

RFID기반의 Reference Tag를 이용한 쇼핑 고객 위치추적 및 동선분석에 관한 연구

임상민², 이근왕^{1*}

A Study for Shopping Customer's Location Tracking and Moving Line Analysis Using Reference Tag on based RFID

Sang-Min Lim² and Keun-Wang Lee^{1*}

요 약 본 연구에서는 오프라인 쇼핑몰에서 실시간 위치추적 기술과 USB 메모리와 RF가 융합된 Tag(이하 u-Card라 함)를 이용하여 위치추적 및 동선분석의 한계점을 개선하고 레퍼런스 태그를 이용한 위치추적을 통해 정확하고 신뢰성을 향상시키며 차폐물 간섭에 의한 오차율에 대한 한계점을 개선한 알고리즘 및 위치추적엔진 모듈을 제안한다.

Abstract This project would discuss how to improve the limit and enhance the accuracy and confidence and the improved algorithm path searching engine module shelter's interference limit on spot searching and analysing by using real time path finding technology and USB memory RF which is fused to a Tag(u-Card).

Key Words : RFID, Reference Tag, Location Tracking, Moving Line Analysis

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 언제 어디서나 사용자가 자신에게 필요한 컴퓨팅 서비스를 받을 수 있는 환경을 의미한다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 실현되기 위해서는 기본적으로 사용자 식별, 사용자 위치 및 사용자의 현재 환경 등을 컴퓨터가 인식할 수 있어야 하며 최근 RFID 기술을 이용한 사용자의 인식에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. RFID는 초소형 반도체에 식별 정보를 넣고 무선 주파수를 이용해 상품이나 동물, 사람 등을 판독, 추적, 관리할 수 있는 기술이다.

이러한 시점에서 RFID 기술을 이용한 유비쿼터스형 쇼핑몰을 설계하고 쇼핑 고객의 위치추적 및 동선분석 데이터를 분석한 결과를 토대로 고객센터를 제공하기 위한 방법으로 오프라인 쇼핑몰에서 실시간으로 고객의 위치를 파악하는 위치분석 시스템 설계와 개인화된 정보를 적시에 제공해 줄 수 있는 지능형 에이전트의 연구는

유비쿼터스 컴퓨팅 분야의 새로운 요구사항이며, 중요한 연구대상이라 할 수 있다.

본 연구에서는 오프라인 쇼핑몰에서 실시간 위치추적 기술과 USB 메모리와 RF가 융합된 Tag(이하 u-Card라 함)를 이용하여 위치추적 및 동선분석의 한계점을 개선하고 레퍼런스 태그를 이용한 위치추적을 통해 정확하고 신뢰성을 향상시킨 위치추적엔진 모듈을 제안한다. 위치추적엔진 모듈에서는 차폐물 간섭에 의한 오차율에 대한 한계점을 개선한 알고리즘을 제안하고 알고리즘의 증명을 통한 측정결과를 적용하였다.

2. 관련 연구

2.1 RFID 시스템의 구성

2.1.1 RFID 태그

RFID 태그는 데이터를 저장하기 위한 마이크로칩으

¹청운대학교 멀티미디어학과

*교신저자: 이근왕(kwlee@chungwoon.ac.kr)

접수일 08년 11월 10일 수정일 09년 01월 13일

²(주)리테일테크 기술연구소

계재확정일 09년 01월 16일

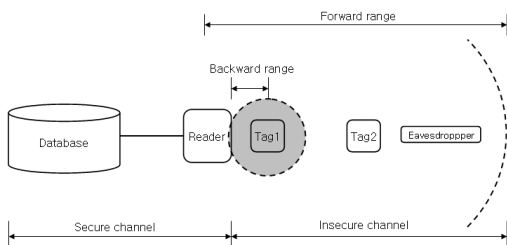
[표 1] RFID 태그 분류

구 분			특 징		
			특성	인식거리	적용분야
사 용 주 파 수	저주파	125kHz 134kHz	-환경에 의한 성능 영향 거의 없음	60cm미만 (수동형)	-공장 자동화 -출입통제/보안 -동물관리
	고주파	13.56 MHz	-짧은 인식거리와 다중태그 인식이 필요한 분야에 적합	약 60cm (수동형)	-수화물관리 -대여물품 관리 -교통카드
	극초단파	433.92 MHz	-실시간 추적 및 컨테이너 습도, 충격 등 환경 센싱에 적합	약 50~100m (능동형)	-컨테이너 관리 -실시간위치 추적
		860 ~ 960MHz	- 인식거리와 성능이 가장 뛰어남	약 3.5~10m (수동형)	-공급망 관리 -자동통행료징 수
	마이크로파	2.45GHz	-환경에 의한 성능 영향 많음	약 1m (수동형)	-위조방지

로 되어있는 태그와 데이터를 전송하기 위한 안테나로 구성된다. 그리고 다음과 같은 형태로 분류할 수 있다.

2.1.2 RFID 리더

리더는 태그에게 전파를 보내게 되면, 패시브 태그는 그 전파를 이용하여 전력을 얻게 된다. 이 전력으로 패시브 태그를 활성화 시키고 태그의 데이터를 리더에 전송하고 저장하기도 한다. 액티브태그는 비콘(beacon)처럼 데이터가 분배되어 있는 다양한 리더들이 캡처할 수 있도록 주기적으로 신호를 전송한다. 리더 또한 보내고 받기 위한 안테나가 있으며, 데이터를 디코드하기 위한 트랜시버 (transceiver)와 프로세서(processor)로 구성되어 있다[1].



[그림 1] RFID 시스템의 구성

2.2 이동 객체 및 고객 쇼핑 동선 분석

2.2.1 RTLS (Real -Time Location System)

(1) RSSI (Received Signal Strength Indicator)

Wi-Fi 장치들은 EIRP(Equivalent Isotropically Radiated

Power)로 일컬어지는 주어진 신호 세기로RF 에너지를 방사함으로써 802.11 프레임들을 전송한다. 이 출력 파워는 케이블과 커넥터에 의해 감소(감쇠)될 수 있으며, 앰프나 이득이 큰 안테나(high-gain antenna)에 의해 증가될 수 있다. RF 에너지가 송신기의 안테나로부터 방사될 때, 파면은 전파가 진행하는 방향에 있는 공기와 장애물을 통해 나아간다. 자유 공간 경로 손실은 에너지가 공기 중으로 산란될 때 손실되는 파워를 나타내며 주파수와 거리의 함수로 나타내어진다. 다시 말하면, 수신기가 멀리 있으면 있을수록 파워 손실은 커지며 그로 인해 수신 신호 세기 지수(Received Signal Strength Indicator)는 낮아지게 된다[2].

(2) Chan과 Ho의 알고리즘

Chan과 Ho의 알고리즘은 선형화하지 않고 위치를 계산하는 알고리즘으로 리더의 개수가 4개인 경우에만 적용된다. [그림 2]와 같이 측정치의 차분 값과 리더의 위치 값을 이용하여 움직이는 물체의 위치를 구할 수 있다. 리더 간의 거리의 차이를 식(1)과 같이 표현하고 식(2)와 같은 특성을 갖는다.

$$r_{i+1, j} = r_{i+1} - r_i \tag{식(1)}$$

$$r_{3,2} + r_{2,1} - r_{3,1} = 0 \tag{식(2)}$$

$$r_{4,3} + r_{3,1} - r_{4,1} = 0$$

$$r_{4,2} + r_{3,2} - r_{4,1} = 0$$

$$r_{4,3} + r_{3,2} - r_{4,2} = 0$$

K_i를 식(3)와 같이 놓고 r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1}을 계산하면 식(4)로 표현된다. 그리고 식(5)를 식(6)의 형태로 변경하고 식(1)과 식(2)를 이용하고 l₁, m₁, u₁, v₁의 해를 구하면 식(6)과 같다.

$$K_i = x_{i2} + y_{i2} + z_{i2} \quad \text{식(3)}$$

$$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} = r_{3,2}r_{3,2} - r_{3,1}r_{2,2} \quad \text{식(4)}$$

$$r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} = l_1 + m_1x + u_1y + v_1z \quad \text{식(5)}$$

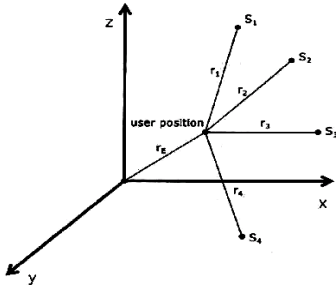
$$l_1 = r_{3,2}K_1 + r_{2,1}K_3 - r_{3,1}K_2$$

$$m_1 = -2(r_{3,2}x_1 + r_{2,1}x_3 - r_{3,1}x_2) \quad \text{식(6)}$$

$$u_1 = -2(r_{3,1}y_1 + r_{2,1}y_3 - r_{3,1}y_2)$$

$$v_1 = -2(r_{3,2}z_1 + r_{2,1}z_3 - r_{3,1}z_2)$$

같은 방법으로 (l₂, m₂, u₂, v₂), (l₃, m₃, u₃, v₃), (l₄, m₄, u₄, v₄)를 구할 수가 있다.



[그림 2] Chan과 Ho의 알고리즘에서 TAG의 위치

$$r_{4,3}r_{3,1}r_{4,1} = r_{4,3}r_{1,2} + r_{3,1}r_{4,2} \times r_{4,1}r_{3,2} = l_2 + m_2x + u_2y + v_2z \quad \text{식(7)}$$

$$r_{4,2}r_{2,1}r_{4,1} = r_{4,2}r_{1,2} + r_{2,1}r_{4,2} \times r_{4,1}r_{2,2} = l_3 + m_3x + u_3y + v_3z \quad \text{식(8)}$$

$$r_{4,3}r_{3,2}r_{4,2} = r_{4,3}r_{2,2} + r_{3,2}r_{4,2} \times r_{4,2}r_{3,2} = l_4 + m_4x + u_4y + v_4z \quad \text{식(9)}$$

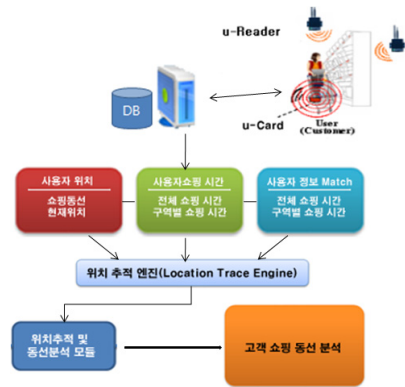
$$\begin{bmatrix} m_1 & u_1 \\ m_2 & u_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{3,2}r_{2,1}r_{3,1} - l_1 - v_1z \\ r_{4,3}r_{3,1}r_{4,1} - l_2 - v_2z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m_3 & u_3 \\ m_4 & u_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{4,2}r_{2,1}r_{4,1} - l_3 - v_3z \\ r_{4,3}r_{3,2}r_{4,2} - l_4 - v_4z \end{bmatrix} \quad \text{식(10)}$$

따라서 식(5), 식(7) ~ 식(9)을 이용하면 식(10)과 같이 표현되는 선형방정식을 만들 수 있고 이를 계산하여 위치(x, y, z)를 구할 수 있다.

3. 레퍼런스 태그 기반의 동선

본 연 **분석**구에서 제안하는 시스템의 구성은 [그림 3]과 같다. 크게 4개의 부분으로 분류해 보면 사용자와 위치를 식별할 수 있는 u-Card와 이를 인식하고 데이터를 처리하는 u-Reader 및 시스템 서버로 구성된 시스템 인터페이스, 위치 추적 미들웨어로 구성된 위치추적 엔진 및 데이터베이스로 구성되어있다.



[그림 3] 레퍼런스 태그 기반의 동선 분석 구조

3.1 레퍼런스 태그를 이용한 위치 계산 알고리즘

본 연구를 통해 어떻게 전파세기의 변화를 필터링하고 이러한 과정을 거친 데이터를 이용해 효과적으로 위치를 계산할 것인가에 대한 문제가 본 논문의 중요한 이슈가 되었다.

u-Card를 소지한 고객(이하 오브젝트 태그라 함)의 전파강도 벡터는 다음과 같이 주어진다.

$$S = (S_1, S_2, \dots, S_n) \quad \text{식(11)}$$

(단, i ∈ (1, n)인 경우)

레퍼런스 태그의 전파강도 벡터 또한 다음과 같이 주어진다.

$$Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \quad \text{식(12)}$$

(단, i ∈ (1, n)인 경우)

전파강도를 이용한 오브젝트 태그와 참조 태그의 유클리드 거리는 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$Q_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - Q_i)^2} \quad \text{식(13)}$$

(단, 오브젝트 태그에 대해 $p \in (1, u)$ 경우)

S_i 는 1개의 u-Reader로부터 받은 전파의 강도를 나타내고, Q_i 가 1개의 오브젝트 태그로부터 받은 전파의 강도, Q_j 은 오브젝트 태그와 참조 태그의 유클리드 거리를 나타낸다.

식(11) ~ 식(13)을 이용하면 오브젝트 태그의 위치 좌표 (x, y) 를 아래와 같이 구할 수 있다.

$$(x, y) = \sum_{i=1}^k W_i (x_i, y_i) \quad \text{식(14)}$$

(단, W_i 가 I번째 주변 참조 태그의 비중계수일 경우)

위의 식(14)에 사용된 비중계수 W_i 는 다음의 과정을 통해 얻어진다.

$$W_j = \frac{\frac{1}{E_i^2}}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{E_i^2}} \quad \text{식(15)}$$

(단, W_i 는 이웃 참조 태그의 비중계수)

위에서 설명한 식(11)부터 식(14)를 이용하여 계산된 위치를 다중 삼각측정법을 통해 정확한 위치의 값을 계산하여 얻을 수 있다.

이 위치계산 알고리즘의 특화된 방식은 u-Reader가 참조하는 u-Card의 전파세기가 주의 환경의 변화에 대한 전파 세기를 동일하게 적용받기 때문에 실시간으로 변화하는 RF전파에 대해 동일한 위치값을 가진다는 것이다.

이러한 문제점과 전파의 특성에 대한 연구조사를 통해 전파의 불일정성을 감안한 알고리즘을 개발하는 것이 본 논문을 수행하는 가장 중요한 요소임을 확인할 수 있었다. 그래서 제안하는 레퍼런스 태그를 활용하는 방안을 모색하였고 그 결과로 삼각측정법 등 수학적으로 이미 검증된 거리 계산 방식을 활용하여 알고리즘을 완료할 수 있었다.

4. 실험

4.1 위치 추적 엔진의 구현 방법

4.1.1 위치 추적 엔진(Location Trace Engine)

위치 추적 엔진은 고객이 가지고 있는 u-Card를 인식하여 고객에 대한 위치를 파악하는 모듈이다. 현재 고객의 쇼핑 위치를 u-Reader에 의해 실시간으로 검출한 후 불필요한 데이터를 제거하는 데이터 필터링을 거쳐 유효한 위치 데이터만을 데이터베이스에 저장한다.



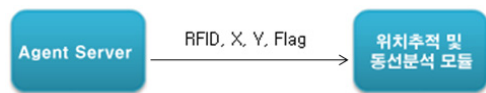
[그림 4] 위치 추적 엔진 기능도

[그림 4]과 같이 u-Card의 ID를 실시간으로 검출하면 u-Reader는 수신된 태그의 위치 정보를 에이전트 서버 (Agent Server)에 전송하고 에이전트 서버(Agent Server)의 위치 추적 엔진에서 위치를 파악하고 데이터를 DB에 저장한다.

4.1.2 위치추적 및 동선분석 모듈

위치추적 및 동선분석 시스템은 [그림 5]와 같은 방식으로 이루어져 있으며, 에이전트 서버(Agent Server) 내에 있는 위치 추적 엔진에서 위치 분석 값을 전달받아 고객의 현재 위치와 동선 분석하는 시스템이다. 현재 고객의 위치를 에이전트 서버(Agent Server)가 수신하면 그 데이터를 다시 가공한다.

수신된 데이터는 여러 전파 세기의 u-Card 데이터이므로 실제 고객의 위치를 파악하기 위하여 위치 추적 엔진에 전달한다. 실제 고객의 위치가 파악되면 데이터를 위치추적 및 동선분석 시스템에 전송하게 된다.



[그림 5] 위치추적 및 동선분석 시스템

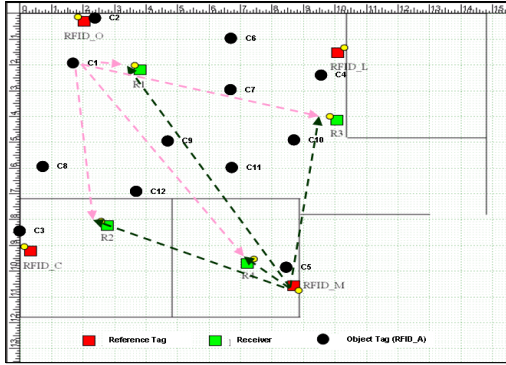
4.2 제안 레퍼런스 태그를 이용한 위치 계산 알고리즘의 실험

본 연구를 통해 하고자 했던 위치추적엔진의 가장 중요한 요소 중 하나의 위치계산의 오차를 최대한 줄이는 것이다.

제안 레퍼런스 태그를 위치계산 알고리즘과 u-Reader와 레퍼런스 태그를 통해 실제 검증 테스트를 실시하였다.

[그림 6]를 설명하면 레퍼런스 태그 4개, u-Card 1개, u-Reader 4개를 설치하고 u-Card의 각 위치별로 100회의 테스트 정보를 동시에 저장하여 위치 계산 알고리즘을 검증하였다.

위치별(Case#1 ~ Case#12)로 위치를 계산하는 과정과 그 결과를 기록하였다. 검증 테스트에서 길이와 넓이는 실측하고 레퍼런스 태그의 위치를 실측하는 과정에서 오차를 감안한다 하더라도 레퍼런스 태그를 이용한 알고리즘은 상당히 좋은 결과를 보여 주고 있다.



[그림 6] 알고리즘 검증 테스트 환경

[표 2] 위치오차측정 결과

Case #	실제위치		계산위치		오차범위	
	x	y	x	y	x	y
1	2	2	2.12	1.91	-0.12	0.08
2	2	0.2	2.03	0.24	-0.03	-0.04
3	0.2	9	0.25	8.96	-0.05	0.031
4	10.4	2	10.36	1.98	0.03	0.01
5	8.9	10.8	8.87	10.76	0.02	0.03
6	7	1	6.96	1.17	0.03	-0.17
7	7	3	7.81	2.93	-0.81	0.06
8	1	6	1.31	6.84	-0.31	-0.84
9	5	5	5.39	5.28	-0.39	-0.28
10	9	5	8.91	5.12	0.08	-0.12
11	7	6	6.53	5.92	0.46	0.07
12	4	7	4.30	6.92	-0.30	0.07

5. 성능평가

5.1 위치 추적의 성능 평가

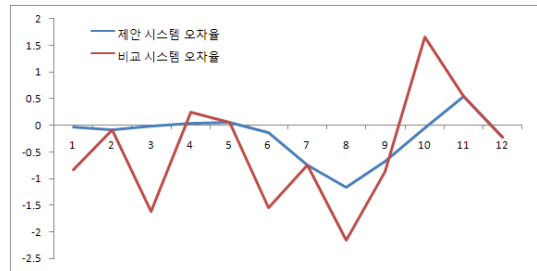
실험에 대한 평가 및 검증을 하기위해 기존 RSSI 레퍼런스 태그 알고리즘과 제안 레퍼런스 태그 알고리즘으로 비교분석 하였다. 위치별(Case#1 ~ Case#12)로 위치를 계산하는 과정과 그 결과를 기록하였다.

위치계산을 위한 구성도로서 u-Card 및 레퍼런스 태그에서 전송되는 데이터는 u-Reader를 통하여 에이전트 서버에 데이터를 전송하고 위치추적 엔진에 각각 필요한 데이터를 보내준다. u-Reader를 통해 전송 되어지는 데이터는 제안하는 알고리즘을 통해 계산되어 진다.

상기한 내용과 같은 방법으로 위치계산을 하여 [표 3]과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

기존 RSSI 레퍼런스 태그와 제안하는 레퍼런스 태그의 위치 검출 실험에서는 거의 유사한 값을 나타내지만 차폐물에 의한 간섭이 있는 경우 상당한 차이를 보이고 있다.

[표 3]에서 얻은 근거로 제안 시스템과 비교 시스템의 오차율을 [그림 7]로 나타낼 수 있다. 제안 시스템은 Case 5 이후로 오차를 보이고 있지만 비교 시스템은 전체적으로 차폐물에 의한 방해를 받아 오차율이 상당히 크다는 것을 알 수 있다.

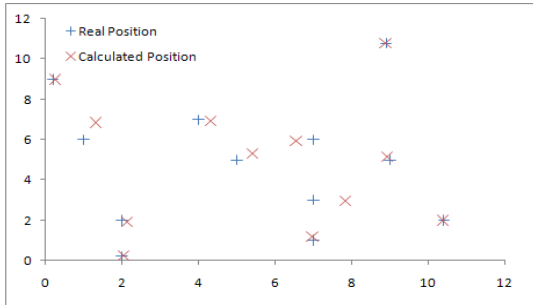


[그림 7] 차폐물에 의한 오차율

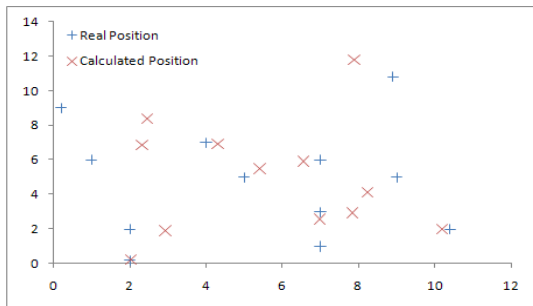
[표 3] 제안 시스템과 비교 시스템의 계산위치와 오차범위

Case #	Real Position		계산위치				오차범위			
			제안시스템		비교 시스템		제안시스템		비교시스템	
1	2	2	2.124051	1.910095	2.924051	1.910095	-0.12405	0.089905	-0.92405	0.089905
2	2	0.2	2.033807	0.246821	2.033807	0.246821	-0.03381	-0.04682	-0.03381	-0.04682
3	0.2	9	0.250104	8.968142	2.450104	8.368142	-0.0501	0.031858	-2.2501	0.631858
4	10.4	2	10.36662	1.989399	10.16662	1.989399	0.03338	0.010601	0.23338	0.010601
5	8.9	10.8	8.874415	10.7648	7.874415	11.7648	0.025585	0.0352	1.025585	-0.9648
6	7	1	6.961854	1.177991	6.961854	2.577991	0.038146	-0.17799	0.038146	-1.57799
7	7	3	7.815507	2.934139	7.815507	2.934139	-0.81551	0.065861	-0.81551	0.065861
8	1	6	1.316153	6.840107	2.316153	6.840107	-0.31615	-0.84011	-1.31615	-0.84011
9	5	5	5.394454	5.28094	5.394454	5.48094	-0.39445	-0.28094	-0.39445	-0.48094
10	9	5	8.913825	5.128691	8.213825	4.128691	0.086175	-0.12869	0.786175	0.871309
11	7	6	6.536734	5.925321	6.536734	5.925321	0.463266	0.074679	0.463266	0.074679
12	4	7	4.304834	6.921467	4.304834	6.921467	-0.30483	0.078533	-0.30483	0.078533

또한 실제 Tag의 위치와 계산 되어진 Tag위치 결과를 제안 시스템은 [그림 8], 비교 시스템은 [그림 9]와 같은 결과를 얻을 수 있었다.



[그림 8] 제안 시스템의 실제위치(Real Position)와 계산위치(Calculated Position)의 비교



[그림 9] 비교 시스템의 실제위치(Real Position)와 계산위치(Calculated Position)의 비교

[그림 8]와 [그림 9]에서 +는 실제위치(Real Position)을 x는 계산위치(Calculated Position)를 나타낸 것이며, 실제위치(Real Position)와 계산위치(Calculated Position)가 일치 하면 할수록 정확한 위치 값이라고 할 수 있다. [그림 8]에서는 실제위치(Real Position)과 계산위치(Calculated Position)이 거의 일치하는 분포를 나타내어 지지만 [그림 9]에서는 거의 일치하지 않는 분포를 보이고 있다.

6. 결론

대형마트와 같은 오프라인 쇼핑몰에서 RFID Tag 를 소지한 고객의 위치를 파악하고 그 동선을 분석하고 쇼핑 고객의 위치추적 및 동선분석 데이터를 분석한 결과를 토대로 고객서비스를 제공하기 위한 방법으로 오프라인 쇼핑몰에서 실시간으로 고객의 위치를 파악하는 위치

추적엔진 모듈이다.

기존 유사 시스템에서 고객의 움직임 측정 또는 쇼핑 패턴 분석은 수작업이나, 영상 인식 시스템을 이용하여 동선을 검출하였다. 이러한 시스템은 정확한 고객의 쇼핑 시간정보나 위치 정보 또는 구매 패턴을 분석하기에는 어려움이 있어 효율적인 관리가 어려웠으며, 또한 매장내의 환경의 변화에 의해 상당히 급변하는 경향이 있어 정확한 위치 값을 갖는 것이 어렵다는 것을 알 수 있다.

그러나 제안하는 모듈은 전파 세기가 주의 환경의 변화에 대한 전파 세기를 동일하게 적용받기 때문에 실시간으로 변화하는 RF전파에 대해 동일한 위치 값을 측정하여 고객의 실시간 위치 정보와 쇼핑 시간을 거의 정확히 알 수 있다.

향후 연구과제는 유통매장 뿐만 아니라, 최근 이슈가 되고 있는 u-City의 쾌적한 도시 환경을 위한 환경 관리 시스템, 지상시설물 관리 시스템 등과 연계하여 더욱 더 우수한 시스템을 연구 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이승민, "Key 갱신 기반의 RFID 상호인증 프로토콜 설계," 송실대학교 석사학위논문, 2006.
- [2] 김주영, 백화점 매장의 공간구조와 VMD에 따른 고객동선에 관한 연구, 석사학위논문, 세종대학교 대학원, 2004.
- [3] 정양구, CCM Camera를 이용한 이동물체 자동추적 시스템에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 2001.
- [4] 이상욱, 설성욱, 남기곤, 권태하, "특징기반 다중 물체 추적 시스템에 관한 연구," 대한전자공학회논문지, 제35-S권, 제11호, 1999.
- [5] Justus H. Piater, Stephane Richetto and James L. Crowley, "Event-based Activity Analysis in Live Video using a Generic Object Tracker," IEEE International Workshop on PETS' 2002, Vol. 3, No. 1, 2002.
- [6] Arthur E.C. Pece, "From Cluster Tracking to People Counting," IEEE International Workshop on PETS' 2002, Vol. 3, No. 1, pp. 9-17, 2002.

임 상 민(Sang-Min Lim)

[준회원]



- 2007년 2월 : 청운대학교 멀티미디어학과(공학사)
- 2007년 2월 ~ 현재 : (주)리테일테크 기술연구소 연구원

<관심분야> : RFID

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 한밭대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2001년~현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 부교수

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 교육 콘텐츠