

위치 기반 서비스를 위한 RFID 기반의 효과적인 위치 인식 기법

(An Effective Location Acquisition Method Based on RFID for Location Based Services)

북 경 수 [†] 이 미 숙 [†] 박 용 훈 ^{**} 유 재 수 ^{***}
 (Kyoung Soo Bok) (Mi sook Lee) (Yong Hun Park) (Jae Soo Yoo)

요 약 본 논문에서는 기존 연구의 불필요한 연산량을 제거하여 이동 객체의 위치 인식을 빠르게 연산함과 동시에 측정된 객체의 위치 정보에 대한 높은 정확성을 보장하는 RFID 기반의 새로운 위치 인식 기법을 제안한다. 또한, 응용 서비스에서 알고 있는 해당 객체의 위치 정보를 새로 생성된 위치 정보로 갱신하기 위한 RFID 기반의 위치 갱신 기법을 제안함으로써 응용 서비스로의 불필요한 데이터 전송 비용을 감소시킨다. 제안하는 기법의 우수함을 보이기 위해 기존 연구와 성능 평가를 수행하였다. 실험 평가 결과 기존 연구에 비해 위치 측정시 요구되는 연산량이 약 500배 이상 감소한 결과를 보였다. 또한, RFID 기반의 위치 갱신 기법에 의해 응용 서비스로 전송되는 데이터량을 감소시켰다.

키워드 : 위치 인식, 위치 기반 서비스, RFID

Abstract In this paper, we propose a new location acquisition scheme based on RFID that reduces the computation cost of location acquisition and keeps the accuracy of the location. In addition, we propose an incremental location update policy to reduce the location update cost for moving objects. To show the superiority of our proposed scheme, we compare it with the existing researches. It is shown through various experiments that the proposed system reduces the computation cost of location estimation 500 times more than existing researches. Also, the proposed system significantly reduces the cost of location update using the RFID-based update policy.

Key words : location acquisition, Location based services, RFID

1. 서 론

위치 기반 서비스(LBS : Location Based Service)는 유무선 통신망을 통해 획득된 객체의 위치 정보를 기반으로 다양한 콘텐츠 서비스를 제공할 수 있다. 유비쿼터스 사회가 도래할수록 이동 객체에 대한 위치를 활용하여 위치 기반 서비스를 제공하기 위한 필요성은 계속적으로 증가할 것이다. 위치 기반 서비스는 객체의 정확한 물리적인 위치를 파악해야 하며 자동적으로 객체의 위치 변화를 인식할 수 있어야 한다[1,2].

유비쿼터스 환경에서 위치 인식 서비스는 실외뿐만 아니라 실내에서도 매우 중요한 서비스로 대두되고 있다. 위치 인식 기법으로 가장 널리 활용되는 GPS는 위성에서 발신하는 전파를 수신하여 위성에서 관측점까지의 전파 도달 시간을 측정함으로써 공간적 위치를 계산한다. 하지만 GPS 기반의 위치 인식 서비스는 통신 제약으로 인해 실내에 위치하고 있는 객체들의 위치를 검출할 수 없는 문제점이 있다. 이로 인해 실내 환경에서

· 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-314-D00221)과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2009-0080279)의 결과임

† 정 회 원 : (주)가인정보기술

ksbok@gainit.co.kr

mslee@netdb.cbnu.ac.kr

** 학 생 회 원 : 충북대학교 정보통신공학과

yhpark@netdb.cbnu.ac.kr

*** 종 신 회 원 : 충북대학교 정보통신공학과 교수

yjs@chungbuk.ac.kr

(Corresponding author)

논문접수 : 2009년 3월 20일

심사완료 : 2009년 10월 19일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 데이터베이스 제37권 제1호(2010.2)

서비스가 어려운 실정이다. 최근 GPS의 단점을 극복하고 복잡한 환경에서 객체의 위치를 측정하기 위해 RFID 기술이 사용되고 있다. RFID 기술은 적은 시설 투자 비용으로 실내에서 위치 인식 시스템을 구축할 수 있는 가능성을 제공한다[3,4].

최근 국내외적으로 RFID 기술을 이용하여 위치 기반 서비스를 제공하기 위한 초기 연구들이 활발히 진행되고 있다. RFID 기반의 위치 인식 기법들은 크게 두 종류의 시스템 환경으로 분류될 수 있다. 첫째, 위치 기반 서비스를 제공하는 공간의 고정된 위치에 태그를 배치시키고, 이동 객체에 리더기를 부여함으로써 객체의 위치를 인식하는 방법이다[5-7]. 그러나 객체의 위치를 인식하기 위해서는 각각의 객체에게 태그를 인식할 수 있는 리더기를 부착해야 하기 때문에 많은 구축 비용을 소요한다. 둘째, 태그에 비해 상대적으로 고가인 리더기의 배치 수량을 최소화하기 위해 고정된 위치에 리더기를 배치시키고 이동 객체에 태그를 부여하는 방법이다. 이 환경의 기법들은 다시 두 종류의 환경으로 구분된다. 하나는 리더기만을 이용하여 태그가 부착된 객체의 위치를 인식하는 방법이다[8,9]. 또 다른 환경은 고가의 리더기를 대량으로 배치하지 않는 상황에서 위치 인식의 정확도를 향상시키기 위하여 참조 태그라는 개념을 사용한다[10-13]. 전자는 리더기만을 이용하여 객체의 위치를 인식하기 때문에 정확성이 결여된다. 따라서 최근 두 번째 시스템 환경을 기반으로 한 많은 연구가 진행되고 있다.

기존의 위치 인식 서비스를 제공하기 위한 기술들은 이동 객체 단말기에 탑재된 GPS와 같은 위치 획득 장비를 이용하여 위치를 획득하고 위치 정보의 불확실성과 갱신 비용을 고려한 갱신 규칙을 사용한다[14-16]. 하지만 RFID 시스템은 특정 조건 없이 리더기에 의해 계속적으로 태그들이 인식되기 때문에 GPS 기반에서 연구된 갱신 기법을 직접적으로 활용하는 것은 불가능하다. 또한, 기존 RFID를 이용한 위치 인식 서비스들은 대부분 위치 인식 방법에만 국한되어 수행되었다. 따라서 RFID 기반의 위치 인식 서비스를 위한 이동 객체의 위치 정보 갱신 기법에 대한 연구는 국내외적으로 거의 진행되지 않은 상황이다.

본 논문에서는 객체의 위치 인식 시 요구되는 연산량을 감소시키고, 위치의 정확성을 보장하며, 응용 서비스로의 불필요한 데이터 전송 비용을 감소시키기 위해 크게 두 가지의 기법을 제안한다. 먼저, 고정된 위치에 리더기와 참조 태그(reference tag)가 배치된 환경에서 태그가 부착된 객체의 위치 정보를 빠르게 연산함과 동시에 측정된 위치의 높은 정확성을 보장하는 새로운 위치 인식 기법을 제안한다. 이를 위해, 기존에 제안된 기법

처럼 객체의 위치 인식 시 모든 리더기와 모든 참조 태그에 대해 객체와의 인접성을 판별한 후 연산하는 것이 아니라, 해당 객체에 영향을 미치지 않는 리더기와 참조 태그들을 미리 제거한다. 따라서 해당 객체에 필요한 일부의 리더기와 참조 태그만을 사용하여 객체의 위치를 인식함으로써 연산량을 감소시킨다. 두 번째로는 응용 서비스에서 알고 있는 해당 객체의 위치 정보를 새로 생성된 위치 정보로 갱신하기 위한 RFID 기반의 위치 갱신 기법을 제안한다. 위치 인식 기법에 의해 생성된 객체의 위치 정보는 갱신 기법에 따라 필요한 경우에만 위치 정보를 응용 서비스로 전달한다. 따라서 서버의 불필요한 데이터 전송 비용을 감소시키는 장점이 있다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제안된 RFID 기반의 위치 인식 기법과 GPS 기반의 위치 정보 갱신 기법에 대해 기술한다. 3장에서는 기존 연구들의 문제점에 대해 정의하고 4장에서는 본 논문에서 제안하는 RFID 기반의 위치 인식 기법과 객체의 위치 정보를 갱신하는 기법에 대해 소개한다. 5장에서는 성능 평가를 통해 제안하는 기법의 우수성을 증명하며, 마지막으로 6장에서 논문의 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

RFID 기반의 위치 인식 기법으로 특정 위치에 태그를 배치시키고 이동 객체에 리더기를 부여함으로써 객체의 위치를 인식하는 방법이 존재한다. 그러나 이러한 방법은 이동 객체에게 리더기를 부착하기 때문에 높은 시스템 구축 비용이 요구된다. 따라서, 최근에는 공간의 고정된 위치에 리더기를 배치시키고 이동 객체에 태그를 부착하여 위치 기반 인식을 수행하는 기법들이 많이 사용된다. OFS는 이동 객체에 태그를 부착하는 환경으로 고가인 리더기의 배치 수량을 감소시키면서 객체의 위치를 인식하는 기법이다[9]. 태그에 비해 상대적으로 고가인 리더기의 배치 수량을 최소화하기 위해 소규모의 이동 가능한 리더기를 이용한다. 이동 가능한 리더기를 사용하여 초당 일정 거리를 움직이면서 태그가 부착된 이동 객체를 인식하기 때문에 구축 비용과 복잡도를 감소시킨다. 리더기는 매초 자신의 인식 범위 내에서 새롭게 인식된 태그 정보와 인식되지 않은 태그 정보를 이용하여 객체의 위치를 계산한다. 측정된 이동 객체의 위치는 객체 상대할 가능성이 높은 두 좌표 값으로 계산된다. 따라서 두 예상 위치에 대해 이동 객체의 정확한 위치 정보를 파악하기 위해 이동하는 리더기를 좌우로 이동시켜 객체의 위치를 측정한다.

LANDMARC는 고가의 리더기를 대량으로 배치하지 않은 환경에서 정확한 이동 객체의 위치를 인식하기 위

해 참조 태그라는 개념을 처음으로 도입한 기법이다[10]. 참조 태그는 고정된 위치에 배치된 태그로서 이동 객체의 위치를 측정하기 위한 참조 위치의 역할을 한다. LANDMARC는 위치 측정의 정확도를 향상시키기 위하여 고가의 RFID 리더기를 대량으로 배치할 필요가 없으므로 시스템 도입 비용을 절감시킬 수 있다. LANDMARC는 고정된 위치에 리더와 참조 태그를 배치하고 객체에 태그를 부착하여 위치 인식을 수행한다. 예를 들어, n 개의 리더기와 m 개의 참조 태그를 실내 환경에 배치한다고 가정하자. 각각의 리더기는 연속적으로 태그의 신호를 인식할 수 있도록 설정한다. 하나의 이동 객체로부터 각각의 리더기까지 신호 세기 벡터를 $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ 라고 하고, 하나의 특정 참조 태그로부터 각각의 리더기까지 신호 세기 벡터를 $\epsilon = (\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n)$ 라고 하자. 이동 객체와 참조 태그 사이의 상대적 거리를 계산하기 위해 식 (1)와 같이 리더기에서 인식한 신호 세기에 대한 차를 계산한다.

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\theta_i - S_i)^2}, \quad j \in (1, m) \quad (1)$$

E 를 이동 객체와 참조 태그 사이의 위치 관계를 나타내는 인자라고 할 때 그 값이 작을수록 두 태그가 위치적으로 더 근접하다는 것을 의미한다. 따라서 m 개의 참조 태그로부터 이동 객체에 대한 벡터 $E = (E_1, E_2, \dots, E_m)$ 를 가진다. 이때, E 가 가장 작은 k 개의 가장 작은 값을 가지는 참조 태그를 인접 태그로 선출하고 선출된 참조 태그들의 가중치와 실제 위치 좌표를 이용하여 이동 객체의 좌표를 측정한다.

VIRE는 LANDMARC의 시스템 환경에서 동일한 시스템 도입 비용으로 많은 참조 태그를 사용하지 않고서도 더 정확한 객체의 위치를 인식하기 위한 기법이다 [11]. LANDMARC의 경우 객체의 위치 정확성을 향상시키기 위해서는 많은 참조 태그들이 배치되어야 한다. 이는 추가적인 시스템 비용이 요구되며 참조 태그들의 신호 간섭 현상을 발생 시스위치 측정의 정확성을 저하시킨다. 따라서 VIRE는 실제 배치된 참조 태그 외에 가상 참조 태그(virtual reference tag)라는 개념을 사용한다. VIRE는 가상 참조 그리드가 완성된 후, 각 가상 참조 태그의 신호 세기 값은 주변 리더기에 의해 계산된다. 각 리더기는 위치 기반 서비스를 제공하기 위한 전체 지역을 포함하여 'proximity map'을 유지한다. 이때, 맵은 하나의 가상 참조 태그에 대응하여 영역의 수로 분할된다. 각 영역의 가상 참조 태그의 신호 세기 값은 그들의 실제 참조 태그의 신호 세기 값을 기반으로 계산된다. 따라서 실제 참조 태그의 신호 세기 값이 장애물이나 환경적인 요인으로 인해 변경될 경우 가상 참조 태그의 신호 세기 값은 변경된 실제 참조 태그의

신호 세기 값을 기반으로 재계산 되어야 한다.

응용에 적합한 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 서버에서 해당 객체의 위치를 식별하고 그에 적합한 서비스를 제공해 주어야 한다. 따라서 이동 객체의 현재 위치에 대한 연속적인 모니터링은 필수적이다. 실외에서 사용하는 위치 기반 서비스에서 각 이동 객체는 GPS와 같은 위치 획득 장비를 이용하여 자신의 위치를 획득하고 해당 정보를 서버에게 전송한다. 하지만 매 시간마다 이동 객체의 위치 정보를 서버에게 전송한다면 많은 갱신 비용이 요구된다. 따라서 위치 정보의 갱신 비용을 감소시키기 위해 이동 객체의 단말기에서 객체의 방향이나 속도, 가속도, 이동 경로 등 특정 조건을 조건에 따라 위치 정보를 갱신하는 시나리를 사용한다[14-16].

3. 문제 정의

위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 이동 객체의 위치를 실시간으로 측정해야 하며 측정된 위치에 대한 정확성을 보장해야 한다. 그림 1은 LANDMARC의 문제점을 나타낸 것이다. 객체를 인식할 수 있는 리더기를 2, 3번 리더기라 하자. 2, 3번 리더기의 인식 범위를 벗어난 참조 태그들은 객체의 인접 태그일 가능성이 적으며, 해당 이동 객체의 위치 측정에 영향을 미칠 가능성이 적다. 다시 말해, 객체의 위치를 측정하기 위해 사용되는 후보들은 객체의 주변 리더기와 참조 태그이다. 하지만 LANDMARC 기법은 1번 리더기에 의해 감지된 참조 태그들도 이동 객체와의 연관성을 판단하기 위해 비교 연산을 수행하게 된다. 이는 불필요한 연산을 초래하여 객체의 위치를 인식하기 위한 서버의 부하를 증가시킨다.

OFS는 LANDMARC의 시스템 구축 비용을 감소시키기 위해 고정된 리더기의 사용 대신 이동 가능한 리더기를 부착하여 사용한다. 하지만 이동 객체의 위치를 측정하기 위해 매번 리더기의 좌우를 이동시켜 객체의 실제 위치를 찾아내는 비용을 발생시킨다. 또한 하나의 리더기에 의해 이동 객체의 위치를 측정하기 때문에 측정된 위치에 대한 정확성이 저하되는 문제점이 있다. OFS에서는 위의 문제점을 해결하기 위해 두 개의 리더기를 사용하여 이동 객체의 위치를 측정한다. 그림 2는 두 개의 리더기를 사용하여 위치를 인식하는 것을 나타

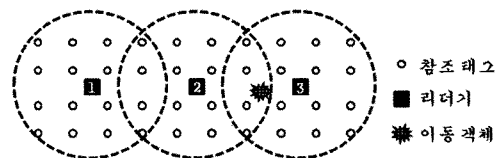


그림 1 LANDMARC의 문제점

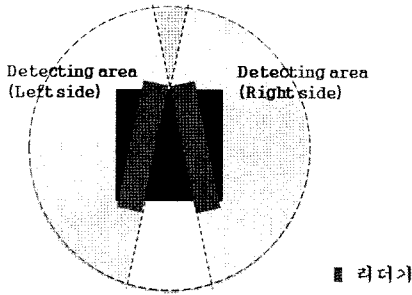


그림 2 두 리더기를 이용한 위치 인식 기법

낸 것이다. 하지만 그림 2와 같이 두 리더기의 인식 범위에 속하지 않는 영역에 이동 객체가 있을 경우 객체를 탐지하지 못하는 문제점이 여전히 존재한다.

OFS에서는 리더기에 설정된 트리거 시간을 이용하여 이동 객체의 태그를 탐지하는 방식을 사용한다. 따라서 트리거 시간이 아닌 시점에 이동 객체가 리더기의 인식 범위에 속하게 되면 해당 이동 객체를 탐지하지 못하는 문제가 발생한다. 그림 3은 이러한 문제점을 나타낸 것이다. 이동 객체의 태그를 인식하기 위해 리더기는 시간 t 의 P_t 좌표에서 트리거를 수행한 후, 시간 $t+1$ 의 P_{t+1} 위치에서 다시 트리거를 수행한다. 이동 객체가 그림 3과 같이 위치해 있을 경우 리더기는 이동 객체를 인식하지 못한다. 또한, OFS는 이동 가능한 리더기를 사용하여 태그를 인식하기 때문에 넓은 공간에 적용하기에 어렵다.

VIRE는 LANDMARC와 동일한 시스템 구축 비용으로 객체의 위치 정확성을 향상시키기 위해 추가적인 리더기나 참조 태그의 사용 없이 가상 참조 태그를 이용한다. 이때, 가상 참조 태그의 신호 세기 값은 각 리더기의 인식 범위에 속하는 실제 참조 태그의 신호 세기 값을 기반으로 설정된다. 따라서 실제 참조 태그의 신호 세기 값이 장애물이나 환경적인 요인으로 인해 변경될 경우, 해당 리더기 영역에 속한 가상 참조 태그의 신호

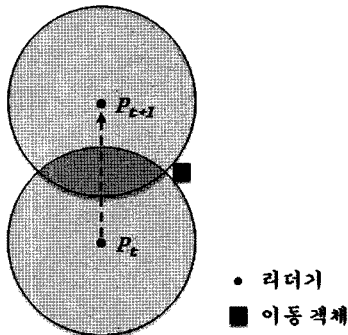


그림 3 태그를 인식하지 못하는 경우

세기 값은 재계산 되어야 한다. 또한 이 기법 역시 이동 객체의 위치를 측정하기 위해 모든 리더기에 대해 해당 맵을 검사해야 하는 문제점을 가지고 있다.

기존 연구들은 이동 객체의 위치 측정에 있어서 많은 연산량이 요구된다. 따라서 실시간으로 객체에게 위치 기반 서비스를 제공하기에는 어려움이 있다. 또한, 객체의 위치를 인식하지 못하는 경우가 발생하여 서비스의 질을 저하시킨다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 새로운 위치 인식 기법을 제안한다. 또한 기존 GPS 기반의 위치 정보 갱신 기법은 실내형지 못한 객체를 인식할 수 없기 때문에 본 논문에서는 RFID 기반의 새로운 위치 정보 갱신 기법을 제안한다.

4. 제안하는 위치 인식 기법

4.1 제안하는 시스템 구조

본 논문에서는 이동 객체의 위치를 빠르게 연산함과 동시에 위치 측정의 정확성을 보장하는 새로운 위치 인식 기법을 제안한다. 또한 이동 객체의 위치 정보를 갱신하기 위한 RFID 기반의 위치 갱신 기법을 제안한다. 제안하는 위치 인식 기법의 시스템 환경은 고정된 위치에 리더기와 참조 태그를 배치하고, 이동 객체에 태그를 부착한다. 그림 4는 제안하는 시스템의 전체 구조를 나타낸 것이다.

위치 인식을 빠르게 처리하기 하면서 정확성을 보장하기 위해서는 데이터를 분류하여 관리할 필요가 있다. 데이터 분류 단계는 미들웨어로부터 전송되는 데이터를 이동 객체 태그와 참조 태그로 분류하여 각 자료구조에 저장한다. 또한 전체 이동 객체의 태그 중에서 응용 서비스에서 모니터링을 요구한 유효한 이동 객체의 태그만을 분류하여 저장한다. 데이터 필터는 분류된 데이터를 통해 이동 객체의 위치 측정 시 이용되는 후보 대상 중 해당 객체에 영향을 미치지 않는 요소들을 미리 제거한다. 따라서 모든 데이터를 비교 연산하지 않고서도 이동 객체의 위치를 측정함으로써 연산 속도를 향상시킨다. 이동 객체가 받는 환경적인 영향이 인접 참조 태그들에게도 동일하게 미치기 때문에 객체 위치 측정에 있어서 높은 수준의 정확성을 보장할 수 있다.

위치 정보 생성을 위해 데이터 필터를 통해 제거되지 않은 리더기에 의해 인식된 객체 태그와 참조 태그들의 신호 세기를 비교한다. 즉, 하나의 참조 태그에 대해 선출된 리더기의 수만큼 비교 연산을 수행하여 E 값을 계산한다. 이때, 모든 참조 태그에 대한 E 값을 계산하는 것이 아니라 선출된 참조 태그의 수만을 가지는 E 벡터를 계산한다. 따라서 LANDMARC 에서 모든 참조 태그에 대해 E 벡터를 연산해야 하는 연산 비용을 감소시킬 수 있다.

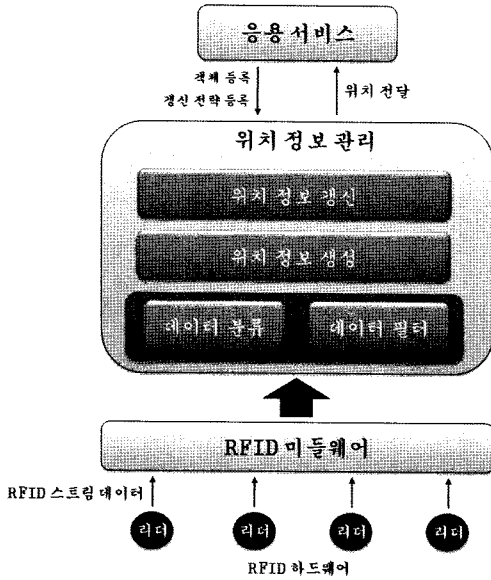


그림 4 제안하는 시스템 구조

본 논문에서는 이동 객체의 위치 인식 기법 이외에 인식된 위치 정보를 갱신하기 위한 RFID 기반의 위치 갱신 기법을 제안한다. 위치 인식 기법에 의해 생성된 객체의 위치 정보는 갱신 기법에 따라 응용 서비스에게 갱신을 수행할 지 여부를 판단하여 해당 데이터만을 응용 서비스에게 전달한다. 따라서 서버의 불필요한 데이터 전송 비용을 감소시키는 효과가 있다.

4.2 위치 인식 기법

4.2.1 초기화 및 데이터 분류

위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 응용 서비스에서 모니터링할 이동 객체를 등록해야 한다. 이동 객체의 등록은 해당 객체에게 부여된 태그의 물리적인 식별자를 이동 객체 테이블에 등록하는 것을 의미한다. 이동 객체 등록은 객체 태그의 물리적인 식별자에 대해 논리적인 식별자를 할당하는 것이다. 그림 5는 이동 객체의 물리적인 식별자를 논리적인 식별자로 매핑 시켜 주기 위한 테이블이다. 논리적인 식별자는 오름차순으로 할당되고, 이를 통해 미들웨어로부터 전송되는 데이터들을 효과적으로 처리하기 위한 색인을 구축한다.

제안하는 위치 인식 기법을 수행하기 위해서는 먼저 미들웨어로 전달된 태그 정보가 이동 객체의 태그와 참조 태그를 분류해야 한다. 이를 위해 이동 객체 테이블과 별도로 참조 태그 테이블을 사용한다. 참조 태그 테이블 역시 이동 객체 테이블과 동일하게 태그의 물리적인 식별자에 대한 논리적인 식별자 정보를 유지한다.

데이터를 분류할 수 있는 테이블이 완성되면 각 태그의 논리적인 식별자에 대한 논리적인 그리드를 생성한

PID	LID	Info
urn:epc:2.44.15.65	0	
urn:epc:2.45.22.08	1	
urn:epc:2.01.43.20	2	
urn:epc:2.23.06.42	3	
...	...	

그림 5 이동 객체 테이블

R_{Li} O_{Lis}	R_0	R_1	...	R_n	R_{Tj} R_{Tjs}	RT_0	RT_1	...	RT_m
O_0	1	1	...	0	R_0	0	1	...	0
O_1	0	0	...	0	R_1	1	1	...	0
O_3	0	0	...	0	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	R_n	0	0	...	0

(a) 객체 태그와 리더기의 관계 (b) 참조 태그와 리더기의 관계

그림 6 그리드 구조

다. 그림 6은 각 그리드의 구조를 나타낸 것이다. 먼저, 이동 객체 태그에 대한 데이터 처리를 위해, 그림 6(a)과 같이 객체 태그와 그를 인식한 리더기의 데이터 발생 정보를 관리하기 위한 객체 태그-리더기 그리드를 구성한다. 동일한 방법으로 참조 태그에 대한 데이터 처리를 위해 그림 6(b)의 참조 태그-리더기 그리드를 구성한다. 두 그리드의 모든 셀은 초기에 '0'의 값으로 설정된다.

생성된 각 데이터 분류 테이블과 그리드를 통해 미들웨어로부터 전송되는 데이터를 분류한다. 전송된 데이터가 이동 객체 테이블의 물리적인 식별자 중 일치하는 값이 있을 경우 해당 데이터를 이동 객체라고 판단한다. 그 이후 이동 객체 테이블의 해당 객체에 대한 논리적인 식별자를 이용하여 객체 태그-리더기 그리드에 데이터 발생 정보 '1'을 설정한다. 만약 데이터가 참조 태그 테이블의 물리적인 식별자와 일치 할 경우, 참조 태그-리더기 그리드에 데이터 발생 정보 '1'을 설정한다.

그림 7은 제안하는 위치 인식 기법에서 데이터를 분류하는 과정을 나타낸 것이다. 미들웨어로부터 전송되는 데이터의 형식이 (Tag_{pid}, Reader_{id}, time, signal)이라고 하고, t₁시점에 (2.44.15.65, 1, t₁, 4)와 (2.00.00.02, 1, t₁, 3) 데이터가 있다고 가정하자. 첫 번째 데이터는 이동 객체 테이블을 통해 모니터링 대상이 되는 객체 태그임을 판단하고, 자신의 물리적인 식별자 2.44.15.65를 논리적인 식별자 0으로 매핑 시킨다. 그 이후 객체 태그-리더기 그리드에 논리 식별자 0의 셀과 자신을 감지한 1번 리더기의 셀이 교차하는 지점 셀에 플래그 값 '1'을 설정한다. 두 번째 데이터도 데이터 분류 테이블을 통

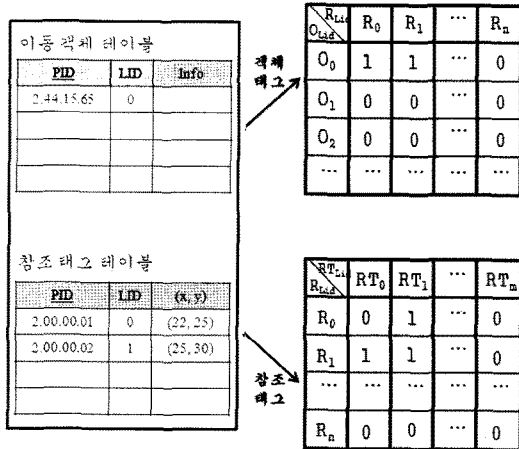


그림 7 데이터 분류 과정의 예

해, 자신의 데이터가 참조 태그임을 판단하고, 물리 식별자 2.00.00.02를 논리 식별자 1로 매핑 시킨다. 그 이후, 위의 과정과 동일하게 참조 태그-리더기 그리드에 자신의 논리 식별자 1의 셀과 자신을 감지한 3번 리더기의 셀이 교차하는 지점 셀에 플래그 값 '1'을 설정한다. 이와 같은 방법으로 t_1 시점에 마들웨어로부터 전송되는 모든 데이터에 대해 해당 그리드의 플래그 값을 설정한다.

두 그리드에 설정된 정보를 통해, 각 객체의 위치를 측정하기 위한 후보 대상을 선출한다. 먼저, 객체 태그-리더기 그리드에서 각 이동 객체를 인식한 리더기들의 목록을 추출한다. 그림 8은 객체의 후보 대상을 선출하는 과정을 나타낸 것이다. 그림 8의 객체 태그-리더기 그리드에서 이동 객체 O_0 을 인식한 리더기 리스트는 $\{R_0, R_1, \dots\}$ 이다. 결과적으로 이 리스트는 객체 O_0 을 t_1 시점에 동시에 인식한 리더기들로서, 이동 객체의 인접 리더기들을 의미한다. 그 이후, 리더기 리스트의 각 리더기에 대해 참조 태그-리더기 그리드에서 해당 리더기

가 인식한 참조 태그들의 비트열을 계산한다.

그림 8에서 객체 O_0 의 인접 리더기들 중 R_0 이 감지한 참조 태그들의 비트열은 '01...0'이 된다. 동일하게, 리더기 R_1 의 참조 태그 비트열 '11...0'을 계산할 수 있다. 인접 리더기 리스트의 각 리더기에 대해 비트열을 계산한 후, 각 비트열을 AND 연산함으로써 그들이 공통으로 감지한 참조 태그들의 리스트를 얻을 수 있다. 즉, 그림 8과 같이 각각의 R_0, R_1 리더기에 대해, 참조 태그-리더기의 그리드에서 그들이 인식한 참조 태그의 비트열을 & 연산을 수행하게 되면 $\{RT_1, \dots\}$ 의 인접 참조 태그 리스트를 얻을 수 있다.

이로 인해 이동 객체에 인접한 리더기들에 의해 객체와 동시에 감지된 객체의 인접 참조 태그들을 선출할 수 있다. 따라서 이동 객체 위치 측정시 이용되는 후보 대상은 객체를 동시에 감지한 소수의 리더기와 그 리더기들에 의해 선출된 소수의 참조 태그만이 해당된다. 위와 같은 방법으로 객체 태그-리더기 그리드에 등록된 각 이동 객체에 대해 그들의 위치 정보 생성 시 연산에 필요한 후보 대상을 선출한다.

4.2.2 위치 정보 생성

각 이동 객체의 위치 정보 생성은 선출된 인접 리더기와 인접 참조 태그에 의해 수행된다. 하나의 이동 객체에 대해, 앞 단계에서 선출된 m 개의 인접 리더기와 rtm 개의 인접 참조 태그가 있다고 가정하자. 각 리더기에 의해 감지된 이동 객체 태그의 신호 세기(S_i, i : 인접 리더기)와 선출된 인접 참조 태그들의 신호 세기(θ_i, i : 인접 참조 태그)를 통해 객체와 참조 태그와의 유클리드 거리를 계산한다. 식 (2)는 각 리더기에서 인식된 객체의 신호 세기와 참조 태그의 신호 세기의 차를 이용하여 상대적인 거리를 계산하는 식이다.

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^{rtm} ((\theta_j)_i - S_i)^2}, \quad j \in (1, rtm) \quad (2)$$

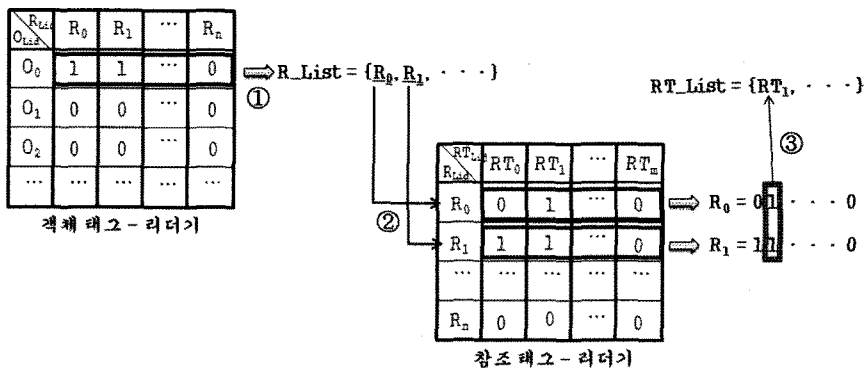


그림 8 인접 후보 대상 선출의 과정

선출된 인접 참조 태그의 수만큼 연산된 E 벡터의 각 요소들 중 E 값이 작은 참조 태그 k 개만을 선출한다. 이는 이동 객체의 위치 측정 시, 신뢰성이 가장 높은 참조 태그만을 이용하여 이동 객체의 위치 정확성을 향상시키기 위함이다. k 개의 참조 태그에 대해 이동 객체와의 연관성에 따라 서로 다른 가중치를 부여하여 참조 태그의 인접성을 객체 위치 측정에 반영한다. 식 (4)는 k 개의 참조 태그 위치 정보를 이용하여 이동 객체의 위치를 계산하는 식이다. 이때, (x_j, y_j) 는 각 참조 태그의 위치를 나타내며 w_j 는 각 참조 태그 위치에 부여된 가중치이다. 신호의 세기는 거리의 제곱근에 반비례하기 때문에 각 참조 태그 위치에 부여된 가중치 w_j 는 식 (4)와 같이 계산한다.

$$(x, y) = \sum_{j=1}^{itm} w_j (x_j, y_j) \quad (3)$$

$$w_j = \frac{1}{\sum_{j=1}^{itm} \frac{E_j^2}{E_j^2}} \quad (4)$$

4.3 위치 정보 갱신

위치 정보를 갱신하기 위해서는 먼저 응용 서비스가 갱신 전략을 등록하고, 이에 대한 갱신 전략을 관리해야 한다. 그림 9는 이동 객체의 위치 정보에 대한 갱신 여부를 판단하기 위한 과정을 나타낸다. 이동 객체 테이블은 최근 갱신을 수행한 위치 정보를 유지하고 있다. 예를 들어, 현재 t_5 시점에서 이동 객체 O_0 의 현재 위치가 위치 정보 생성 단계를 통해 (53, 65)의 값을 가진다고 가정하자. 또한 응용 서비스로부터 등록된 갱신 전략이 “이동 객체의 거리 변화가 5 이상이거나 속도의 변화가 $0 \leq v < 2$ 를 만족하지 않을 경우” 라고 가정하자.

이동 객체 테이블에 저장되어 있는 O_0 의 최근 갱신 위치 정보를 계산한 후, 현재 계산된 O_0 의 위치 정보와 비교한다. 식 (5)를 이용하여 두 위치 정보에 대한 거리 변화를 판단한다. 마찬가지로, 두 위치 정보에 대해 식 (6)를 통해 속도 변화를 판단한다. 이동 객체 O_0 의 거리 변화 $\Delta d = 3\sqrt{2}$ 이고, 속도 변화 $\Delta v = 1$ 이다. 따라서 t_5 시점의 이동 객체 O_0 의 위치 정보는 응용 서비스에게

O_0 의 현재 위치 정보 : $(t_5, (53, 65))$

이동 객체 테이블		
PID	LID	Info
urn:epc:2.44.15.65	0	last updated position : $(t_5, (50, 62))$
urn:epc:2.45.22.08	1	last updated position : $(t_2, (23, 76))$
urn:epc:2.01.43.20	2	last updated position : $(t_3, (84, 58))$
urn:epc:2.23.05.42	3	last updated position : $(t_1, (37, 44))$
...

그림 9 위치 정보에 대한 갱신 여부 판단 과정

전달되지 않는다.

$$d = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \quad (5)$$

$$V_{AB} = \frac{\sqrt{V_A^2 + V_B^2}}{t_B - t_A} \quad (6)$$

$$(V_A = \frac{\sqrt{x_B - x_A}}{t_B - t_A}, V_B = \frac{\sqrt{y_B - y_A}}{t_B - t_A})$$

그림 10은 갱신을 수행하는 예를 나타낸 것이다. t_6 시점에서 측정된 위치 정보가 (55, 65)이라고 할 때, 거리 변화 $\Delta d = 3\sqrt{2}$ 이고, 속도 변화 $\Delta v = 2$ 이다. 따라서 갱신 전략의 조건에 따라 t_6 시점의 O_0 의 위치 정보 (55, 65)는 응용 서비스에게 전달되고, 해당 정보를 이동 객체 테이블에 갱신한다.

이동 객체 테이블

PID	LID	Info
urn:epc:2.44.15.65	0	last updated position : $(t_5, (60, 62))$
urn:epc:2.45.22.08	1	last updated position : $(t_2, (23, 76))$
urn:epc:2.01.43.20	2	last updated position : $(t_3, (84, 58))$
urn:epc:2.23.05.42	3	last updated position : $(t_1, (37, 44))$
...

O_0 의 위치 정보 갱신

PID	LID	Info
urn:epc:2.44.15.65	0	last updated position : $(t_6, (55, 65))$
urn:epc:2.45.22.08	1	last updated position : $(t_2, (23, 76))$
urn:epc:2.01.43.20	2	last updated position : $(t_3, (84, 58))$
urn:epc:2.23.05.42	3	last updated position : $(t_1, (37, 44))$
...

그림 10 갱신 수행 예제

5. 성능 평가

5.1 실험 환경

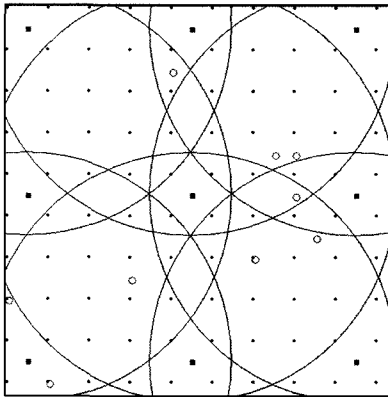
제안하는 위치 인식 시스템의 우수성을 입증하기 위해 대표적인 RFID 위치 인식 기법인 LANDMARC와 비교 평가를 수행한다. 실험 환경은 표 1과 같다. LANDMARC의 실험 결과에서 증명된 것과 같이 이동 객체의 실제 위치와 연산을 통해 측정된 위치와의 오차율이 무시 될 수 있는 최소한의 인접 리더기의 수는 3개이다. 따라서 본 논문의 시뮬레이션 환경에서도 최소 3개 이상의 리더기가 하나의 이동 객체를 감지할 수 있게 리더기의 배치 간격을 설정하였다. 모니터링 대상 객체는 해당 공간에 위치한 총 이동 객체 수의 20% 비율로 설정하여 실험을 수행하였다. 그림 11은 표 1에 따라 배치된 리더기와 태그 위치를 나타낸 것이다.

5.2 객체 수의 변화에 대한 연산량 비교

위치 기반 서비스를 제공하기 위해서는 객체의 위치를 빠르게 연산해야 한다. 따라서 하나의 이동 객체의

표 1 실험 환경

파라미터	값
실험 환경 크기	50m×50m ~ 200m×200m
리더기 인식 범위	20m
리더기의 배치 간격	리더기 인식 범위 / $\sqrt{5}$
참조 태그의 배치 간격	2m
이동 객체의 수	100
모니터링 대상 객체 수	전체 이동 객체 수의 20%
참조 태그의 k 값	5



○이동 객체 ■리더기 ●참조 태그 ○리더 인식 범위

그림 11 리더기와 태그 배치 환경

위치를 측정하기 위해 요구되는 연산량은 중요한 요소가 된다. 연산량은 E 벡터를 계산하기 위한 비용으로 하나의 이동 객체 당 비교해야 하는 리더기와 참조 태그의 수를 말한다. LANDMARC의 경우 하나의 이동 객체 위치에 대한 위치 정보를 생성하기 위해 모든 리더기와 모든 참조 태그에 대해 비교 연산을 수행해야 한다. 따라서 LANDMARC는 식 (7)과 같은 연산량을 발생시킨다.

$$\text{연산량} = \text{리더기의 수} \times \text{참조 태그의 수} \quad (7)$$

그림 12는 이동 객체 수를 변화하면서 LANDMARC와 제안하는 기법의 연산량을 비교한 결과이다. LANDMARC의 연산량은 식 (7)을 통해 계산된 이론상의 연산량에 객체의 수를 곱한 값과 일치한다. 하지만 제안하는 기법의 경우 LANDMARC에 비해 최대 500배 이상 감소한 결과를 보인다. 이는 이동 객체의 위치를 측정하기 위해 이용되는 리더기와 참조 태그의 수를 감소시키기 때문이다. 또한 LANDMARC는 모든 이동 객체에 대해 연산을 수행한다. 하지만 제안하는 기법은 이동 객체 테이블을 통해 모니터링 대상 이동 객체만을 여과하기 때문에 필요한 이동 객체의 위치만을 측정한다. 이로 인해 E 벡터를 연산하기 위한 비용이 LANDMARC보다 추가적으로 감소한다.

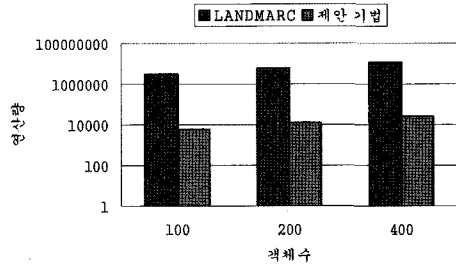


그림 12 객체 수의 변화에 대한 연산량 비교

5.3 실험 환경 변화에 대한 연산량 비교

연산량 비교에 대한 실험 결과에 따르면 LANDMARC는 규모가 작은 환경에서도 많은 연산량을 발생시킨다. 실험 환경의 변화에 따라 하나의 이동 객체 위치를 측정하기 위해 연산되는 E 벡터의 연산량을 비교한다. 실험 환경의 크기를 변화시키고 리더기와 참조 태그의 배치 간격은 동일하게 실험하였다. 표 2는 실험 환경 크기 변화에 따른 배치되는 리더기와 참조 태그의 수를 나타낸다.

그림 13은 LANDMARC와 제안하는 기법의 실험 환경을 변화시켰을 경우 발생하는 연산량을 비교한 결과를 나타낸 것이다. LANDMARC는 실험 환경의 크기가 커질수록 연산을 수행하는 횟수가 배 이상으로 증가한다. 이는 실험 환경의 크기가 증가할수록 배치되는 리더기와 참조 태그의 수가 증가함으로 인해 E 벡터 연산 시 비교되는 연산 횟수가 증가하기 때문이다. 하지만 제안하는 기법은 필요한 리더기와 참조 태그만을 이용하여 객체의 위치를 측정하기 때문에 LANDMARC보다 연산량이 감소한다. 따라서 제안하는 기법은 규모가 큰

표 2 실험 환경에서 사용되는 리더기와 참조 태그의 수

환경 분류	리더기의 수(개)	참조 태그의 수(개)
50m×50m	49	625
100m×100m	169	2500
150m×150m	361	5625
200m×200m	625	10000

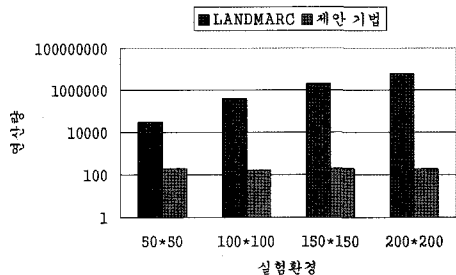


그림 13 실험 환경 변화에 대한 연산량 비교

표 3 실험 환경 변화에 대한 연산 시간

실험 환경 크기	연산 시간 (s)	
	LANDMARC	제안하는 시스템
50m×50m	1.361	0.037
100m×100m	22.660	0.096
150m×150m	118.348	0.137
200m×200m	358.070	0.204

환경에서도 위치 측정의 실시간성을 제공할 수 있다.

표 3은 LANDMARC와 제안하는 기법의 연산 시간을 수치로 나타낸 것이다. 제안하는 기법은 실험 환경이 변화하여도 연산 시간의 변화가 거의 없다. 그러나 LANDMARC는 실험 환경의 규모가 증가할수록 연산 시간이 매우 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 제안하는 기법은 리더기에 의해 이동 객체와 참조 태그를 동시에 인식할 경우에만 위치 정보를 계산하기 때문에 실험 환경이 변화하여도 많은 영향을 받지 않는다.

5.4 위치 정확도 비교

제안하는 기법의 정확도를 비교하기 위해 계산된 이동 객체의 위치 정보와 실제 이동 객체가 위치한 정보와의 비교를 수행한다. 모니터링 대상이 되는 이동 객체를 매 시점마다 랜덤하게 50%를 선별하여 특정 거리만큼 객체를 이동시키고, 이동된 객체의 위치 변화에 대해 임계값과 비교한다. 제안된 기법에 의해 측정된 위치 좌표의 정확성을 평가하기 위해 위치 오차 거리를 측정한다. 식 (8)는 위치 정보의 오차를 계산하기 위한 것으로 이동 객체의 실제 위치 좌표 (x₀, y₀)와 제안한 기법에 의해 계산된 위치 좌표 (x, y)간의 유클리드 거리를 계산한다.

$$e = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (8)$$

그림 14는 LANDMARC와 제안하는 기법을 이용하여 측정된 하나의 이동 객체의 위치 변화에 대한 e 값을 비교한 것이다. 제안하는 기법은 이동 객체와 참조 태그를 동시에 인식한 리더기를 대상으로 위치 정보를 계산한다. 또한, k개의 참조 태그에 태그만을 이용하여 위치를 계산한다. 따라서 그림 14와 같이 초기에는 LANDMARC에 비해 오류를 많다. 그러나 지속적인 실험을 수행할 경우 LANDMARC에 비해 정확도가 증가되는 것을 알 수 있다. 이는 인접한 리더기와 참조 태그만을 이용하여 객체의 위치를 측정하여도 정확도가 보장된다는 것을 의미한다. 따라서 제안하는 위치 인식 기법은 LANDMARC의 정확도를 유지함과 동시에 위치 측정 시 사용하는 후보 대상을 줄여 연산량을 감소시키는 장점이 있다.

5.5 갱신 기법에 의한 데이터 전송 비용 비교

제안하는 갱신 기법과 갱신 기법을 사용하지 않는

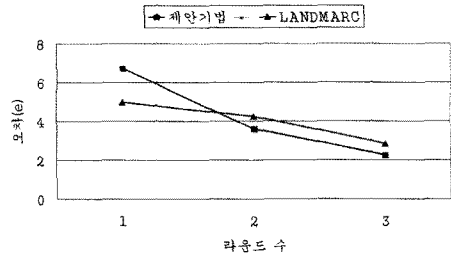


그림 14 위치 정확도 비교

LANDMARC에 대해 응용 서비스에게 전달되는 데이터 전송 비용을 비교한다. 갱신을 수행해야 하는 객체의 수는 모니터링 대상 이동 객체 수의 40%로 설정하였다. 그림 15는 제안하는 기법과 LANDMARC의 데이터 전송 비용에 대한 결과를 나타낸다. LANDMARC는 별도의 갱신 기법을 수행하지 않으므로 매 시점마다 측정되는 모든 객체의 위치 정보를 응용 서비스에게 전송한다. 이는 실내 환경과 같이 이동 객체의 움직임에 대한 변화가 작을 경우에도 매번 위치 정보를 전송해야 하는 문제점이 있다. 또한 객체의 움직임이 없을 경우에도 위치 정보에 대한 갱신이 수행된다. 본 논문에서는 객체의 위치 변화를 판단하여 변화가 작을 경우 위치 정보를 응용 서비스에게 전송하지 않기 위한 갱신 기법을 사용한다. 따라서 이동 객체의 움직임이 없거나 변화가 극히 작은 경우 위치 정보에 대한 갱신을 수행하지 않으므로써, 전송 비용을 현저히 감소시킬 수 있다.

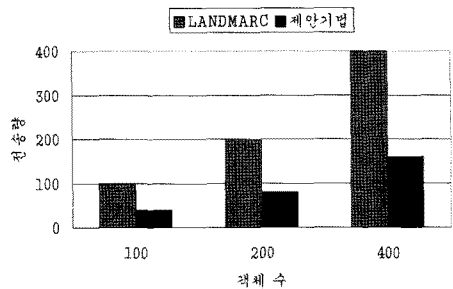


그림 15 갱신 기법에 의한 데이터 전송 비용 비교

6. 결론

본 논문에서는 RFID를 이용한 위치 인식 과정에서 요구되는 연산량을 감소시키고 측정된 객체 위치의 정확성을 보장하기 위한 새로운 위치 인식 기법을 제안하였다. 또한, 기존에 연구되지 않은 RFID 기반의 위치 정보 갱신 기법을 제안하였다. 제안하는 위치 인식 기법은 위치 측정 시 사용되는 후보 대상을 인접한 리더기와 참조 태그로 선별한다. 이를 위해 미들웨어로부터 전

송되는 데이터를 특성에 맞게 분류하고 색인한다. 제안하는 RFID 기반의 위치 정보 갱신 기법은 기존에 제안된 GPS 기반의 이동 객체 갱신 기법을 기반으로 수행된다. 매 시점마다 이동 객체의 위치 정보를 응용 서비스에게 전송하지 않기 위해 갱신을 수행하기 위한 특정 거리 범위나 이동 속도를 설정한다. 이를 통해 객체의 움직임 변화에 대해 갱신을 수행한다. 실험을 통해 성능 평가를 수행한 결과 응용 서비스로 전송되는 데이터량이 현저히 감소한 것을 확인할 수 있었다.

향후 연구방향은 위치 정보의 갱신을 수행할 때 매 시점마다 객체의 위치 정보를 생성하지 않고서도 미리 갱신 여부를 판단할 수 있는 기법을 제안하고 제안된 기법들을 실제 시스템에 적용시키는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] D. L. Lee, J. Xu, B. Zheng, and W. C. Lee, "Data Management in Location-Dependent Information Services," *IEEE Pervasive Computing*, vol.1, no.3, pp.65-72, 2002.
- [2] J. Xu, B. Zheng, M. Zhu, and D. L. Lee, "Research Challenges in Information Access and Dissemination in a Mobile Environment," *Proc. Pan-Yello-Sea International Workshop on Information Technologies for Network Era*, pp.1-8, 2002.
- [3] H. Y. Jin, X. Y. Lu, and M. S. Park, "An Indoor Localization Mechanism Using Active RFID Tag," *Proc. the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing*, p.4, 2006.
- [4] J. Bohn, "Prototypical Implementation of Location-Aware Services Based on Super-Distributed RFID Tag," *Proc. the International Conference on Architecture of Computing Systems*, pp.69-83, 2006.
- [5] Y. Zhou, W. Liu, and P. Huang, "Laser-activated RFID-based Indoor Localization System for Mobile Robots," *Proc. the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.4600-4605, 2007.
- [6] T. Shiraishi, N. Komuro, H. Ueda, H. Kasai, and T. Tsuboi, "Indoor Location Estimation Technique using UHF band RFID," *Proc. International Conference on Information Networking*, pp.1-5, 2008.
- [7] J. Heo, M. W. Pyeon, J. W. Kim, and H. G. Sohn, "Towards the Optimal Design of an RFID-Based Positioning System for the Ubiquitous Computing Environment," *Proc. International Conference on Rough Sets and Knowledge Technology*, pp.331-338, 2007.
- [8] S. Behera, and C. Maity, "Active RFID Tag in Real Time Location System," *Proc. International Multi-Conference on Systems, Signal and Device* pp.1-7, 2008.
- [9] L. C. Chen, R. K. Sheu, H. C. Lu, W. T. Lo, and Y. P. Chu, "Object Finding System Based on RFID Technology," *Proc. International Workshop on Asia Pacific Web*, pp.383-396, 2006.
- [10] M. N. Lionel, and L. Yunhao, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID," *Wireless Networks*, vol.10, no.6 pp.701-710, 2004.
- [11] Y. Zhao, Y. Liu, and L. M. Ni, "VIRE: Active RFID-based Localization Using Virtual Reference Elimination," *Proc. International Conference on Parallel Processing*, p.57, 2007.
- [12] S. T. Shin, K. Hsieh, and P. Y. Chen, "An Improvement Approach of Indoor Location Sensing Using Active RFID," *Proc. International Conference on Innovative Computing, Information and Control*, pp.453-456, 2006.
- [13] A. Chattopadhyay, and A. R. Harish, "Analysis of Low Range Indoor Location Tracking Techniques using Passive UHF RFID Tags," *2008 IEEE Radio and Wireless Symposium*, pp.351-354, 2008.
- [14] A. Civilis, C. S. Jensen, J. Nenortaite, S. Pakalnis, "Efficient Tracking of Moving Objects with Precision Guarantees," *Proc. Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, pp.164-173, 2004.
- [15] Z. Dign, and R. H. Guting, "Uncertainty Management for Network Constrained Moving Objects," *Proc. International Workshop on Database and Expert System Applications*, pp.411-421, 2004.
- [16] J. Zhou, H. V. Leong, Q. Lu, and K. C. K. Lee, "Aqua : An Adaptive QUery-Aware Location Updating Scheme for Mobile Objects," *Proc. International Conference on Database Systems for Advanced Applications*, pp.612-624, 2005.



복 경 수

1998년 2월 충북대학교 수학과 이학사
2000년 2월 충북대학교 정보통신공학과 공학석사. 2005년 2월 충북대학교 정보통신공학과 공학박사. 2005년 3월~2008년 2월 한국과학기술원 PostDoc. 2008년 3월~현재 (주)가인정보기술 차장. 관심분야는 자료 저장 시스템, 멀티미디어 데이터베이스, 이동객체 데이터베이스, 센서네트워크 및 RFID 등



이 미 숙

2007년 2월 충북대학교 정보통신공학과 공학사. 2009년 2월 충북대학교 정보통신공학과 공학석사. 2009년~현재 매크로임팩트(주) 전임연구원. 관심분야는 데이터베이스 시스템, RFID 시스템, 무선 센서 네트워크, 백업 솔루션 등



박 용 훈

2005년 호원대학교 정보통신공학과 및 건축공학과(공학사). 2007년 충북대학교 정보통신공학과(공학석사). 2007년~현재 충북대학교 정보통신공학과 박사과정. 관심분야는 데이터베이스 시스템, 정보검색, 시공간 데이터베이스, 센서 네트워크 등



유 재 수

1989년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 공학사. 1991년 2월 한국과학기술원 전산학과 공학석사. 1995년 2월 한국과학기술원 전산학과 공학박사. 1995년 3월~1996년 8월 목포대학교 전산통계학과 전임강사. 1996년 8월~현재 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 데이터베이스 시스템, 정보검색, 멀티미디어 데이터베이스, 분산 객체 컴퓨팅, RFID 및 센서네트워크 등