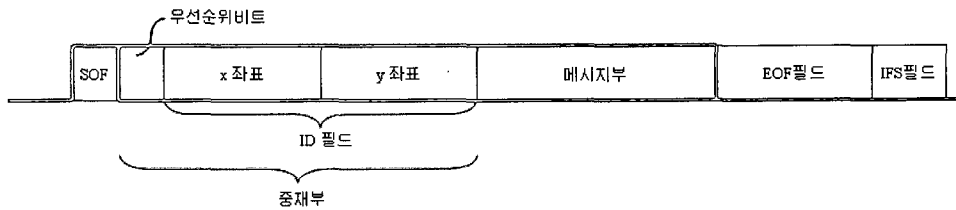


그림 1. 프레임 포맷
Fig. 1. Frame format.

II. 전송중재 기법의 설명

측위시스템의 비콘에서 전송하는 데이터는 보통 양이 많지 않으므로, 경제적인 OOK(on-off keying) 전송방식을 사용하는 것이 일반적으로 충분하다. OOK 전송은 반송파를 전송 또는 차단하므로써 논리 1 또는 0을 전송하는 방식이다. 여기서는 논리 1 비트를 전송할 때 반송파를 전송하고, 논리 0 비트를 전송할 때 반송파를 차단한다고 가정한다. (물론 반대의 경우에도 큰 변화없이 동일한 논리를 적용할 수 있다.) 이 경우 다수의 비콘들 중에서 하나의 비콘이라도 logic-1 비트를 전송하면, 채널은 logic-1의 비트 레벨(반송파 전송)로 감지될 것이고, 비콘들이 모두 logic-0 비트를 전송하거나 모두 전송을 하지 않을 경우에만, 채널이 logic-0의 비트 레벨(반송파 차단) 상태에 있게 된다. 따라서 logic-1의 비트 레벨을 우선 비트 레벨, logic-0의 비트 레벨을 열성 비트 레벨이라 하기로 한다. 따라서 모든 비콘이 전송하고 있지 않은 유희 상태의 채널은 열성 비트 레벨 상태에 있게 된다.

1. 프레임 포맷

각각의 비콘에서 전송하는 RF 신호의 데이터 프레임은 그림 1에 보인 것처럼 SOF(Start-of-Frame), 중재부, 메시지부, EOF(End-of-Frame) 필드 등으로 구성된다. SOF 비트는 데이터 프레임 전송의 시작을 나타내며, 하나의 logic '1' 비트이다. 비콘은 버스가 유희 상태일 때에만 전송을 위한 중재를 시도할 수 있다. 현재 프레임 전송의 종료는 EOF에 의해 지시된다. 모든 비콘들은 중재를 최초로 시작한 노드의 SOF 비트에 의해 야기된 모서리에 동기된다.

중재부는 2개 이상의 비콘이 동시에 전송을 시도할 때 우선순위가 높은 비콘만이 전송할 수 있도록 중재하기 위해 전송하는 부분으로, 우선순위 비트와 ID 필드로 구성된다. ID 필드는 비콘마다 할당된 고유 ID로서 비콘의 (x, y, z) 좌표값 등으로 표현할 수 있다. 각각의

좌표값은 k비트로 구성되며, 특히 z좌표는 모든 비콘들을 천장과 같이 동일한 높이에 설치할 경우 생략할 수 있다.

메시지부는 RF 반송파를 통해 전달하고자 하는 데이터를 포함하는 부분으로 본 논문을 실제 적용할 때 응용 예에 맞추어 적절한 형식으로 정의하여 사용할 수 있으며, 또한 특별히 전송할 데이터가 없을 경우 생략이 가능하다.

EOF 필드는 프레임의 끝을 알리기 위한 부분으로 연속적인 k개의 logic-0 비트로 구성한다. 프레임과 프레임 사이에서 채널은 최소 1비트 이상의 열성 비트 레벨의 IFS 필드(Interframe space)를 갖는다. 일례로 IFS 필드를 m비트의 열성 비트열로 구성할 경우, 채널에서 EOF 필드와 IFS 필드의 연속적인 k+m개 열성 비트열이 존재한 이후에 채널은 유희(idle) 상태에 있게 된다.

2. 중재기법 설명

유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 측위시스템은 프라이버시 보호를 위해 측위를 위한 인프라(비콘)가 전송을 하고 사용자 장치(리스너)가 이를 수신하여 위치를 인식하는 구조를 가져야 한다. 또한 측위시스템의 확장 전개를 용이하게 하기 위해서 비콘들 간에는 어떠한 종류의 중앙 집중형 제어자 없는 분산형 구조를 갖는 것이 바람직하다. 따라서 각각의 비콘들은 비동기적이고 불규칙적인 시간 간격으로 전송을 시도하므로 여러 개의 비콘이 동시에 프레임의 전송을 시도할 가능성이 기본적으로 존재한다.

본 논문에서 제안하는 비콘들의 전송 간 중재 기법에서는 분산형 경쟁 기반의 비파괴적인 중재를 수행하도록 고안된다. 여러 개의 비콘들이 동시에 프레임의 전송을 시작할 때마다 전송의 충돌은 중재부에서 비파괴적인 경쟁 기반의 중재 과정에 의해 분해 처리된다. 중재를 위한 프레임 포맷은 그림 1에 보였으며, 중재처리 과정은 그림 2에 보인 바와 같다.

초기에 비콘은 우선순위 비트를 높은 수준(logic-1

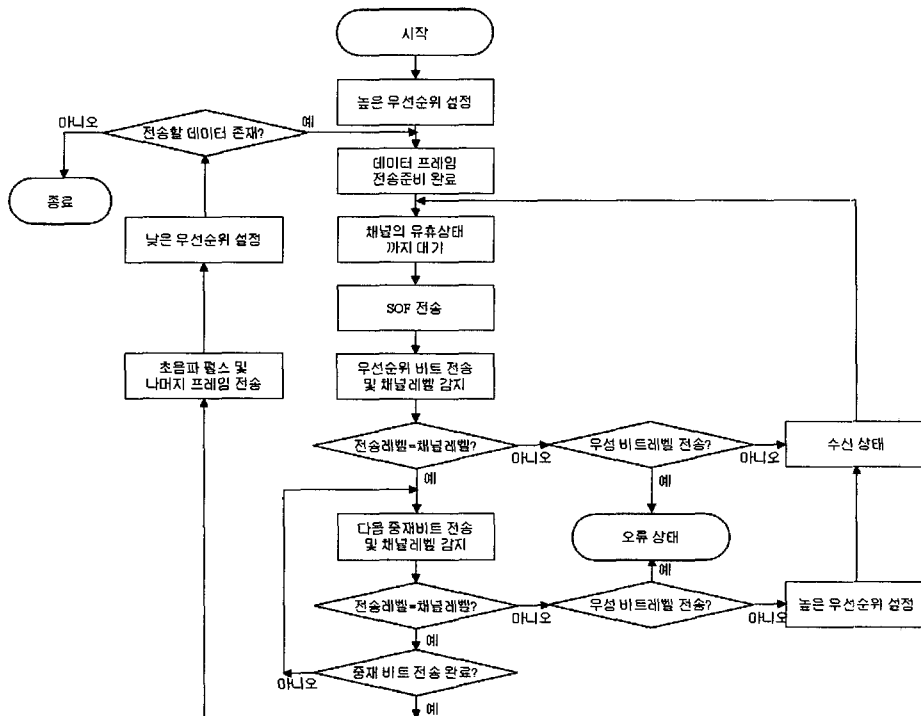


그림 2. 비콘의 전송 중재 처리도
Fig. 2. Arbitration process in a beacon.

레벨)으로 설정한다. 이후 초음파 펄스와 데이터 프레임 전송해야 할 시점까지 대기한다. 비콘이 데이터 프레임을 전송하는 시점은 불규칙적인 시간 간격을 두고 전송하도록 설정할 수도 있고, 항상 전송하도록 설정할 수도 있다. 모든 비콘이 항상 전송하도록 설정할 경우 이 과정은 생략된다. 시스템 내의 모든 비콘이 항상 전송하도록 설정하여도 본 논문의 전송 중재 기법에 따라서 모든 비콘이 공평한 전송기회를 갖게 될 것이다.

비콘이 전송할 준비가 되면, 먼저 채널 상태를 감지하여 채널이 유휴 상태에 있을 때까지 대기한다. 채널에서 EOF 필드와 IFS 필드를 포함한 최소 $k+m$ 개의 연속적인 logic 0 비트가 감지되면, 채널은 유휴 상태로 간주할 수 있다. 현재 프레임을 전송하였던 비콘이 바로 다음의 전송을 시도할 경우에는 본인이 현재 프레임의 EOF 필드를 전송하였으므로, 이를 제외한 m 비트의 IFS 필드만 감지하면 채널을 유휴상태로 간주하게 된다. 유휴 상태에서는 전송 준비가 완료된 임의의 비콘들이 전송을 개시할 수 있다.

채널이 유휴 상태임을 확인하고 전송을 개시하는 비콘은 먼저 우성 비트 레벨의 SOF 비트를 전송함으로써 프레임 전송의 시작을 알린다. 따라서 이전 프레임의 전송으로 대기 중이었던 프레임은 IFS 필드 다음의 비트부터 전송을 개시하게 된다.

이후 우선순위 비트와 ID 필드로 구성되는 중재부를 전송하는 동안에 중재 과정이 이루어진다. 중재 과정 동안에 모든 전송 비콘들은 한 비트를 전송한 후 바로 채널의 상태를 감지하여 전송한 비트 레벨과 비교한다.

제일 먼저 우선순위 비트를 전송한 후 채널 상태를 감지한다. 우선순위 비트의 전송 레벨과 감지된 채널 레벨을 비교하여 두 레벨이 서로 같으면, 다음의 중재 비트를 전송한다. 우선순위 비트의 전송 레벨과 채널 레벨을 비교하여 두 레벨이 서로 다르면, 다음의 2가지 경우가 발생한다. 즉, 높은 우선순위를 나타내는 우성 비트 레벨을 전송하였으나, 채널에서 열성 비트 레벨을 감지한 경우는 문제가 있는 경우이므로 오류 상태에 들어간다. 낮은 우선순위를 나타내는 열성 비트 레벨을 전송하였으나 채널에서 우성 비트 레벨을 감지한 경우는 중재 과정에서 다른 비콘에 진 경우이므로, 전송을 포기하고 다른 비콘이 전송하는 프레임을 수신하는 모드로 들어간다. 이후 채널이 유휴해질 때까지 대기한 후 재전송을 시도한다.

이제 다음의 중재 비트들을 전송하는 단계로 돌아가자. 다음에 전송할 중재 비트를 전송하고 전송한 비트 레벨과 채널 레벨을 비교한다. 전송 레벨과 채널 레벨의 비교에서 두 레벨이 같으면 ID 필드의 전송을 모두 가칠 때까지 중재 비트들을 전송한다. 두 레벨이 서로 다르면 다음의 2가지 경우가 발생한다. 즉, 높은 우선순위

를 나타내는 우선 비트 레벨을 전송하였으나, 채널에서 열성 비트 레벨을 감지한 경우는 문제가 있는 경우이므로 오류 상태에 들어간다. 낮은 우선순위를 나타내는 열성 비트 레벨을 전송하였으나 채널에서 우선 비트 레벨을 감지한 경우는 중재과정에서 다른 비콘에 진 경우이므로, 전송을 포기하고 다음 번의 중재 과정까지 대기하도록 한다. 이 경우 다음 번의 중재 과정에서 높은 우선순위를 확보하도록 높은 우선순위를 설정한다.

이렇게 하는 이유는 다음과 같다. 낮은 수준의 우선순위를 갖는 비콘이 다른 비콘과의 중재 과정에서 전송권을 놓치게 되었을 때, 차후의 중재 과정에서도 역시 동일한 비콘과 충돌이 발생하면, 여전히 중재에서 실패하게 될 것이다. 따라서 일단 중재 과정에서 성공하면 낮은 우선순위를 갖도록 하고, 실패한 경우에는 높은 우선순위를 가지도록 하여 결국 공평한 전송기회를 가질 수 있도록 보장하기 위함이다. 이후 다른 비콘이 전송하는 프레임을 수신하는 모드로 들어가서, 채널이 유휴해질 때까지 대기한 후 재전송을 시도한다.

모든 중재부의 전송이 완료되면, 초음파 펄스 등의 메시지부와 EOF 펄스의 전송을 완료한다. 중재부의 전송이 완료된 시점에서 오직 하나의 비콘만이 초음파 펄스와 나머지 메시지의 전송 기회를 가지게 된다. 전송이 성공적으로 완료된 경우에는 차기의 중재 과정에서 다른 비콘들에게 전송 기회를 양보하기 위해 낮은 우선순위를 갖도록 설정하고, 다음 전송 시기까지 대기한다.

III. 전송중재 기법의 성능

이 장에서는 미국 MIT대학의 Oxygen 프로젝트에서 개발한 측위시스템인 크리켓 시스템^{19, 17)}에서 고려한 비콘의 랜덤 전송 기법을 살펴보고, 본 논문에서 제안한 기법과 성능 비교를 위해 해석과 시뮬레이션을 사용하여 비콘 전송 프로파일에 따른 RF 채널 이용율을 살펴본다. 기존의 측위시스템에서 채널 이용율이 낮으면, 주어진 시간에 리스너에서 취할 수 있는 거리 샘플의 수가 감소하고, 해석에 작은 수의 샘플만을 이용하게 되어, 지연과 정확도의 관점에서 모두 리스너의 성능을 저하시킬 수 있다. 비콘의 전송 빈도가 낮으면, 대부분의 시간동안 채널이 유휴 상태에 있으므로 채널 이용율이 낮아진다. 반면에 전송율이 너무 올라가도, 불필요한 충돌이 증가하게 되고 결국 채널 이용율이 낮아진다. 채널 이용율을 논의할 때 비콘에 의해 인지되는 것과 리스너에 의해 인지되는 RF 채널 이용율을 구분할 필

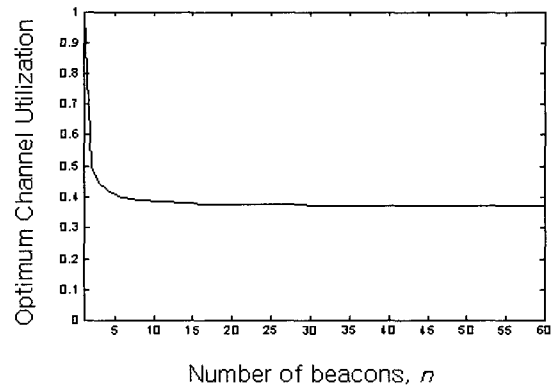


그림 3. 랜덤 전송 방식에서 최적의 채널 이용도^[17]
 Fig. 3. Optimal channel utilization for random transmissions between beacons.^[17]

요가 있다. 일반적으로 주어진 비콘의 RF 영역 내에 있는 비콘의 집합과 리스너의 영역 내 비콘의 집합이 다른 경우가 발생한다. 본 논문에서 이용율은 리스너의 관점에서 본 이용율을 의미하는 것으로 한다. 1절과 2절에서는 크리켓 시스템에서 고려한 비콘의 전송 프로파일의 성능을 소개하고, 3절에서 본 논문에서 제안한 중재 전송기법과 비교한다.

1. 반송파 감지가 없는 랜덤 전송

각 비콘은 고정 길이의 메시지를 전송하며, 각각의 전송 구간은 랜덤한 시간간격 I 만큼 떨어져 있다고 가정한다. 랜덤한 시간간격 I 는 I_l 과 I_h 의 값 사이에서 균일 분포되어 있다. 리스너의 영역에 n 개의 비콘이 있다. RF 전파지연의 영향은 고려 대상인 다른 시간 크기에 비해 작으므로 무시한다. 먼저 두 전송 사이의 시간 간격의 기대값을 I_e , 메시지 길이를 T_x 라 하면, 주어진 비콘이 주어진 순간에 전송하고 있을 확률은 $p = T_x/I_e$ 와 같다. 성공적인 전송을 위하여 주어진 시간에 n 개의 비콘 중 오직 하나만이 전송해야 한다. 리스너의 무선영역내에 n 개의 비콘이 존재할 경우 주어진 시간에 정확히 하나의 비콘이 전송할 확률은 리스너에서 인지된 RF 채널의 채널 이용율은 $U = np(1-p)^{n-1}$ 와 같다. 한편, 최적의 채널 이용율 U_{opt} 는 $p = 1/n$ 즉, $I_e = nT_x$ 일 때 $U_{opt} = (1 - 1/n)^{n-1}$ 와 같다.

그림 3은 비콘의 수 n 에 대한 U_{opt} 를 보인다. n 이 증가함에 따라서 최적의 채널 이용율은 초기에 급격히 감소한 후, n 이 5에서 60으로 변화할 때 0.41에서 0.37로 서서히 감소한다. $n=60$ 은 약 6m의 무선 범위를 갖는 비콘이 매 2m²마다 하나씩 존재하는 경우에 해당하며,

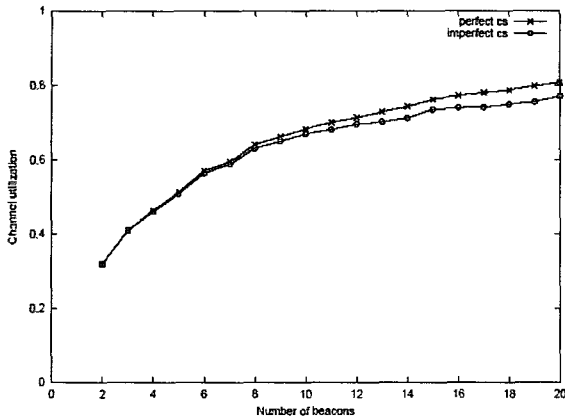


그림 4. 비콘과 리스터가 동일한 무선영역 내에 있는 반송파 감지 경우의 채널 이용도^[17]

Fig. 4. Channel utilization with carrier sense when all the beacons and listeners are within each other's range.^[17]

실제적 상황에서 가장 조밀한 비콘의 밀도에 해당한다. 따라서 이러한 전송 방식에 대하여 RF 채널 이용율은 약 0.37이라 할 수 있다. U_{opt} 의 이론적 한계치는 무한대의 n 에 대한 $1/e$, 즉 36.8%이다^[17].

2. 반송파 감지 랜덤 전송

이 절에서는 인접한 비콘의 전송끼리의 충돌을 피하기 위하여 RF 반송파 감지를 사용하는 경우를 고찰한다. 각 비콘은 주기적으로 RF 반송파의 존재 여부를 검사하여 반송파가 없을 경우에만 데이터를 전송한다. 연속적인 전송 시도간의 간격은 비콘 간의 바람직하지 않은 상호작용을 피하기 위해 랜덤 변수를 사용한다.

먼저 비콘들이 모두 각각의 영역 내에 존재하고, 완벽한 반송파 감지 능력을 가지는 상황을 고찰한다. 이를 통해 매우 우호적인 조건에서 이 알고리즘의 성능을 파악하게 된다.

그러나 실제에서 비콘들이 서로의 전송을 모두 들을 수 있을지라도 완벽한 반송파 감지를 이루는 것은 거의 불가능하다^[17]. RF 반송파의 전송을 위해 OOK방식을 사용하는 경우 본질적으로 반송파 감지는 완벽하게 동작할 수 없다. 문헌 [17]에서는 이를 검출 임계치(detection threshold)에 의해 설명하였다. 여기서는 비교를 위해 문헌 [17]에 의해 수행된 시뮬레이션 결과를 소개한다.

그림 4는 모든 비콘과 리스너가 동일한 RF 송수신 영역 내에 존재하는 경우 반송파감지 랜덤전송 기법의 채널 이용도를 보인 것으로, 각각 완벽한 반송파 감지와 불완벽한 반송파 감지의 경우를 보인 것이다.

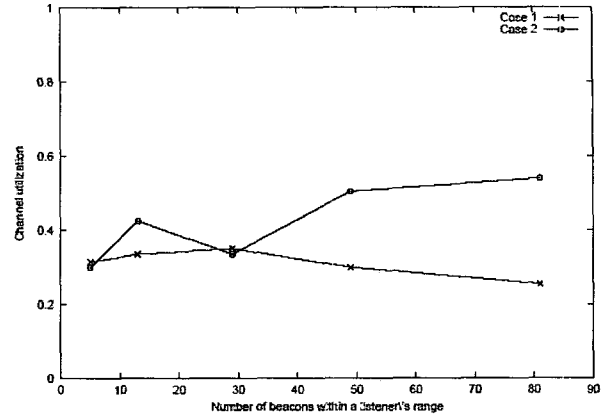


그림 5. 비콘과 리스터가 제한적인 RF 영역을 갖는 반송파 감지 경우의 채널 이용도^[17]

Fig. 5. Channel utilization with carrier sense under limited RF range for beacons and listeners.^[17]

그림 5는 비콘과 리스터의 송수신 영역이 제한적인 경우의 전송 기법의 채널 이용도를 보인 것이다. 그림에서 case 1은 비콘과 리스너가 동일한 무선 영역을 갖는 경우이며, case 2는 비콘이 리스너의 2배의 무선 영역을 갖는 경우를 보인다.

3. 제안된 중재 기법의 구현 및 성능

RF 반송파의 전송을 위해 OOK 방식을 사용하는 경우 본질적으로 반송파 감지는 완벽하게 동작할 수 없다. 우리는 실제로 크리켓 실내 측위시스템을 제작하여 실험함으로써 이 사실을 확인하였다. 우리는 마스터 비콘을 설정하고, token passing 방식으로 비콘 간에 전송을 할당함으로써 이러한 충돌을 피할 수 있었다. 그러나 이 방법은 마스터 비콘에 의한 중앙집중형 제어가 수반되므로 설치와 확장 시에 많은 불편함을 야기하게 되고, 크리켓 본래의 설계 목표에 위배된다.

본 논문에서 제안한 전송 중재 기법은 크리켓 시스템과 같이 동시에 전송을 시도할 수 있는 다수의 비콘과 별도의 리스너로 구성되는 측위시스템에서 비콘들의 전송 간에 발생할 수 있는 충돌을 분해하여 전송을 중재하기 위한 기술이다. 이 기법을 적용하면 비콘들의 전송이 충돌할 경우에도 모든 비콘의 전송이 실패하는 것을 피할 수 있고, 채널 이용율을 향상시킴으로써 측위시스템의 위치 갱신을 (또는 정보 갱신을) 향상시킬 수 있다. 또한 한 번 전송에 성공한 비콘은 낮은 우선순위를 부여하고, 중재 과정에서 전송을 포기한 비콘은 높은 우선순위를 부여함으로써 모든 비콘들에게 공평한 전송기회를 보장할 수 있다.

제 II장에서 제안한 전송중재 기법을 시험하기 위하

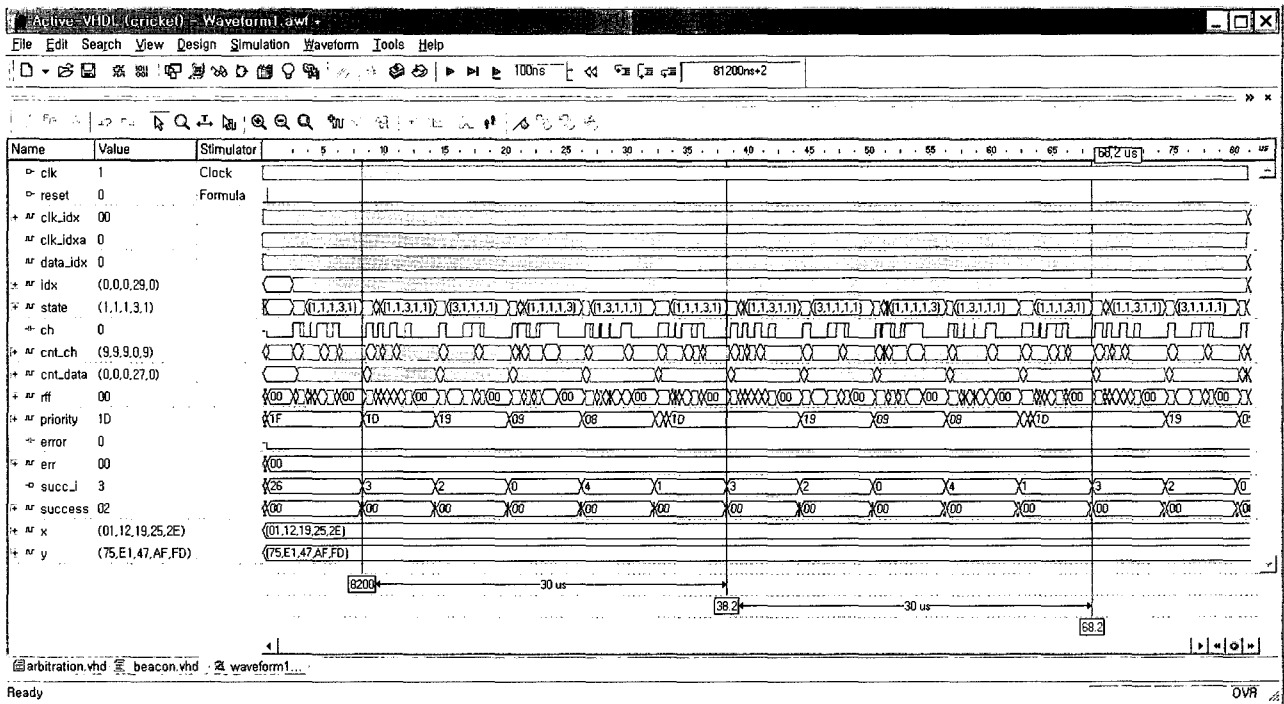


그림 6. 시뮬레이션 파형

Fig. 6. Simulation waveform.

표 1. 비콘의 좌표

Table 1. Coordinates of beacons.

비콘#	좌표	비콘#	좌표	비콘#	좌표
0	(1, 117)	9	(91, 185)	18	(189, 154)
1	(18, 225)	10	(103, 22)	19	(192, 242)
2	(25, 71)	11	(118, 143)	20	(205, 35)
3	(37, 175)	12	(123, 203)	21	(218, 166)
4	(46, 253)	13	(139, 61)	22	(224, 96)
5	(53, 130)	14	(147, 122)	23	(232, 218)
6	(66, 233)	15	(155, 104)	24	(249, 199)
7	(72, 44)	16	(160, 59)	25	(251, 88)
8	(85, 9)	17	(172, 12)		

여 그림 2에 보인 플로우차트와 같이 동작하는 비콘을 VHDL을 이용하여 설계하였다. 이와 같은 비콘을 여러 개 구현하고, 이들이 전송을 시도하는 상황을 시뮬레이션하였다. 표 1에 보인 바와 같이 0번부터 25번까지 총 26개의 비콘이 존재하는 상황에 대하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 비콘들은 다음과 같은 순서에 의해 모든 비콘이 공평하게 채널을 점유하며, 이 순서가 반복됨을 알 수 있었다.

10 → 25 → 12 → 9 → 15 → 13 → 14 → 18 → 20
 → 5 → 8 → 3 → 24 → 2 → 0 → 4 → 11 → 21 → 1
 → 6 → 17 → 23 → 7 → 22 → 16 → 19

중재부는 {우선순위비트, x좌표, y좌표}로 구성되므로, 본 논문의 중재 알고리즘에 의하면 우선순위가 같을 경우, x좌표의 값이 클수록 우선순위가 높을 것이다. 그러나 설계된 비콘에서 x좌표와 y좌표의 출력시 LSB부터 출력하도록 하였기 때문에 채널을 점유하는 비콘의 순서가 좌표 값의 크기 순으로 정렬되지는 않았다.

그림 6은 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성공적 수행 결과를 보이기 위하여 0번부터 4번까지 5개의 비콘만이 존재하는 경우의 시뮬레이션 파형을 보인 것이다. 그림에서 succ_i 신호는 프레임의 전송에 성공한 비콘의 ID를 보인 것이며, 초기화되기 전에는 26이란 값을 갖는다. 이 신호로부터 기대한 바와 같이 {3 → 2 → 0 → 4 → 1}의 순서로 모든 비콘이 채널을 점유하여 끝고루 자신의 신호를 전송하고 이 과정이 반복됨을 확인할 수 있다. 이 그림은 비록 5개의 비콘이 존재하는 상황에 대한 예를 보인 것이나, 기존의 측위시스템에 아무런 변화를 주지 않고서도 새로운 ID의 비콘을 추가할 수 있으므로, 시스템의 확장이 용이하다. 이러한 충돌 중재 기법은 앞 절에서 살펴본 전송 프로파일보다 우수하며, 100%의 채널 이용율을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 측위시스템에서 비콘들의 전송 간 충돌 분해와 비콘들간의 공평한 전송기회 보장을 특징으로 하는 전송 중재 처리 기법을 제안하였다. 이 기법은 크리켓 시스템과 같이 동시에 전송을 시도할 수 있는 다수의 비콘과 별도의 리스너로 구성되는 측위시스템에서 비콘들의 전송 간에 발생할 수 있는 충돌을 분해하여 전송을 중재하기 위한 기술이다. 이 기법을 적용하면 비콘들의 전송이 충돌할 경우에도 충돌된 비콘들의 전송이 모두 실패하는 것을 피할 수 있고, 채널 이용율을 향상시킴으로써 측위시스템의 위치 갱신을 (또는 정보 갱신을) 향상시킬 수 있다.

각 비콘이 전송하는 프레임 포맷에서 전송 중재를 위한 중재부에 우선순위 비트와 ID 필드를 두고, ID 필드의 값을 비콘의 위치 좌표값으로 설정하여 서로다른 비콘들이 자동적으로 구별되도록 하였다. 또한 우선순위 비트를 이용하여 비콘들에 2단계의 우선순위 레벨을 두고 한 번 전송에 성공한 비콘은 낮은 우선순위를 부여하고, 중재 과정에서 전송을 포기한 비콘은 높은 우선순위를 부여하므로써 모든 비콘들에게 공평한 전송기회가 보장되도록 하였다. 본 논문에서 제안한 전송 중재 기법은 VHDL에 의한 시뮬레이션에 의해 그 동작을 검증하였다. 제안된 기법이 비콘들 간에 어떠한 중앙집중적인 제어를 요구하지 않으므로, 시스템의 설치와 확장에도 별다른 어려움 없이 적용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] G. Chen and D. Kotz, "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research," *Dartmouth Computer Science Tech Report TR2000-381*, 2000. (<ftp.cs.dartmouth.edu/TR/TR2000-381.ps.Z>)
- [2] B. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-aware computing applications," *Proc. of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 85-90, December, 1994.
- [3] M. Satyanarayanan, "Pervasive computing: vision and challenges," *IEEE Personal Communications*, pp.10-17, Aug., 2001.
- [4] Dey, A.K., "Understanding and Using Context," *Personal and Ubiquitous Computing Journal*, Vol. 5(1), 2001, pp. 4-7(<http://www.cc.gatech.edu/fce/PeTe5-1.pdf>)
- [5] 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. (<http://portolano.cs.washington.edu/projects/location/>)
- [6] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing," *Computer*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, IEEE Computer Society Press, Aug. 2001.
- [7] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, "The active badge location system," *ACM Trans. on Information Systems*, 10(1), pp.91-102, Jan. 1992.
- [8] A. Harter, A. Hopper, P. Steggle, A. Ward, and P. Webster, "The anatomy of a context-aware applications," *Proc. of 5th Annual ACM/IEEE International Conf. On Mobile Computing and Networking (Mobicom1999)*, pp. 59-68, Aug. 1999.
- [9] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support system," *Proc. 6th ACM MOBICOM*, Boston, MA, August 2000. (<http://nms.lcs.mit.edu/papers/cricket.pdf>)
- [10] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system," *Proc. of IEEE INFOCOM*, pp.775-784, March 2000.
- [11] Pinpoint home page. (<http://www.pinpointco.com>)
- [12] Microsoft Research, Easy living, Website, 2001. (<http://222.research.microsoft.com/easyliving/>)
- [13] R. J. Orr and G.D. Abowd, "The smart floor: a mechanism for natural user identification and tracking," *Proc. of the 2000 Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI2000)*, April 2000.
- [14] J. Hightower, R. Want and G. Borriello, "Spot ON: an indoor 3D location sensing technology based on RF signal strength," *UW-CSE-00-02-02*, Univ. of Washington Tech. Report, Feb., 2000. (<http://portolano.cs.washington.edu/spoton/#resources>)
- [15] 박옥선, 정광렬, 김성희, "유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템," *ETRI 주간기술동향*, 1098호, 2003. 6.
- [16] I. Getting, "The Global Positioning System," *IEEE Spectrum*, Vol. 30, No. 12, pp.36-47, December 1993.
- [17] Nissanka Bodhi Priyantha, *Providing Precise Indoor Location Information to Mobile Device*, Master's Thesis, Massachusetts Instituted of Technology, Jan 2001.
- [18] Cliff Randell and Henk Muller. "Low Cost Indoor Positioning System," *UbiComp 2001: Ubiquitous*

Computing, Springer-Verlag, pp. 42-48, September 2001.

(<http://www.cs.bris.ac.uk/Tools/Reports/Abstracts/2001-randell.html>)

- [19] Mike Hazas, and Andy Ward, "A High Performance Privacy-Oriented Location System," *Proc. of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'03)*, 2003.

- [20] Konrad Etschberger, *Controller Area Network : Basics, Protocols, Chips and Applications*, IXX AT Press, 2001.

저 자 소 개



송 문 규(중신회원)

1988년 고려대학교 전자공학과 공학사 졸업

1990년 고려대학교 대학원 전자공학과 공학석사 졸업

1994년 고려대학교 대학원 전자공학과 공학박사 졸업

1990년 석사장교(군복무)

1990년~1994년 (주)대우통신 종합연구소 네트워크연구부
선임연구원

1994년~현재 원광대학교 전기전자및정보공학부 부교수

1997년~1998년 한국전자통신연구원 초빙연구원

1999년~2000년 캐나다 University of Victoria, Post-doctoral research fellow

2000년~2001년 한국전자통신연구원 초빙연구원

2000년~현재 한국통신학회 논문지 편집위원

2003년~현재 원광대학교 정보통신창업지원센터 센터장

<주관심분야: 통신시스템, 유비쿼터스컴퓨팅, RFID>