

IR-UWB 레이더 환경에서 적응형 다중 목표물 추정 알고리즘

여봉구*, 이병진*, 김승우*, 염문진**, 김경석***

Adaptive Multi-target Estimation Algorithm in an IR-UWB Radar Environment

Bong-Gu Yeo*, Byung-Jin Lee*, Sueng-Woo Kim*, Mun-Jin Youm**, Kyung-Seok Kim***

요 약

본 논문은 투과성이 좋고 실내 환경에 강건하며, 수십 센티미터(cm) 급의 고정밀 측위가 가능하다는 점에서 주목 받고 있는 IR-UWB(Impulse-Radio Ultra Wideband) 레이더 시스템에서 신호의 특성을 이용한 적응형 다중 목표물 추정 알고리즘을 제안한다. 목표물에 의해 반사되는 신호는 Peak를 갖는 다는 특성으로 다중의 Peak를 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 이러한 알고리즘의 성능을 확인하기 위해서 레이더 앞에 다중 목표물을 두고 기존의 기법과 다중 목표물 추정 알고리즘을 비교하였다. 하나의 송신 안테나와 수신안테나로 목표물들의 위치를 실시간으로 추정한다. 기존의 최고 신호 도출 방식에 비해 추정할 수 있는 수가 늘어나고 다중으로 목표물 도출이 가능하다. 기존의 기법은 하나의 목표물만 추정하다보니 평균 제곱 오차가 1이 나오는 반면 다중 목표물 추정 알고리즘은 약 0.05의 결과가 도출된다. 본 논문에서 제시한 기법은 하나의 IR-UWB 모듈 환경에서 다중의 목표물을 추정 및 응용에 적용할 수 있을 것이라 기대된다.

Key Words : IR-UWB, Radar System, Signal processing, Multi-target estimation, Target Recognition

ABSTRACT

In this paper, we propose an adaptive multi-target estimation algorithm using the characteristics of signals in the IR-UWB(Impulse-Radio Ultra Wideband) radar system, which is attracting attention because it has good transparency, robustness to the indoor environment, and high precision positioning of tens of centimeters. We proposed an algorithm that estimates multiple peaks with the characteristic that the signal reflected by the target has a peak. To verify the performance of these algorithms, multiple targets were placed in front of the radar and the existing technique and the multi - target estimation algorithm were compared. The location of the targets is estimated in real time with one transmitting antenna and one receiving antenna. The number of estimates can be increased compared with the existing peak signal derivation method, and multiple targets can be derived. The conventional technique estimates only one target, which results in a mean square error of 1 while a multi - target estimation algorithm yields a result of about 0.05. The proposed method is expected to be able to apply multiple targets to the estimation and application in one IR-UWB module environment.

I. 서론

최근 무선통신 기술 및 센서 기술의 발달로 인해 다양한 방식의 객체 위치 추정 및 측위 기술에 대한 서비스가 연구되고 있다. 기존 기술과 더불어 투과성이 좋고 실내 환경에 강건하며, 수십 센티미터(cm) 급의 고정밀 측위가 가능하다는 점에서 주목 받고 있는 IR-UWB(Impulse-Radio Ultra Wideband) 레이더 기술은 저비용, 저 전력으로 실내외에서 수십 cm급의 정밀한 위치 인식 및 추적을 가능하게 함으로

써 기존의 카메라 기반의 실내 감시 시스템을 보완할 수 있는 기술로 기대되고 있다 [1]. 2002년 4월 미국연방통신위원회(Federal Communication Commission; FCC)의 주파수 할당 및 상업화 승인 이후 IR-UWB 레이더 기술은 연구와 개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 특히 IR-UWB 레이더 기술은 위와 같은 특징들로 인해 다양한 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다[2]. 대표적인 분야로 객체 위치 추정 및 측위[3][4], 사람 검출[5][6], 바이털 사인 모니터링[6] 등의 연구가 진행되고 있다.

*충북대학교 전자통신공학, ** (주) 메티스커뮤니케이션 기술연구소, ***교신저자, 충북대학교 정보통신공학부(kseokkim@cbnu.ac.kr)
접수일자 : 2016년 12월 13일, 최종게재확정일자 : 2016년 12월 19일

IR-UWB 시스템은 수백 Mhz~ 수 Ghz의 대역에 낮은 전력으로 초광대역 특성 및 간섭 특성을 갖고 높은 채널 용량과 다중 경로에 대한 세밀한 분해가 용이해 오차가 수십 cm 이내의 정밀한 무선 측위가 가능하다[7]. 하지만 이러한 정밀한 무선 측위에도 불구하고 다수의 레이더가 아니면 다수의 목표물을 추정하기 어려운 점이 사실이다. 따라서 본 논문에서는 하나의 IR-UWB 레이더를 이용하여 목표물의 개수를 실시간으로 추정해내는 알고리즘을 제안한다. 목표물 반사 신호와 다중 목표물과의 양상을 관찰하여 그 상관관계를 이용해 알고리즘을 설계하고 성능을 제시한다.

이하 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 IR-UWB 레이더 시스템에 대해 설명하고 III장에서는 제안하는 신호 특성 기반의 다중 목표물 추정 알고리즘에 대해 소개한다. 그리고 IV장은 측정된 데이터로 제안한 알고리즘을 통해 도출된 파라미터들의 성능을 분석하고 V장에서는 결론을 맺는다.

II. IR-UWB 레이더 시스템

IR-UWB 레이더 시스템은 송신단의 임펄스 신호 생성부에서 수 나노-수 피코 초의 시간 폭을 갖는 신호를 생성하여 송신부와 송신 안테나를 통해 방사하게 된다. 방사된 신호는 환경에서의 다양한 물체이나 환경에 의해 반사되게 되고 반사된 신호는 수신 안테나 및 ADC(Analog Digital Converter)를 거쳐 디지털 신호로 변환되게 된다. 변환된 데이터는 디지털 신호 처리 과정을 거치게 된다. 이에 대한 블록도는 아래와 같다.

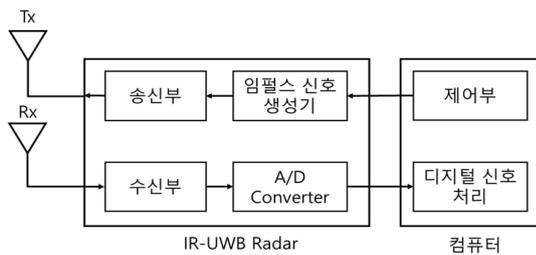


그림 1. 일반적인 IR-UWB 레이더 시스템

수신 신호는 다수의 스케일링 및 시간 지연된 송신 임펄스 신호로 구성되는데 이에 대한 수학적 모델은 아래와 같이 $r(t)$ 로 표현할 수 있다[8].

$$r(t) = \sum_{k=1}^N a_k s(t - \tau_k) + n(t) \quad (1)$$

위 식에서 $s(t)$ 는 송신 임펄스 신호를 의미하며 a_k 및 τ_k 는 k 번째 경로로부터 수신된 임펄스 신호의 크기와 시간 지연

을, $n(t)$ 는 현재 환경의 노이즈 신호를 의미한다. 채널 환경에 따라 수신 신호 $r(t)$ 는 다양한 양상을 보일 수 있으며 이를 분석함으로써 환경 및 필요로 하는 레이더 시스템을 설계할 수 있다.

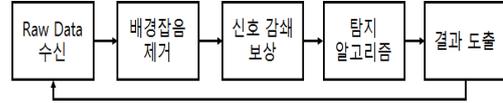


그림 2. 디지털 신호 처리 흐름도

IR-UWB 레이더로 목표물의 거리를 추정하기 위해서는 [그림 2]와 같은 디지털 신호 처리 과정이 필요하다. 우선 변환된 디지털 신호는 수신부로 수신되고 움직임이 없는 배경 잡음 신호들을 제거한다. 클러터 신호 제거 방법은 특이값 분해를 이용하여 클러터 신호를 제거한다. 그 후 거리에 따른 신호의 감쇄를 보상하고 송신신호와 상관도 적용을 진행한다. 거리에 따라 신호의 감쇄를 보상 처리로 신호의 기준을 맞추는 신호 처리를 진행 한다. 또한 Cross-correlation 및 탐지 알고리즘 처리를 진행하고 결과를 도출한다. 도출 후 실시간 처리를 위해 수신부로 돌아가 이 과정을 반복한다.

1. 배경잡음 제거

우선 수신된 디지털 신호에서 배경 신호들을 제거해야한다. 배경 신호들이란 정지된 장애물들의 반사 신호를 말한다. 이러한 정지된 장애물들은 일정 탐지시간동안 같은 신호로 수신된다. 하지만 움직이는 물체는 신호가 움직이기에 이러한 신호의 차이점을 이용하여 배경 신호들을 제거하여 움직이는 물체로부터 반사된 신호를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 이런 방식을 이용한 특이값 분해 기법을 사용한다[9].

IR-UWB Radar는 Tx 안테나에서 Tx 신호를 방사하고 Rx 안테나에서 수신된다. Tx신호가 방사된 후 Rx로 수신되는 시점부터 i^{th} 수신 프레임 r_i 을 구성한다. I번째 수신 프레임은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$r_i = r_{i,c} + r_{i,t} + r_n \quad (2)$$

여기서 $r_{i,c}$ 는 I번째 클러터 신호, $r_{i,t}$ 는 목표물 신호, r_n 는 노이즈 신호로 구성된다.

수신 신호 $R = [r_1, r_2, \dots, r_n]^T$ 로 수신 프레임으로 구성된다. 또한 수신신호 Matrix R은 클러터 R_C , 목표물 R_T 와 노이즈 신호로 분리할 수 있다.

$$R = R_C + R_T + N \quad (3)$$

클러터 신호를 제거하기 위해서 R 을 특이값 분해를 통해 $R = USV^T$ 로 분해한다.

$$[U, S, V] = SVD(R) \quad (4)$$

위 식에서 U 는 $m \times m$ 크기의 직교행렬, V 는 $n \times n$ 크기의 직교행렬, S 는 대각원소들의 집합을 나타낸다.

R 을 'Low Rank Approximation'을 이용하여 R_k 를 생성한다.

$$R_k = \sum_{j=1}^k u_j \alpha_j v_j^T \quad (5)$$

위 식에서 u_j 는 R 의 왼쪽의 j 번째 고유 벡터, v_j^T 는 R 의 오른쪽의 j 번째 고유 벡터, α_j 는 R 의 특이값을 나타낸다. 클러터 R_C 는 (5)식으로 R_k 로 얻는다. 수신신호 R 에서 클러터 R_C 를 제거하여 목표물 R_T 를 생성한다. 도출된 결과 R_T 를 갖고 다음의 신호 처리 과정을 진행한다. [그림 3]은 배경잡음 제거하기 전 수신 신호를 나타내며 [그림 4]는 배경잡음 제거 후 수신 신호를 나타낸다. [그림 4]에 도출된 결과와 같이 배경 잡음이 제거되어 목표물 신호가 도출되는 것을 확인할 수 있다.

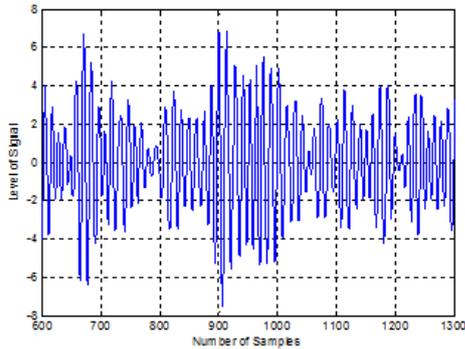


그림 3. 배경잡음 제거 전 수신 신호

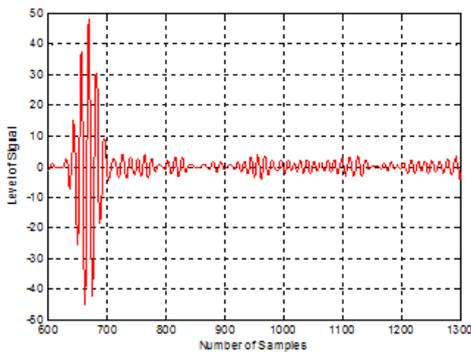


그림 4. 배경잡음 제거 후 수신 신호

2. 신호 보상 처리

목표물을 추정하는 과정에서 IR-UWB 안테나와 목표물의 거리가 멀어질수록 경로손실로 인하여 수신신호의 세기가 약해지는 현상이 발생한다. 이러한 현상은 상대적으로 신호 세기가 강한 가까운 목표물의 신호가 뒤쪽에 위치한 목표

물의 신호보다 더 큰 신호세기를 갖게 됨으로써 목표물 추정에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 정확한 목표물 추정을 위해서는 먼 거리에서 수신된 신호와 가까운 거리에서 수신된 신호사이의 세기 차이를 줄여야한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 신호 보상 처리 과정을 진행한다.

매 수신 신호 프레임을 일정한 거리 간격으로 등분한 뒤, 등분 된 각 블록에 그 거리에 따른 차등 가중치를 할당하여 곱한다. 한 개의 수신신호 프레임을 길이가 N 개의 블록으로 나눈다. 매 프레임은 n 개의 샘플들로 구성되어 있으며, 이 샘플들은 송수신기로부터의 상대적 거리를 나타낸다. 이와 같은 구조로 적용한 신호 처리 과정 수식은 다음과 같다[10].

$$R_k = (B + \sigma K_j) D_k \quad (6)$$

위 식에서 $D = (D_1, D_2, \dots, D_n)$ 는 수신신호 프레임 중 k 번째 샘플의 신호 세기를 나타내고 [그림 5]와 같이 나타낼 수 있다. $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$ 는 k 번째 샘플이 속해있는 블록의 번호를 나타내고 σ 는 가중치, B 는 상수값이다. 따라서 거리에 따른 신호 세기 보정 결과는 $R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$ 이다. 신호 세기 보정 결과 데이터는 [그림 6]에 나타나있다.

[그림 5]에 나온 것과 같이 신호 감쇄 보상을 하기 전 목표물의 신호(960 Sample)가 멀리있어 신호 감쇄가 많아 앞의 노이즈 신호(72 Sample) 보다 신호가 낮은 것을 확인할 수 있다. 하지만 감쇄 보상 후 [그림 6]을 보면 목표물의 신호가 도드라지게 도출되는 것을 확인할 수 있다.

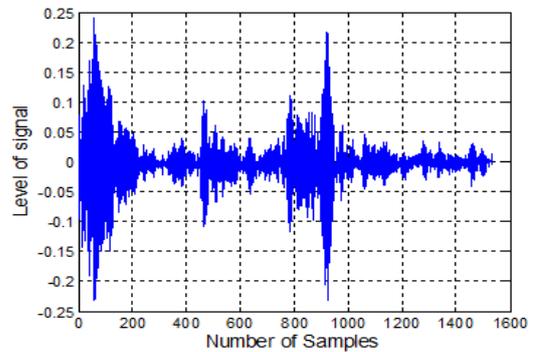


그림 5. 신호 감쇄보상 적용 전

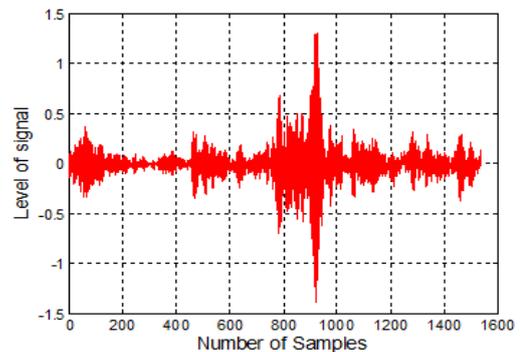


그림 6. 신호 감쇄보상 적용 후

3. 탐지 알고리즘

처리된 신호로 펄스의 위치를 검출하는 데는 Cross-correlation을 필요로 하게 된다. 표적의 반사성분을 수신신호 $r(t)$ 와 송신펄스 $s(t)$ 의 Cross-correlation를 구하고 그 중에 최대값을 만족하는 성분을 표적의 반사성분으로 추정한다[11~12]. Cross-correlation과 표적 최대 반사신호를 다음의 식으로 도출할 수 있다.

$$r_{ps}(t) = r(t) * s(t) = \int r(\tau - t) s(\tau) d\tau \quad (7)$$

$$m_j(i) = \operatorname{argmax}_t |r_{ps}(t)| \quad (8)$$

여기서 r_{ps} 는 송신신호와 수신신호의 cross-correlation이고 $m_j(i)$ 는 i 번째 수신 프레임에서 추정된 목표물의 최대 반사성분의 시간 지연이다. 추정된 표적의 시간지연으로 목표물의 위치를 추정할 수 있으며 그 식은 다음과 같다.

$$distance_i = m_j(i) \times S_{pe} \times c \times \frac{1}{2} \quad (9)$$

S_{pe} 는 초당 보내는 샘플의 수, c 는 빛의 속도를 말한다. 이 식을 통해 측정 위치로부터 목표물의 위치를 추정할 수 있다. [그림 7]은 Cross-Correlation 신호와 최대 반사신호를 나타낸다.

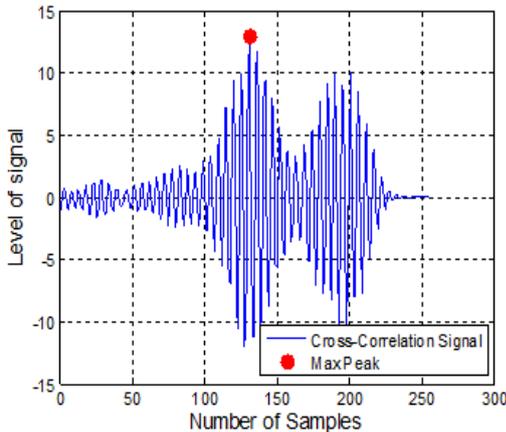


그림 7. Cross-Correlation 및 최대값 목표 도출 처리 결과

Ⅲ. 제안한 신호 특성 기반의 다중 목표물 추정 알고리즘

기존의 IR-UWB를 통해 목표물을 탐지하는 기법은 최대 추정 기법으로 반사신호의 최대 신호를 목표물이라 추정한다.[12] 하지만 최대 신호는 하나만 도출되기 때문에 다중 목표물을 추정할 경우 이 방법은 적용할 수가 없다.

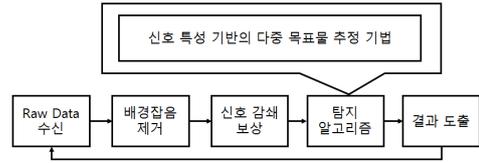


그림 8. 제안하는 디지털 신호 처리 흐름도

따라서 본 논문에서는 다중 목표물을 도출하기 위해 그림 8과 같은 신호의 특성에 따른 다중 목표물 추정 알고리즘과 신호 처리 흐름도를 제안하고 도출된 결과를 분석한다. 제안하는 알고리즘의 흐름도는 [그림 9]과 같다.

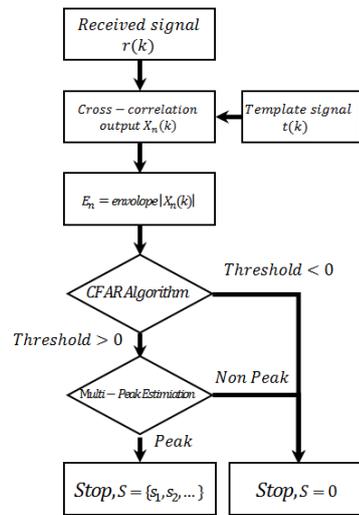


그림 9. 제안하는 알고리즘 흐름도

1. 신호 포락선(Signal Envelope)

단일 매개변수에 따라 정의된 곡선이 있을 때 모든 곡선에 접하는 곡선을 포락선이라 한다. 본 시스템에서 수신된 신호는 반사되는 물체에 따라 불룩한 형태로 나타난다. 이러한 특성을 통해 신호 포락선 처리를 하여 목표물의 수를 추정한다

수신된 신호에서 배경 잡음 제거, 신호 감쇄 보상, Cross-correlation을 적용한다. 그 후 적용된 신호를 신호 포락선 처리한다. 포락선 처리에 따른 식은 다음과 같다.

$$E_s = \operatorname{Max} |r_{ps}(t)| > 0 \quad (10)$$

여기서 E_s 는 포락선 처리된 신호를 말하며 $r_{ps}(t)$ 는 Cross-Correlation 적용된 신호를 말한다. Cross-correlation 적용 신호 및 포락선 처리 신호는 [그림 10, 11]에 나타나있다. [그림 10]의 신호에 신호 포락선 처리를 진행하게 되면 [그림 11]의 결과가 도출이 된다. 신호 포락선 처리된 신호로 다음의 신호 처리단계를 진행한다.

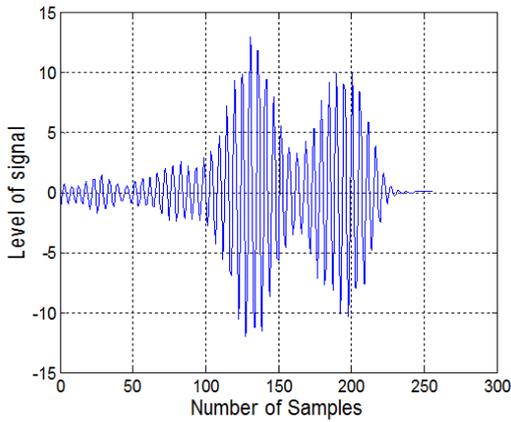


그림 10. Cross-correlation 적용 신호

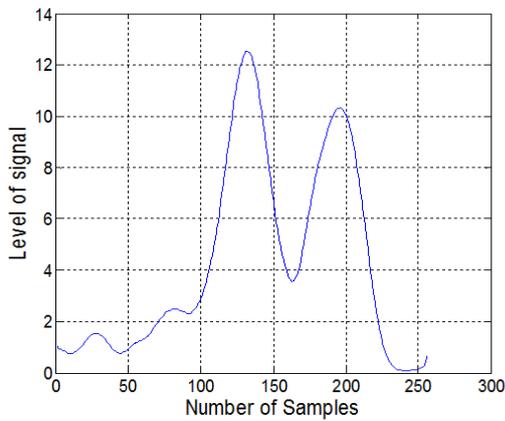


그림 11. 신호 포락선 적용

2. CFAR 알고리즘

본 논문에서는 문턱값을 적용하기 위해 CFAR 알고리즘 중 간단한 구조와 적은 계산량으로 노이즈 신호세가 균질한 환경에서 높은 탐지 확률을 보이는 CA-CFAR (Cell-Average Constant False Alarm Rate)를 사용한다 [13]. CA-CFAR는 레이더에서 목표물의 위치를 파악하는데 많이 이용되어온 알고리즘으로서 적응형으로 문턱값을 정해 수시로 변화하는 환경에서 적응형으로 유효 신호를 판별하는 데 유용하다[14]. [그림 12]는 CA-CFAR의 개념도를 나타낸다.

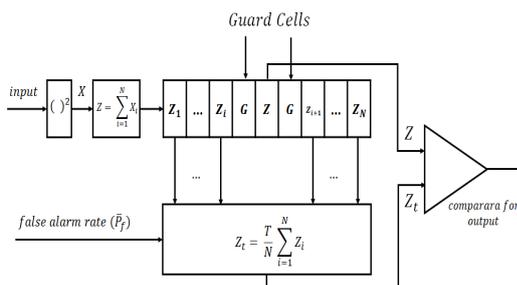


그림 12. CA-CFAR 개념도

CA-CFAR는 분석하고자 하는 신호에 대해서 먼저 자승을 취한 후 일정한 크기를 갖는 셀(Cell)로 나눈다. 그리고 비교하고자 하는 셀 Z와 양평의 가드 셀 G의 값을 제외한 다른 셀들의 전체 평균 전력과 비교하여 상대적인 문턱값을 구하고 문턱값 이상의 값만 출력하도록 한다. 이때 문턱값은 식 (11)에 의해 결정된다.

$$Z_t = \frac{T}{N} \sum_{i=1}^N Z_i \tag{11}$$

위의 식에서 N은 전체 셀의 수이며 Z_i 는 각 셀의 평균 전력이다. T는 문턱값 상수로 식(12)에 의해 결정된다.

$$T = N(\overline{P_f}^{-2/N} - 1) \tag{12}$$

여기서 $\overline{P_f}$ 는 오경보율(False alarm rate)이며 N은 비교하려는 셀과 가드셀을 제외한 전체 셀의 수를 나타낸다.

3. 다중 목표물 추정(Multi-Peak Estimation)

전 과정의 도출한 신호에서 목표 신호를 추정한다. 추정하는 식은 다음과 같다.

$$D_f(k) = \left(\frac{\frac{d}{dk} s_{ca}(k)}{\max \left| \frac{d}{dk} s_{ca} \right|} \right) \tag{13}$$

$$D_e(k) = \begin{cases} 1 & D_f(k) = 1 \\ -1 & D_f(k) = -1 \\ 0 & else \end{cases} \tag{14}$$

$$P_e = \begin{cases} T(k) & \left(\frac{d}{dk} D_e(k) = 2 \right) \\ else & \end{cases} \tag{15}$$

$$distance_p = P_e \times S_{pc} \times c \times \frac{1}{2} \tag{16}$$

위 식(13)에서 S_{ca} 는 CA-CFAR에서 비교된 신호이며 D_f 는 미분값, k는 각 신호의 Sample을 나타낸다. 식(14)에서 D_e 는 D_f 에 따른 값을 말하며 T는 목표물을 나타낸다. 또한 식(15)의 P_e 는 제한한 알고리즘의 결과, 식(16)의 $distance_p$ 는 알고리즘을 통해 추정되는 각각의 목표물 거리를 나타낸다.

수신된 신호의 기울기를 양수와 음수로 나누고 나눈 신호에 기울기를 다시 또 나눈다. 그 기울기로 인해 입력 신호를 기울기에 따른 신호로 도출한다. 목표물의 반사 신호들은 양에서 음으로의 급격한 기울기를 보인다는 특성을 이용하여 다중의 목표물을 추정하고 도출한다. [그림 13]은 포락선 신호에 CA-CFAR의 문턱값과 다중 목표물 추정된 결과값을

나타낸다. 포락선 신호에서 CA-CFAR 문턱값 보다 신호 세기가 큰 2개의 Peak값이 존재한다는 것을 확인할 수 있다. 따라서 [그림 13]의 신호는 2개의 목표물을 도출한다.

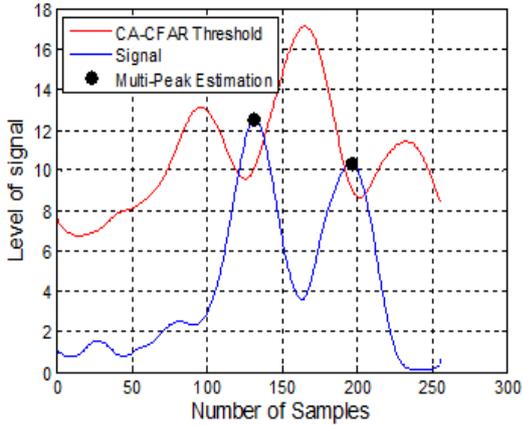


그림 13. CA-CFAR 문턱값과 다중 목표물 추정 결과

IV. 모의 실험 결과 및 분석

본 논문의 목표는 다중 목표물 추정에 있으므로 신호 처리 과정은 [9][10][12]을 참고 하여 다중 목표물의 거리를 추정하였다. 실험을 측정하기 위해 Novalda사의 IR-UWB 모듈 하나를 사용하여 실험을 진행한다. 모듈의 Kit 이름은 NVA-R661이며 성능은 [표 1]에 제시되어 있다. 전송되는 주파수의 범위는 6~8.5 GHz이며 평균 송신 파워는 -12.6 dBm으로 전송된다. 초당 전송되는 샘플의 수는 3.6×10^6 개이며 안테나는 Sinuous Antenna를 사용한다. [그림 14]는 측정을 위해 구성된 공간의 측정 환경을 나타낸다. 1번과 2번 물체가 존재하고 제안된 알고리즘에 의해 도출되는 목표물의 수와 거리를 추정한다. 실험 환경은 약 $1m^2$ 의 측정 환경에서 0.53m, 0.78m의 위치한 물체들을 추정한다.



그림 14. 측정 환경

표 1. NVA-R661 제원

Items	Value
Output Frequency Range	6 Ghz ~ 8.5 Ghz
Mean Output Power	-12.6 dBm
Sample For Second	3.6×10^{-6}
Antenna Type	Sinuous Antenna
Beamwidth	40° with lens, 80° without lens

최대값을 이용한 목표물 도출 결과와 위의 제안한 알고리즘으로 실시간에 대해 도출한 결과는 [그림 15]로 나타낸다. [그림 15]를 보면 최대값을 이용한 목표물 도출 결과는 하나의 목표물만 인식하는 반면 제안한 다중 목표물 추정 알고리즘은 여러 물체를 도출한 결과가 나타나있다. 다만 여러 물체만 인식할 뿐 정확하게 몇 개인지 도출하지 못하는 점이 보인다. 이를 해결하기 위해 문턱값을 CA-CFAR 기법을 통해 지정하고 그로 인해 제안한 기법을 적용한 결과 두 기법에 비해 정확한 성능의 결과[표 2]를 얻었다.

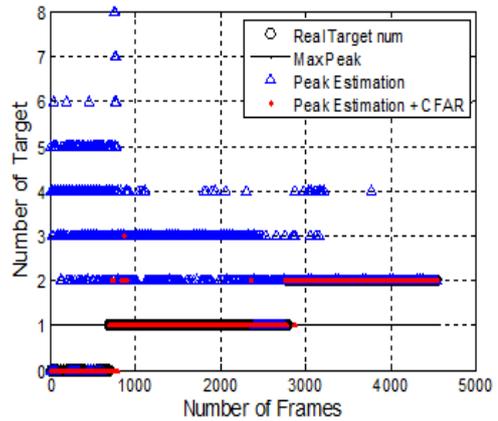


그림 15. 실시간 다중 추정 결과

표 2. 목표물 수에 따른 MSE(Mean Square Error)

	Zero Target	One Target	Two Target
Max Peak	1	0	1
Multi-Peak Estimation	13.915	3.105	0.053
Multi-Peak Estimation + CFAR	0.001	0.061	0.005

[표 2]는 각각의 알고리즘과 목표물의 수에 따른 평균 제곱 오차(MSE)를 보여준다. 보이는 것과 같이 최대값 추정 기법은 목표물이 없을 경우와 2개 있을 경우 모두 1이라는 결과를 얻는다. 이는 모든 목표물이 1개로 추정되기 때문에

이러한 결과가 도출된다. 다중 목표물 추정 알고리즘은 목표물이 0개 일때는 13.915의 큰 MSE를 갖지만 목표물이 2개 일때는 0.053의 작은 MSE가 도출되는 것을 확인 할 수 있다. 이는 문턱값을 설정하지 않고 도출하다보니 목표물의 수가 적고 신호가 적을 경우 정확하게 추정되지 않는 문제점이 있다. 다중 목표물 추정 알고리즘과 CFAR 알고리즘을 결합한 제시 방안은 목표물의 개수를 다른 알고리즘 보다 정확하게 도출이 되었다. 이는 다중 목표물 추정 알고리즘에 문턱값을 정해줌으로서 노이즈 신호를 제거하고 목표물의 신호를 보다 정확하게 도출한다.

V. 결론

본 논문에서는 IR-UWB로 다중 목표물의 추정에 대해 연구를 진행하고 IR-UWB 모듈 하나로 다중 목표물의 위치와 수 추정을 위한 알고리즘을 제시하였다. 기존의 최대값을 이용한 추정 방식은 단일 목표물을 추정할 수 있지만 다중의 목표물을 추정하기 어렵다. 보통은 기존 방식을 이용하여 목표물을 추정하고 다중의 모듈을 이용하여 여러 목표물을 추정하는 방식을 이용한다. 하지만 본 논문에서는 모듈 하나로 다중의 목표물을 추정하는 알고리즘에 대해 제시한다. 신호의 특성을 이용한 다중 목표물 추정 알고리즘으로 반사되는 신호는 Peak값을 가지고 있다는 점을 이용하여 다중의 목표물을 추정한다. 하지만 이 알고리즘은 노이즈에 의한 목표물 추정이 힘들다. 따라서 본 논문에서는 제안하는 알고리즘에 CA-CFAR 알고리즘을 합쳐 보다 정확한 목표물 수 추정 알고리즘을 제안한다. 실험 측정 1m 내에서 다중의 목표물을 설정하고 기존의 기법과 제안하는 알고리즘의 성능 차이를 보였다. 기존의 기법은 한 목표물만 추정하는 반면 제안하는 알고리즘은 다중의 목표물을 정확하게 추정하는 것을 확인할 수 있다. 기존의 기법은 하나의 목표물만 추정하다보니 평균 제곱 오차가 1이 나오는 반면 다중 목표물 추정 알고리즘은 약 0.05의 결과가 나오는 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서 제시한 기법은 하나의 IR-UWB 모듈 환경에서 다중의 목표물을 추정 및 응용에 적용할 수 있을 것이라 기대된다.

참고 문헌

[1] I. Immoreev and P. Fedotov, "Ultra wideband radar systems: advantages and disadvantages", in Proc. IEEE Ultra Wideband Systems and Technologies Conf., Baltimore, MD, pp.201-205, May 2002.

[2] 김창환, 2008, "UWB 무선통신 기술 동향", 정보통신연구진흥원, 주간기술동향 통권, 1345호

[3] Zhang, T.T., Zhang, Q.Y., Xu, H.G. and Zhang, H. (2013), A

Practical Ranging Method Using IR-UWB Signals. 2013 9th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Sardinia, 1-5 July 2013, pp. 1839-1844.

[4] Choi, J.W. and Cho, S.H. (2013) A New Multi-human Detection Algorithm Using an IR-UWB Radar System. 2013 Third International Conference on Innovative Computing Technology (INTECH), London, 29-31 August 2013, pp. 467-472.

[5] Li, Z., Li, W.Z., Lv, H. Zhang, Y., Jing, X.J. and Wang, J.Q. (2013) A Novel Method for Respiration-Like Clutter Cancellation in Life Detection by Dual-Frequency IR-UWB Radar. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 61, pp. 2086-2092.

[6] Schleicher, B., Nasr, I., Trasser, A. and Schumacher, H. (2013) IR-UWB Radar Demonstrator for Ultra-Fine Movement Detection and Vital-Sign Monitoring. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 61, pp. 2076-2085.

[7] X. Yin, B. H. Fleury, P. Jourdan, and A. Stucki, "Polarization estimation of individual propagation paths using the SAGE algorithm," in Proc. the 14th IEEE 2003 International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication, vol. 2, 7-10 Sep. 2003. K. Siwiak and D. Mckeown, Ultra-Wideband Radio Technology, John Wiley & Sons, pp. 1795-1799, 2004.

[8] Jeong Woo Choi; Sung Ho Cho, "A new multi-human detection algorithm using an IR-UWB radar system," Innovative Computing Technology (INTECH), 2013 Third International Conference on , vol., no., pp.467,472, 29-31 Aug. 2013.

[9] 백인석, 정문권, 조성호. "IR-UWB 레이더 시스템에서 특이값 분해를 이용한 클러터 신호 제거 알고리즘의 연산속도 향상 기법." 한국통신학회논문지, 38.1 (2013.1): 89-96.

[10] 김진호, 백인석, 조성호. (2012.2). IR-UWB에서 수신거리에 따른 신호세기 감쇄보상 알고리즘. 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 282-283.

[11] S. M. Yano, "Investigating the ultra-wideband indoor wireless channel," in Proc. IEEE Veh. Technol. Soc., Conf. (VTC) Spring, vol. 3, pp. 1200-1204, May. 2002.

[12] 박요한, 김남문, 김영익. (2016.1). IR-UWB 레이더 신호의 Peak 값을 이용한 거리 추정 기법. 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 189-190.

[13] D. Urdzik and D. Kocur, "CFAR Detectors for through wall tracking of moving targets by M-sequence UWB radar", Radioelektronika International Conf., pp. 1-4, Apr. 2010.

[14] 홍석근, 김병현, 정락교, 광경섭, "무인 퀘드 차량의 안전성 제고를 위한 UWB 레이더 기반 적응형 CFAR 알고리즘", 한국 ITS학회 논문지, 제 12권, 제 1호, pp. 28~42. 2013년 2월

저자

여 봉 구(Bong-Gu Yeo)



- 2015년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 공학사
- 2015년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과 통신공학과 석사과정

<관심분야> : 위성 통신 분석, 무선 통신 암호화 알고리즘, IR-UWB 레이더 신호처리

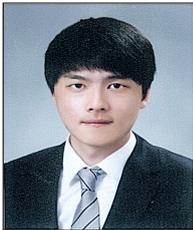
이 병 진(Byung-Jin Lee)



- 2013년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 공학사
- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과 통신공학과 석박사 통합과정

<관심분야> : 가시광 통신, Cognitive Radio, 전력선 통신, MIMO-OFDM

김 승 우(Seung-Woo Kim)



- 2015년 2월 : 한남대학교 정보통신공학과 공학사
- 2015년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과 통신공학과 석박사 통합과정

<관심분야> : 전파통신, 위성통신, 전파신호처리, IR-UWB 레이더 신호처리

염 문 진(Mun-Jin Youm)



- 2006년 2월 : 한국산업기술대학교 공학사
- 2009년 2월 : 한국산업기술대학교 공학 석사
- 2009년 2월 ~ 2011년 1월 : (주) 넷비전 텔레콤 전임연구원

· 2011년 1월 ~ 2015년 6월 : (주) 오피트 전임연구원
 · 2016년 7월 ~ 현재 : (주) 메티스커뮤니케이션 전임연구원
 <관심분야> : 전력선 통신, 물체 인식, 전파신호처리, IR-UWB 레이더 신호처리

김 경 석(Kyungseok Kim)



- 1989년 1월 ~ 1998년 12월 : 한국전자통신연구원 무선통신연구단 선임연구원
- 1999년 1월 ~ 2002년 3월 : University of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원 졸업(공학박사)

· 2002년 2월 ~ 2004년 8월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

· 2004년 9월 ~ 2005년 2월 : 전북대학교 생체정보공학부 전임강사

· 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 부교수
 <관심분야> : 5G Massive-MIMO, 전파채널모델링, 위성보안망분석, Cognitive Radio, 전력선통신, 가시광통신, 디지털라디오, 전파감시/관리시스템