

다중경로 환경에서 실시간 위치추적 시스템의 위치 오차 분석

Location error analysis of a real time locating system in a multipath environment

명승일*, 모상현*, 이형섭*, 박형래**, 서동선***

Seung-IL, Myong*, Sang-Hyun, Mo*, Heyung-Sub, Lee*,
Hyung-Rae, Park**, Dong-Sun, Seo***

Abstract

In this paper, we analyze the location accuracy of real-time locating systems (RTLS) in multipath environments, where the RTLS complies with an ISO/IEC 24730-2 international standard. RTLS readers should have an ability not only to recover the transmitted signal but also provide arrival timing information from the received signal. In the multipath environments, in general, the transmitted signal goes through both direct and indirect paths, and then it becomes some distorted form of the transmitted signal. Such multipath components have a critical effect on deciding the first arrival timing of the received signal. To analyze the location error of the RTLS in the multipath environments, we assume two multipath components without considering an additive white Gaussian noise. Through the simulation and real test results, we confirm that the location error does not occur when the time difference between two paths is more than 1.125Tc, but the location error of about 2.4m happens in case of less than 0.5Tc. In particular, we see that the resolvability of two different paths depends largely on the phase difference for the time difference of less than 1Tc.

요 약

본 논문에서는 다중경로 환경 하에서 ISO/IEC 24730-2 국제표준에 기반한 실시간 위치추적 시스템(Real-time Locating Systems, RTLS)의 위치 정확도를 분석한다. RTLS 수신기는 송신 데이터 검출을 위한 복조 기능뿐만 아니라 수신 신호로부터 도착시간 정보를 얻을 수 있어야 한다. 일반적으로, 다중경로 환경에서 수신 신호는 직접 경로와 간접 경로를 통해 왜곡된 형태를 갖게 된다. 이러한 다중경로 성분들은 첫 번째 도착 신호의 수신시간을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 다중경로 환경하에서 RTLS의 위치 오차를 분석하기 위해 노이즈 잡음은 고려하지 않고 두 개의 다중경로가 존재하는 환경을 고려하기로 한다. 모의실험 및 실제 실험 결과에 의하면, 두 경로 성분 간 지연 시간차가 1.125 Tc 이상에서는 위치 오차가 발생하지 않으나 0.5 Tc 이내에서는 2.4m 정도의 위치 오차가 생기게 된다. 또한 지연 시간차가 1Tc 보다 작은 경우 두 경로 성분의 분해능은 상대적인 위상 차이에 따라 크게 영향을 받음을 확인할 수 있다.

Keywords :RTLS, DSSS modem, Location

1. 서론

위치 추적 서비스는 이동통신 기술의 급속한 발전과 함께 무선통신 기술을 활용한 다양한 측위 기술들을 통해 그 서비스가 이루어져 왔다. 이들 중에서 특히 능동형 RFID를 기반으로 한 실시간 위치추적 시스템 (이하 RTLS라 명명)은 자산이나 사람들의 위치

* 韓國電子通信研究院(Electronics and Telecommunications Research Institute)

** 韓國航空大學校 航空電子 및 情報通信工學部(School of Electronics, Telecommunications and Computer Engineering, Hankuk Aviation University)

*** 明知大學校 電子工學科(Department of Electronics, Myongji University)

※ 본 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력 기술 개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-S023-1, 실시간 위치 추적 기술 개발]

接受日:2010年 3月 2日, 修正完了日: 2010年 3月 24日

를 실시간으로 추적할 수 있는 시스템이란 것이 입증되면서, 최근 들어 괄목할만한 주목을 받고 있을 뿐만 아니라 의료, 군수, 항만, 물류 및 제조 등과 같은 다양한 분야로 그 도입이 활성화되고 있는 추세이다. 기존 바코드 시스템과는 달리 전자식별 즉, RFID 기술은 제 2차 세계대전 당시 영국이 자국의 전투기를 식별하고자 처음 도입하여 사용한 것을 시작으로, 2000년대에 들어와서는 그간 무선기술의 눈부신 발전에 힘입어 저가적 고품능의 태그가 개발되고 다양한 형태의 제품들이 출시되었다. 현재 RFID 기술은 135KHz의 저주파에서부터 2.45GHz의 마이크로파에 이르기까지 여러 주파수대를 활용하여 다양한 응용 시스템들이 상용화되고 있고, 관련 표준화는 국제 표준화 기구인 ISO/IEC 산하의 JTC1/SC31에서 표준 개발, 운용 및 관리를 맡아 진행하고 있다[1].

IDTechEx에서 제시한 RTLS 연구보고서에 따르면, 전 세계 RTLS 시장 규모는 2009년 2억 3백만 달러에서 2018년에는 27억 3백만 달러에 이를 것으로 전망하고 있다[2]. 하지만 RTLS에 대한 관심은 고조되는 반면 관련 RTLS 기술에 대한 기술 분석 및 연구 결과는 많이 부족하다. 따라서 이에 대한 지속적인 관심과 함께 조속한 연구 개발을 통해 관련 응용 제품들에 대한 상용화가 시급할 것으로 판단된다. 특히 상용화 시스템을 위해서는 실 환경에서의 채널 분석이 필요하며, LOS(Line of Sight) 환경뿐만 아니라 NLOS(Non-Line of Sight) 환경에 따른 위치 측정 시스템의 오차 분석이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 위치 추적과 관련된 기술 분석을 중점적으로 다루고자 한다.

실시간 위치 추적 기술에 대한 분석은 GPS 및 이동 기지국과 관련된 분석 및 채널 간섭 완화에 대한 연구 논문은 많이 이루어졌다[3-5]. 그러나 ISO/IEC 24730-2의 표준을 따르는 위치 추적 기술 연구는 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 ISO/IEC 24730-2의 능동형 RFID에 기반한 실시간 위치추적 시스템에 대하여 실 환경과 유사한 다중경로 페이딩 환경에서의 위치 오차를 분석하였다. 특히 두 개의 다중 경로가 존재할 때, 두 경로 성분 간의 크기, 지연 시간차 및 위상차에 따른 위치 정확도를 모의실험 결과 및 실제 하드웨어 구현을 통한 실험 결과를 통해 살펴보고자 한다. 제 II장에서는 ISO/IEC 24730-2의 물리 계층과 2개의 다중경로 성분이 존재하는 환경에서의 신호 모델을 소개하고 제 III장에서는 두 신호의 지연 시간차 및 위상차에 따른 ACF(Autocorrelation Function) 특성을 모의실험 결과를 통해 알아본다. 제 IV장에서는 모의실험 결과로부터 구현된 시스템에서의 실험을 통

해 위치 오차를 분석하며 마지막으로 제 V장에서는 결론을 맺고자 한다.

II. ISO/IEC 24730-2 물리계층 및 신호 모델

이 장에서는 ISO/IEC 24730-2 표준의 프레임 구조 및 특징을 살펴보고, 다중 경로 환경에서 이에 대한 송신 신호를 수신하였을 때 수신 신호 모델에 대하여 기술하였다.

1. ISO/IEC 24730-2의 변복조 신호 특징

표준에서 제시하는 모델과 관련된 파라미터들을 표 1에 기술하였다. 데이터 변복조 방식은 DBPSK이며, 511칩의 시퀀스를 사용하여 직접대역 확산 방식의 대역 확산을 수행한다. 데이터 전송률은 59.7 Kbps를 지원하며, 칩 전송률은 30.521874 Mcps이다. 칩 전송률의 오차와 주파수의 오차는 각각 ± 25 ppm로 중심 주파수 2442.75MHz에서 61.04 KHz 이내의 오차를 추적할 수 있어야만 한다[6].

Table 1. Baseband MODEM specification

표 1. 기저 대역 모뎀 사양

항 목	모뎀 사양
데이터 변조 방식	DBPSK
데이터 전송률	59.7kbps
확산 방식	DSSS
확산 시퀀스	511
칩 전송률	30.521875Mcps ± 25 ppm
확산 코드	0x1CB
채널 대역폭	61MHz
패킷 길이	56,72,88,152
서브 블링크 간격	125ms \pm 16ms(최대)
중심 주파수	2441.750MHz
초기 주파수 오프셋	± 25 ppm
최대 주파수 드리프트	$< \pm 2$ ppm
위상 정확도	< 0.5 라디안
위상 잡음	< 15 도
요구 BER	$< 10^{-5}$

위 표1 에서 위치 추적에 연관된 중요한 파라미터는 칩 전송률이다. 일반적인 확산 방식이 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 이므로 수신기에서 동일한 시퀀스로 역확산 될 때의 가장 큰 에너지

를 얻기 때문에, 큰 에너지로 되는 순간의 시간 정보를 얻으며, 이러한 DSSS 방식 및 SS(Spread Spectrum)을 이용한 통신 방식에서는 스펙트럼 폭이 위치 측정 정밀도에 반비례한다. 즉, 스펙트럼 폭이 넓은 신호일수록 위치 측정 정밀도는 좋아진다. 상기 표준에서는 칩 전송률이 30.521875Mcps이므로 최소 단위의 시간 분해능은 32.76ns이므로 초(sec)를 전파 거리로 환산하면, 약 9.6m에 해당된다. 즉, 한 태그에서 출력한 신호가 두 리더에서 각각 도착한 시간차가 32.76ns이면 9.6m의 거리차가 있다는 것이다. 그러므로 측정하고자 하는 위치 추적 시스템에서는 이러한 칩 전송률을 높이거나 채널 대역폭을 넓게 하여 정밀한 오차를 갖출 시스템도 있다. 한 예로 UWB(Ultra Wideband) 방식은 대역폭을 확장한 위치 추적 시스템이다.

상기 채널 대역폭은 칩 전송률의 2배이므로 대략 60M 채널 대역폭을 지닌 시스템에서 단일 채널만 존재할 때는 수신기의 구조에서 샘플링률에 따라서 위치 측정 오차를 줄일 수 있다. 일반적으로 수신기에서는 4, 8배로 샘플링하므로 칩 전송률에 4배 샘플링인 경우, $9.6m/4 = 2.4m$, 8배 샘플링인 경우, $9.6m/8 = 1.2m$ 로 위치 측정 분해능을 가져갈 수 있다. 그러나, 실제 위치 추적 시스템의 설치 환경에서는 주로 LOS 환경이라도 주변의 반사 신호로 인해 간섭 신호에 영향을 받으며 이로 인해 주 채널 신호로 위치 측정을 할 때, 오차를 유발한다. 이러한 오차를 알아보기 위해 다중 경로 환경에 대한 수신 신호의 신호 모델링이 필요하다.

2. 신호 모델

RTLS 수신기에서는 위치 계산에 필요한 수신 신호의 도착 시간 정보를 역확산 과정에서 얻은 ACF로부터 도출해 낸다. ACF를 이용한 도착 시간 정보는 수신한 신호 내 임의의 비트 구간에서 상관을 취한 후 에너지가 최대인 점을 찾아서 시간 정보화 시킨다.

다중경로가 ACF를 이용한 도착 시간 정보 획득에 주는 영향을 알아보기 위해 다음과 같이 수신 신호를 모델링하였다. 우선 다중 경로가 2개 존재하고 무잡음 환경을 가정할 때, 수신 구조는 I, Q Correlator의 출력은 각각 다음과 같다.

$$Y_I = N\sqrt{E_c}R(\tau)\cos\phi_1 + \alpha N\sqrt{E_c}R(\tau + \tau_d)\cos\phi_2 \quad (1)$$

$$Y_Q = N\sqrt{E_c}R(\tau)\sin\phi_1 + \alpha N\sqrt{E_c}R(\tau + \tau_d)\sin\phi_2 \quad (2)$$

여기서, $\tau = t - \hat{t}$ 은 첫 경로의 시간 오차, N : 확산

인자, E_c : 칩 에너지, $R(t) = h_{PSF}(t) * h_R(t)$ (여기서 $h_{PSF}(t)$ 펄스 성형 필터의 충격응답, $h_R(t)$ 수신 필터의 충격응답), ϕ_1, ϕ_2 : 첫 번째 경로 신호와 두 번째 경로 신호의 위상, τ_d : 두 경로의 지연 시간차, α : 첫 번째 경로 신호의 크기 대비 두 번째 경로 신호의 크기 비이다. 각각 I, Q 경로에 첫 번째 경로 신호와 두 번째 경로 신호가 합쳐진 수신 신호로 모델링을 하였으며, 첫 번째 경로 신호가 먼저 도착하도록 모델링을 하였다. 두 번째 경로 신호는 첫 번째 경로 신호 대비 선 도착 또는 후 도착에 따라서 τ_d 앞단의 부호를 결정하나 다중 경로가 주는 효과는 부호 보다는 τ_d 의 시간 지연 크기에 더 의존적이다.

상기 식 1과 2로부터 상관 에너지는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Z(\tau) &= Y_I^2 + Y_Q^2 = N^2 E_c R^2(\tau) + \alpha^2 N^2 E_c R^2(\tau + \tau_d) \\ &\quad + 2\alpha N^2 E_c R(\tau)R(\tau + \tau_d)\cos\phi_1\cos\phi_2 \\ &\quad + 2\alpha N^2 E_c R(\tau)R(\tau + \tau_d)\sin\phi_1\sin\phi_2 \quad (3) \\ &= N^2 E_c R^2(\tau) + \alpha^2 N^2 E_c R^2(\tau + \tau_d) \\ &\quad + 2\alpha N^2 E_c R(\tau)R(\tau + \tau_d)\cos(\Delta\phi) \end{aligned}$$

여기서, $\Delta\phi$ 는 $\phi_2 - \phi_1$ 또는 $\phi_1 - \phi_2$ 이다. 식 3으로부터 상관 에너지의 영향을 주는 요소는 두 다중 경로 신호의 크기, 두 신호 간의 지연 시간차, 위상차에 관한 함수임을 알 수 있다. 다중 경로에 대한 영향을 좀 더 구체적으로 알아보기 위해 모의실험을 통해 분석을 하였다.

III. 모의실험

다중경로가 위치 정확도에 주는 영향 분석을 위해 앞서 도출한 식 3으로부터 모의실험하였고 각 모의실험 조건은 첫 번째 다중 경로 신호, 두 번째 다중 경로 신호의 크기를 1, 0.5로 정규화 했으며, 두 신호의 지연 시간차를 $0.5T_c$ ($T_c = 32.76ns$)에서 $2T_c$ 까지 지연 시간 간격 단위는 $0.125T_c$ 로 해서 점차 증가 시켰다. 모의실험에 사용된 펄스 성형 필터는 롤오프 계수(roll-off factor)가 0.9인 SRRC(square root raised cosine) 필터를 사용하였으며 수신 필터도 같은 필터를 사용하여 정합 필터링 하였다. 각 신호의 위상차는 0에서 180도까지, 45도 간격 단위로 바뀌며 모의실험 하였다. 이 때 수신 신호의 샘플링률은 칩 전송률의 8배로 하였다.

1. 0.5 Tc간격 모의실험 결과

두 신호의 지연 시간차는 0.5Tc이며, 각 위상차는 0~180도를 45간격으로 모의실험한 결과를 그림 1에 나타내었다.

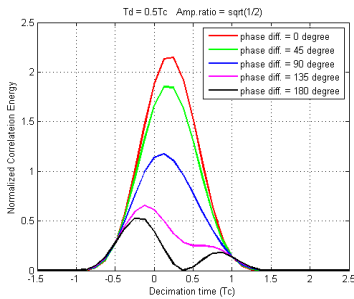


Fig. 1. ACF Curve according to phase difference at 0.5Tc time difference
 그림 1. 0.5Tc 지연 시간차에서 위상 변화에 따른 ACF 곡선

ACF 곡선을 보면 두 도착 신호의 위상차가 0도 일 때는 두 신호가 구별되지 않고 하나의 신호처럼 보이며 약 2에 해당하는 상관 에너지를 얻었다. 위상차가 180일 때는 ACF 곡선에서 두 신호가 각각 구분이 되나, 두 번째 경로 신호의 영향으로 인해 ACF peak의 위치가 0을 기준으로 좌로 이동하여 ACF peak를 기준으로 도착 시간을 결정할 경우 시간 오차가 발생하게 됨을 알 수 있다.

이처럼, 다중 경로의 영향으로 인해 선 도착 신호의 시간 정보 오차는 기준(주 신호 인가 위치 가로축 0에 해당)에서 위상에 따라 $-1/4Tc \sim 1/4Tc$ 까지 오차를 발생하였다.

2. 1Tc간격 모의실험 결과

두 신호의 지연 시간차 1Tc에 대한 모의실험 측정 결과를 그림 2에 나타내었다.

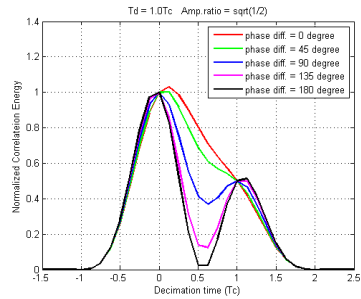


Fig. 2. ACF Curve according to phase difference at 1Tc time difference
 그림 2. 1Tc 지연 시간차에서 위상 변화에 따른 ACF 곡선

두 도착 신호의 위상차가 90도 보다 더 큰 경우에는 두 신호가 구분되나, 이하에서는 간섭으로 인해 하나의 신호처럼 간섭된 결과를 보였다. 이때의 도착 시간 오차는 기준 위치(주 채널 신호 인가 위치 가로축 0에 해당)에서 위상에 따라 $-1/8Tc \sim 0Tc$ 까지 오차를 발생하였다. 특히 앞의 두 모의실험 결과로부터 두 경로 성분의 시간차가 1Tc 보다 작을 때 두 경로의 분해능은 상대적인 위상차에 따라 크게 영향을 받을 수 있었다.

3. 1.125 ~ 1.5Tc간격 모의실험 결과

그림 3~그림5는 두 신호의 지연 시간차가 1.125Tc~1.5Tc일 때, 두 신호의 위상차는 0~180도로 45도 간격으로 바뀌어가며 측정한 결과이다.

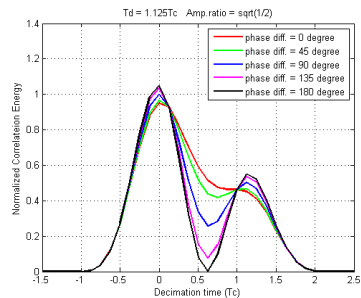


Fig. 3. ACF Curve according to phase difference at 1.125Tc time difference
 그림 3. 1.125Tc 지연 시간차에서 위상 변화에 따른 ACF 곡선

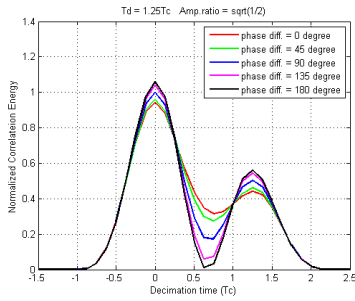


Fig. 4. ACF Curve according to phase difference at 1.25Tc time difference
 그림 4. 1.25Tc 지연 시간차에서 위상 변화에 따른 ACF 곡선

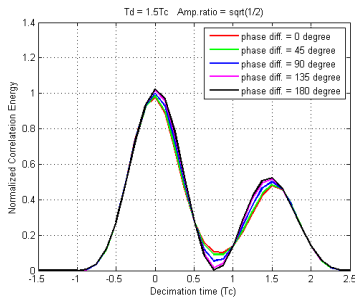


Fig. 5. ACF Curve according to phase difference at 1.5Tc time difference
 그림 5. 1.5Tc 지연 시간차에서 위상 변화에 따른 ACF 곡선

위의 모의실험 결과로부터 첫 번째 경로 신호와 두 번째 경로 신호의 지연시간차에 따라 ACF 곡선의

Table 2. Location Error performance of the main signaling according to phase difference and channel spacing

표 2. 위상 및 지연 시간차에 따른 주 신호의 위치 오차 성능

위상 경로차	0도	45도	90도	135도	180도
0.5Tc	1/4Tc	1/8Tc	1/8Tc	-1/8Tc	-1/4Tc
1Tc	1/8Tc	1/8Tc	0	0	0
1.125Tc	0	0	0	0	0
1.25Tc	0	0	0	0	0

Table 3. Estimated results of time difference according to phase and time difference

표 3. 위상 및 지연 시간차에 따라 ACF로부터 추정된 시간차

위상 경로차	0도	45도	90도	135도	180도
0.5Tc	-	-	-	-	1.125Tc
1Tc	-	-	1Tc	1Tc	1.125Tc
1.125Tc	-	1.125Tc	1.125Tc	1.125Tc	1.125Tc
1.25Tc	1.25Tc	1.25Tc	1.25Tc	1.25Tc	1.25Tc

로부터 추정한 첫 번째 경로 신호의 도착 신호 정보 오차 및 두 신호의 지연 시간차에 대한 결과를 표2와 3에 정리하였다.

모의실험 결과로부터 ACF에서 추정한 도착 시간 정보의 오차는 다중 경로 신호의 지연 시간차가 1Tc 경우 위상차가 90도 이상일 때에는 발생하지 않았으며 지연 시간차가 1.125Tc 일 경우에는 도착 시간 정보의 오차는 발생하지 않았지만 위상차가 45도 이상이 되어야 ACF에서 두 신호의 peak를 구분해 낼 수가 있었다. 또한 두 신호의 지연 시간차가 1.25Tc 이상일 경우에는 위상차에 상관없이 정확한 도착 시간 정보를 추정 할 수 있었다. 그 외의 경우에는 1/8Tc에서 최대 1/4Tc까지의 도착 시간 정보 오차가 발생할 수 있으며 이는 1.2m~2.4m의 위치 오차에 해당한다.

상기 모의실험 결과로부터 오차를 유발하지 않을 최소 지연 시간차는 1.125Tc이므로 지연 시간차가 1Tc인 다중 경로 환경에서 실제 구현된 RTLS 시스템을 사용하여 다중 경로의 영향을 실험을 통해 살펴보기로 한다.

IV. 실험

모뎀 설계 및 RF 블록까지 구현된 보드로 상관 에너지 측정 실험을 하였다. 그림 6과 같이 태그, 채널 애플레이터, 리더로 시스템을 구성하였고, 채널 애플레이터는 입력 태그 신호에 대하여 다중 경로 성분들의 지연 시간 및 위상 등의 파라미터에 따라 다중 경로 신호를 생성해준다.

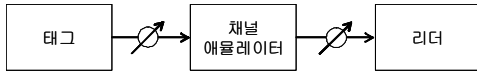


Fig. 6. Experimental Setup
그림 6. 실험 구성도

실험 결과는 모의실험에서 주된 영향을 받는 $1T_c$ 지연 시간차에 초점을 두었으며, 두 신호의 위상(0, 45, 90, 135, 180도)차에 따라서 측정된 결과를 각각 그림 7에서 11까지 나타내었다.

또한, 실험을 통해서선 도착 신호인 첫 번째 경로 신호의 절대 위치에 대한 변화를 측정하는 것은 어려우므로 위상에 따른 측정된 두 신호의 지연 시간차에 대하여 결과만을 도출하고자 한다. 이는 위치를 결정하는 계산 알고리즘이 ToA(Time of Arrival)가 아니라 TDoA(Time Difference of Arrival)의 알고리즘을 이용하므로 각 리더간의 태그 신호의 상대 도착 시간만 알게 되면 위치를 결정할 수 있다. 그러므로 구현된 시스템에서는 두 신호 간의 측정된 지연 시간차 측정값을 통해 다중 경로의 영향을 간접적으로 측정하고자 한다.

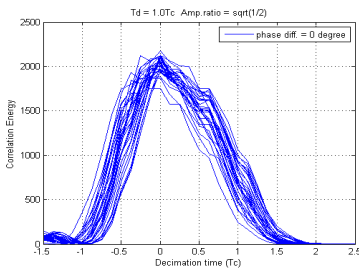


Fig. 7. ACF Curve at 0 degree phase difference and $1T_c$ Channel Spacing interval.
그림 7. $1T_c$ 지연 시간차와 0도 위상차에 따른 ACF 곡선

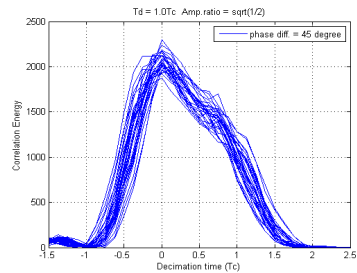


Fig. 8. ACF Curve at 45degree phase difference and $1T_c$ Channel Spacing interval.
그림 8. $1T_c$ 지연 시간차와 45도 위상차에 따른 ACF 곡선

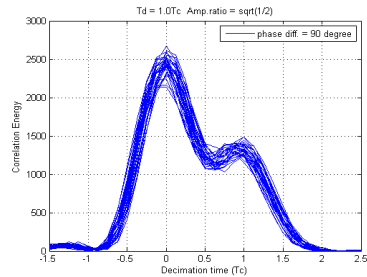


Fig. 9. ACF Curve at 90degree phase difference and $1T_c$ Channel Spacing interval.
그림 9. $1T_c$ 지연 시간차와 90도 위상차에 따른 ACF 곡선

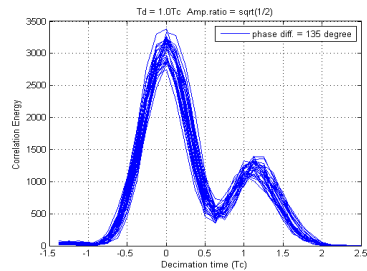


Fig. 10. ACF Curve at 135 degree phase difference and $1T_c$ Channel Spacing interval.
그림 10. $1T_c$ 지연 시간차와 135도 위상차에 따른 ACF 곡선

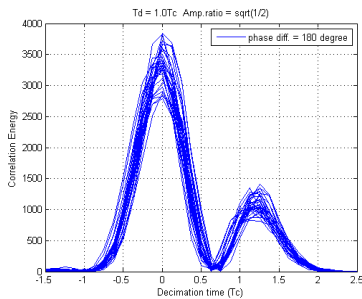


Fig. 11. ACF Curve at 180 degree phase difference and 1Tc Channel Spacing interval.

그림 11. 1Tc 지연 시간차와 180도 위상차에 따른 ACF 곡선

Table 4. Measured results according to phase difference at 1Tc time difference

표 4. 1Tc 지연 시간차에서 위상차에 따른 측정된 지연 시간

위상 경로차	0도	45도	90도	135도	180도
1Tc	-	-	0.95Tc	1.11Tc	1.21Tc

실험 결과로부터 모의실험과 유사한 경향을 보였으나 각 90~180도 위상차가 있을 경우 모의실험 결과 대비 0.1 ~ 0.05Tc의 상대 지연 시간차가 더 크게 나타났으며 이는 첫 번째 경로 신호의 도착 시간 오차가 모의실험 결과 대비 0.1 ~ 0.05Tc만큼 오차가 더 발생하였다고 간접적으로 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 표준 ISO/IEC 24730-2의 물리적 계층을 지원하는 RTLS 리더에서 수신 신호에 2개의 다중 경로 성분들이 존재할 경우 위치 정확도에 다중 경로 성분이 주는 영향을 모의실험과 실제 실험을 통해 분석하였으며, 분석 결과 두 다중 경로 성분의 지연 시간차가 1.125Tc 이상 유지해야만 위치 측정 오차를 최소화 시킬 수 있다. 두 다중 경로 신호가 1Tc의 지연 시간차를 가질 경우 1.2m의 위치 오차를 야기할 수 있으며, 0.5Tc의 지연 시간차를 가질 경우에는 최대 2.4m까지 위치 오차가 발생할 수 있다. 상

기의 결과로부터 표준안에서의 위치 오차를 3m 이내를 만족하게 된다. 단, 수신 신호의 샘플링률은 칩 전송율의 8배로 시스템을 구현할 때에만 가능하며, 샘플링률이 낮아지면 오차는 더 증가하게 된다. 상기 분석 결과로부터 표준안을 따르는 RTLS 시스템의 태그 및 리더의 설치 환경의 제한 조건을 도출할 수 있다. 즉, 0.5Tc의 반사 지연 경로에 해당하는 반사 유발 경로를 설치 환경으로부터 제거하는 것이다. 다시 말해 태그 및 리더의 설치 환경은 태그 신호를 송출하는 주변과 태그 신호를 수신하는 리더 주변 환경에서의 0.5Tc 지연 경로인 4.8m 인접 주변에 반사체를 제거하는 것이다. 그로 인해 더 정밀한 측위를 가능케 할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 차종섭, 명승일, 이형섭, 채종석, "능동형 RFID 기반 실시간 위치 추적 기술동향," *전자통신동향분석*, 24권, 5호, 2009.10., 87-97.
- [2] IDTechEx, "Real Time Locating System(RTLS) 2008-2018," Apr. 2008.
- [3] Li Cong, and Weihua Zhuang, "Nonline of Sight Error Migration in Mobie Location," *IEEE Trans on Wireless Commun*, vol. 4, No. 2, pp.560-573, Mar 2005.
- [4] Lionel J. Gartin, "The "Shaping Correlator", Novel Multipath Mitigation Technique Applicable to GALILEO BO C(1,1) Modulation Waveforms in High Volume Markets," GNSS 2005,
- [5] A. J. VAN DIERENDONCK, and PAT FENTON and TOM FORD, "Theory and Performance of Narrow Correlator Spacing in a GPS Receiver," *Journal of The Institute of Navigation*, Vol. 39, No. 3, Fal 1992.
- [6] ISO/IEC 24730-2, Information technology - Real Time Locating Systems (RTLS) - Part 2: 2.4GHz air interface protocol, 2006.

 저 자 소 개

명 승 일 (비회원)

1997년 : 명지대학교 전자공학과
졸업
(공학사)
1999년 : 명지대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
2010년 2월: 명지대학교 대학원
전자공학과(공학박사)

2000년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
<주관심분야> RFID 시스템, 광통신 시스템, 디지털
모뎀 설계, CDMA 모뎀 설계 등.

모 상 현 (비회원)

2006년 : 포항공과대학교
전자전기공학과 졸업 (공학사)
2008년 : 포항공과대학교 대학원
전자전기공학과 (공학석사)
2008년 2월~현재 :
한국전자통신연구원 RFID 기반기술
연구팀 연구원

<주관심분야> RFID 시스템, 이동통신 시스템, 디지털
모뎀 설계 등.

이 형 섭 (비회원)

1985년 : 충남대학교 전자공학과
졸업
(공학사)
1995년 : 충남대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
2002년 : 충남대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)

1990년 7월~현재 : 한국전자통신연구원 RFID
기반기술팀 팀장
<주관심분야> RFID 시스템, 가입자망장치, 통신망
프로토콜, 디지털 모뎀 설계 등.

박 형 래 (비회원)

1982년 : 한국항공대학교
전자공학과(공학사)
1985년 : 연세대학교
전자공학과(공학석사)
1993년 : 미국 Syracuse Univ.
전기 공학과 (공학박사)
1985~1998년:

한국전자통신연구원 책임연구원(신호기술연구실장)
1999~2000년: (주)씨엔에스테크놀로지 전무이사
2001년 ~ 현재: 한국항공대학교 항공전자 및
정보통신 공학부 부교수
<주관심분야> 이동통신시스템, CDMA/OFDM 모뎀
설계, 스마트 안테나, 레이더 신호 처리 등.

서 동 선 (정회원)

1980년 : 연세대학교 전자공학과
졸업 (공학사)
1985년 : 연세대학교 대학원 전자
공학과(공학석사)
1989년 : 뉴멕시코 주립대학교 졸
업(공학박사)
1990년 2월~현재 : 명지대학교

교수제직
<주관심분야> ultra short pulse technology,
optical CDMA, microwave photonics, optical
communications. and optical measurements