

논문 2016-53-7-10

유한 상태 머신 기반 레이더 신호의 펄스 반복 주기 검출 알고리즘

(A Detection Algorithm for Pulse Repetition Interval Sequence of
Radar Signals based on Finite State Machine)

박 상 환*, 주 영 관**, 김 관 태**, 전 중 남***

(Sang-Hwan Park, Young-Kwan Ju, Kwan-Tae Kim, and Joongnam Jeon[Ⓞ])

요 약

레이더 시스템은 방사 신호의 탐지를 회피하기 위해 펄스 반복주기(PRI, Pulse Repetition Interval)와 PRI 패턴을 변조하고 있으며, 반대로 레이더 신호 탐지 시스템은 다양한 노력을 기울여 PRI와 PRI 패턴을 감지하려고 한다. 일반적으로 레이더 신호의 PRI 패턴을 검출하기 위해 펄스열의 도착시각에 대한 히스토그램 또는 자기 상관관계 기법으로 펄스 변조를 검출하고 있다. 본 논문에서는 유한 상태 머신 개념을 도입하여 펄스 반복주기를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 PRI 순서와 PRI 패턴을 찾을 수 있는 특징이 있다.

Abstract

Typically, radar systems change the pulse repetition interval of their modulated signal in order to avoid detection. On the other hand the radar-signal detection system tries to detect the modulation pattern. The histogram or auto-correlation methods are usually used to detect the PRI pattern of the radar signal. However these methods tend to lost the sequence information of the PRI pulses. This paper proposes a PRI-sequence detection algorithm based on the finite-state machine that could detect not only the PRI pattern but also their sequence.

Keywords : PRI(Pulse Repetition Interval), PDW(Pulse Description Word), DTOA(Difference Time Of Arrival), Finite State Machine, Radar Signal

I. 서 론

최근의 전자전에서 전자전 지원 시스템(Electronic Warfare Support System)은 레이더 신호를 탐지하여 신호를 방사한 신호원의 제원을 식별하고 피아를 구분하는 기능을 수행하며 전쟁의 승패를 좌우하는 중요한 요소가 되고 있다^[1].

근래의 레이더 시스템은 레이더 신호에 대한 노출을 최소화하기 위해 방사 신호의 펄스 형태를 다양화하고 있다. 이러한 레이더 시스템을 인식해야 하는 전자전 지원 시스템은 다양한 펄스 반복주기(PRI: Pulse Repetition Interval)를 검출하여 피아 식별을 수행해야 한다^[2, 3, 4, 14].

초기의 레이더 방사 신호는 아주 단순한 형태의 PRI를 사용하였으나, 최근 레이더의 방사 신호는 복잡한 형태의 PRI를 사용하고 있다.

레이더의 복잡한 PRI를 검출하는 대표적 관련 연구를 살펴보면, PRI의 인식을 위해 n 차 차분 히스토그램과 자기 상관관계 등의 기법을 활용하고 있다^[8, 9, 10].

먼저 CDIF (Cumulative Difference Histogram)와 SDIF (Sequential Difference Histogram) 히스토그램^[5]

* 학생회원, ** 정회원, *** 평생회원 충북대학교 컴퓨터 과학과 (Dept. of Computer Science, Chungbuk National University)

[Ⓞ] Corresponding Author (E-mail : joongnam@cbu.ac.kr)

※ 이 논문은 2015년도 충북대학교 학술연구지원사업의 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

Received ; April 5, 2016

Revised ; June 15, 2016

Accepted ; July 4, 2016

기법은 펄스열의 첫 번째 TOA(Time Of Arrival)에서 마지막 TOA까지 차분 레벨을 증가시키면서 히스토그램을 만든 후 각 차분 레벨에서 구해진 히스토그램 값과 정의된 문턱값을 비교하여 PRI를 검출한다.

펄스열의 2차 차분을 이용한 2단 Stagger 신호 식별 기법^[8, 10]은 각 PDW (Pulse Description Word)의 DTOA (Differential Times Of Arrival)를 구하고 표준편차와 평균값을 계산하여 PRI를 식별한다. 1차 차분으로 식별되지 않는 Stagger PRI같은 신호는 다시 2차 차분을 사용하여 찾아내는 방법이 있다.

EP (Electric Warfare Protection) 레이더의 D&S (Dwell&Switch) PRI와 Stagger PRI 신호식별 알고리즘^[9]은 자기 상관관계를 이용한 레이더 신호분석 기법을 이용하여 고정 펄스열과 다른 주기의 펄스 반복간격을 4단계까지 인식할 수 있음을 보였다. 기존의 연구에서 제시한 PRI 검출기법은 수학적 통계처리만을 사용하여 PRI를 찾아내고 있다^[6~10]. 펄스 간격에 대한 히스토그램을 사용하는 기법^[10]은 히스토그램 결과에 펄스 순서 정보가 없어지는 단점이 있고, 자기상관 관계를 사용하는 기법^[8, 9, 15]은 반복주기의 시작점을 알아 낼 수 있지만, 그 후에 순서 정보를 다시 추출해야 한다.

본 연구에서는 기존 펄스 반복주기 연구에서 시도되지 않은 유한 상태 머신을 활용한 펄스 반복주기 검출 알고리즘을 제안한다. 이 방법은 상태의 변화를 추적하기 때문에 펄스열의 순서 정보를 보존할 수 있으며, 더욱 더 정확한 레이더 식별을 가능하게 만든다.

II. 관련 연구

2.1. 펄스 반복주기(PRI) 패턴^[8~10]

PRI 패턴은 시간 순서대로 정렬된 펄스열을 대상으로 직전 PDW와 현재 PDW의 도착 시각 차이(DTOA)로 계산하여 펄스 간격별로 누적된 형태를 분석하여 찾는다. 고정 PRI는 DTOA가 모두 같은 펄스 간격 값을 갖고 있어 그림1(a)와 같이 DTOA 누적 히스토그램에 한 개의 성분만 표시된다. 스테거 PRI(Stagger PRI)는 n개의 DTOA가 주기적으로 반복하여 그림1(b)와 같이 n개의 펄스간격 값이 균등하게 누적된다. 지터 PRI(Jitter PRI)는 일정한 패턴이 없고 기준 DTOA를 중심으로 ± 변위값(δ)을 더한 펄스 간격 값으로 표시된다. 지터의 DTOA 누적 히스토그램은 기준 DTOA±δ만큼의 여러 펄스간격이 분산되어 그림1(c)와 같이 누적된다.

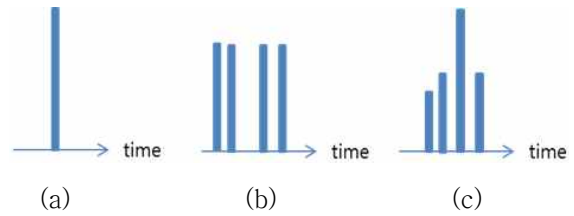


그림 1. PRI 패턴과 DTOA 누적그래프
(a) 고정 (b) 스테거 (c) 지터

Fig. 1. PRI Patterns and DTOA histograms
(a) Stable (b) Stagger (c) Jitter

2.2 순차 회로인 계수기의 유한 상태 머신^[11,12]

순차 회로는 논리회로의 중요한 분야 중 하나이다. 순차 회로는 일정한 상태를 반복하여 동작하는 회로이다. 특히 계수기는 일정한 상태를 반복해서 동작하여 숫자를 증감시키는 기능을 수행한다. 계수기의 숫자 증감을 구현할 때 아래와 같이 계수기의 상태변화를 표시하기 위해 유한 상태 머신을 활용한다. 계수기의 유한 상태 머신은 숫자(S₁, S₂, ..., S_n)를 나타내는 노드와 다음 상태로 전이됨을 표시하는 화살표로 구성한다.

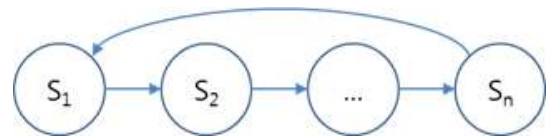


그림 2. 계수기의 유한 상태 머신
Fig. 2. The finite state machine of counter.

계수기(counter)의 상태는 현재상태(current state), 다음상태(next state)로 식(1)과 같이 기술한다.

$$\text{counter} = \{\text{current state}, \text{next state}\} \quad \text{식(1)}$$

계수기는 다음상태를 결정하는 함수에 현재상태(current state)를 입력하면 다음상태(next state)를 얻는다. 입력과 출력의 관계를 식으로 표현하면 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{next state} = \text{function}(\text{current state}) \quad \text{식(2)}$$

유한 상태 머신을 활용해 반복적인 숫자 누적을 표시한 계수기의 상태변화를 정확히 파악할 수 있다.

III. 펄스 반복주기 검출 알고리즘

3.1 PRI 유한 상태 머신

수집한 레이더 펄스열에서 신호의 특징을 찾기 위해

펄스 반복주기를 표시하는 펄스의 상태를 유한 상태 머신으로 정의한다. 한 개의 상태는 펄스 반복주기(PRI)와 반복 횟수(run)로 구성되고 식(3)과 같이 표시한다.

$$\text{State} = \{ \text{PRI}, \text{run} \} \quad \text{식(3)}$$

펄스 반복주기의 변화를 유한 상태 머신으로 나타내려면 각 펄스 반복주기는 노드로 표시하고 다음상태는 화살표로 표시하면 된다.

수집된 펄스열에 포함된 펄스 반복주기를 유한 상태 머신으로 표시할 수 있는 예를 아래에 제시하였다.

예) 100, 100, 120, 120, 100, 100, 120, 120, ...

이 예시는 D&S PRI의 펄스열의 일부분이다. 펄스열의 펄스 반복주기(PRI)는 굵은 글씨체로 나타낸 100, 100, 120, 120 부분이다.

예시의 D&S 펄스열에 대한 PRI 상태는 {100/1, 100/2, 120/1, 120/2}로 표시할 수 있다. D&S 펄스열의 상태와 변화를 유한 상태 머신으로 도시하면 그림3과 같다.

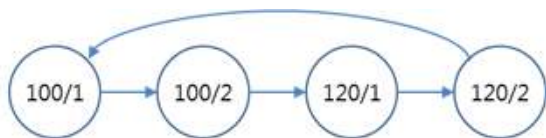


그림 4. D&S PRI 유한 상태 머신
Fig. 4. The finite state machine of Stagger PRI.

D&S PRI 유한 상태 머신은 정해진 반복 구간에만 적용할 수 있어 복잡한 PRI가 발생하는 경우에는 적용이 어렵다.

현재의 PRI 유한 상태 머신의 이전상태, 현재상태, 다음상태를 한 개의 상태로 묶고 한 개의 PRI 상태로 재정의하면 복잡한 반복 구간을 갖는 경우에도 PRI 상태 변화를 파악할 수 있게 된다.

먼저 연속된 세 개의 펄스열을 이전상태(prev/run), 현재상태(curr/run), 다음상태(next/run)로 구성된 하나의 상태로 정의한다. run은 3개의 상태에 모두 포함되어 있으나 모두 나타낼 필요가 없다. 반복 횟수는 현재 상태에 대한 반복횟수만 저장하고, 이전상태와 다음상태에서는 생략한다. 재정의한 PRI상태를 도시할 때 현재 상태의 횟수만 남기고 도시하면 그림4와 같이 표시된다.

연속된 3개의 PRI를 하나의 상태로 정의하면 PRI 상태는 재정의한 PRI 상태{prev, curr/run, next}로 표시한다. 그 다음 PRI 상태의 빈도를 누적할 수 있는 count를 추가한다.

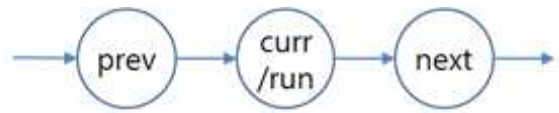


그림 5. PRI 상태 표시
Fig. 5. Display the state of Continuous PRI.

PRI 상태는 count를 포함하여 상태 표기로 나타내면 {prev, curr/run, next, count}와 같다. 이렇게 정의한 PRI 상태는 현재 PRI를 중심으로 이전, 이후의 PRI를 찾을 수 있어 PRI 순서를 파악할 수 있다.

3.2 PRI 순서표(Sequence Table)

PRI 순서표는 3.1절에서 정의한 PRI 상태로 분석할 펄스열을 변환한 PRI 상태 목록을 의미한다. 이 목록은 분석할 펄스열이 DTOA를 기준으로 정렬한 뒤 PRI 상태로 변환된 목록이다. PRI 상태는 각 PRI 상태의 전후 정보와 각 PRI 상태의 빈도를 갖고 있다. 분석하는 펄스열의 PRI가 단일 신호이면 PRI 상태 누적빈도는 비슷한 값을 갖는다. 이러한 PRI 상태의 누적 빈도가 문턱값의 범위에 존재하는 경우 같은 신호로 판단하고 PRI 순서를 검색하면 PRI 패턴을 판단할 수 있다.

D&S 펄스열이 아래 예와 같이 주어진 경우에 PRI 상태 목록을 생성하는 과정을 살펴본다.

예) 3, 3, 5, 5, 5, 3, 3, 3, 5, 5, 5, 3, 6(3miss), 5, 5, 5, ...

D&S 펄스열은 두 번째 3부터 관측되었다. 펄스열의 6은 3, 3 으로 관측하지 못하고 3의 관측이 한번 누락된 상황이다. 이 펄스열은 DTOA를 기준 오름차순으로 정렬되었다고 가정한다.

그림5의 PRI 순서표는 펄스열에서 3, 3, 5, 5, 5까지의 구축과정을 나타낸 것이다.

1) {3, 3/2, 5}는 이전에 3이 있고 현재 두 번째 3이 입력되어 3이 두 번째 나타나 횟수 2가 된다. 이후에 5가 나타난 상황이 처음으로 생성됨을 나타낸다.

3, 3, 5, 5, 5,, 3, 5, 5, 5, 3,, 5, 5, 5, 3, 3, ...
{3, 3/2, 5} = 1	{3, 3/2, 5} = 1 {3, 5/1, 5} = 1	{3, 3/2, 5} = 1 {3, 5/1, 5} = 1 {5, 5/2, 5} = 1

그림 6. PRI 순서표 구축 과정
Fig. 6. PRI Sequence Table Building Process.

2) {3, 5/1, 5}는 이전에 3이 있고 현재 첫 번째 5가 입력되어 5가 출현한 횟수가 1이 된다. 이후에 5가 나

타난 상황이 처음으로 생성됨을 나타낸다.

3) {5, 5/2, 5}는 이전에 5가 있고 현재 두 번째 5가 입력되어 5가 출현한 횟수가 2가 된다. 이후에 5가 나타난 상황이 처음으로 생성됨을 나타낸다.

위와 같은 과정이 반복되어 아래표가 완성된다.

그림 8. PRI 순서표
Fig. 8. PRI Sequence Table.

누락펄스가 발생한 경우는 그림 7과 같이 PRI 순서표를 구축한다. 그림 7은 그림 6에 도시된 PRI 순서표의 일부분이다.

1) {5, 3/1, 6}은 이전에 5가 있고 현재 첫 번째 3이 입력되어 3이 나타나 횟수 1이 된다. 이후에 6이 나타난 상황이 처음으로 생성됨을 나타낸다.

2) {3, 6/1, 5}는 이전에 3이 있고 현재 첫 번째 6이 입력되어 1이 출현한 횟수가 1이 된다. 이후에 5가 나타난 상황이 처음으로 생성됨을 나타낸다.

3) {6, 5/1, 5}는 이전에 6이 있고 현재 첫 번째 5가 입력되어 5가 출현한 횟수가 1이 된다. 이후에 5가 나타난 상황이 처음으로 생성됨을 나타낸다.

그림 9. PRI 순서표 구축 과정(누락)
Fig. 9. PRI Sequence Table Building Process(missing).

<PRI 순서 검출 알고리즘>

```

//순서표 생성
// 상태: { prev, curr, run, next, count }
// 초기화
prev = curr = next = -1;
run = count = 0;
// 펄스열의 각 dtoa에 대하여 do~while문 실행
do {
prev = curr;
curr = next;
Run = (prev == curr) ? run+1 : 1;
// {prev, curr/run, next} 중 count 가장 큰 next
상태를 찾음.
if (next 상태) // 다음상태가 존재하면
{prev, curr/run, next} = count
priPeriodIndex에 next 상태를 저장
else // 존재하지 않으면
순서표에 새 node를 추가
} while (next != start); //펄스열의 끝인지 확인

//순서표 주기성 확인
[nNodesInPerid/{그룹의 PDW의 수} > 임계치]
priPeriodIndex = { 주기가 형성된 PRI 상태의 인
덱스 열 }
if(priPeriodIndex ==0){
주기가 형성됨
else
주기를 만들 수 없음
}
    
```

PRI 순서표 구축과정에 누락이 발생한 경우에도 각 PRI 상태의 전후 정보와 각 PRI 상태의 빈도를 갖고 있다. 분석하는 PRI가 단일 신호원이면 PRI 상태 누적 빈도는 정해진 문턱값과 큰 차이가 발생한다. 그러므로 단일 신호의 기준인 누락 빈도를 만족하지 않아 해당 동일한 신호원으로 포함하지 않고 PRI 패턴을 분석한다.

3.3 펄스 반복 주기 검출 알고리즘

펄스 반복주기 검출은 PRI 순서표를 해석하여 PRI 패턴을 인식한다. 만약 n개의 상태로 구성된 사이클을 k번 수행하였다면, PRI 순서표에는 n개 이상의 PRI 상태 count 누적이 만들어지고 각 상태의 빈도는 k개 이하가 된다. 이 패턴은 DTOA에 유효한 PRI 개수와 DTOA간의 주기성을 알 수 있는 priPeriodIndex의 유무에 따라 판단한다.

PRI 상태가 없다면 펄스 반복 간격이 다양한 PRI들이 섞여 존재하고 있는 경우에 PRI 전후의 순서를 정확히 알 수 없다. 하지만 제안한 알고리즘에서는 PRI 상태의 자료구조로 전후의 정보를 저장하고 있어 정확히 알 수 있다.

누적 그래프에 나타난 유효 PRI가 한 개이면 고정 PRI로 인식하고, DTOA에 주기성이 존재하면 스테거 PRI로 인식한다. DTOA에서 주기성을 찾을 수 없다면 지터 PRI로 판단한다.

IV. 실험

제안하는 펄스 반복주기 검출 알고리즘의 검증은 위해 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이터의 개발환경은 CPU I7 3.4기가, RAM 8기가, 1테라의 저장 장치로 구성된 하드웨어와 운영체제 Win8.1, 개발도구 Visual Studio 2010의 소프트웨어를 사용하였다.

시뮬레이터의 검증을 위하여 고정 PRI, 스테거 PRI, 지터 PRI가 혼합된 펄스열을 생성하였다. 생성한 입력 펄스열은 65,000개 이상의 TOA를 포함하였고 TOA의 오차는 각 PRI의 $\pm 5\%$ 범위에서 생성하였다.

그림8은 PRI 순서 검출 알고리즘의 검증하기 위해 만든 시뮬레이터이다.

No	Count	Stat	Band	Freq	Dir	PW	TOA
1	26031	0	1	146...	006.00/010.90	1/1/1	93151453.00/12279735.90 296.90/60...
2	27309	0	0	399...	020.74/023.91	1/1/1	93151724.50/112279181.00 1000.00/70...
3	2	0	1	164...	008.79/008.79	1/1/1	93294553.45/93536453.40 31999.95/3...
4	3	0	1	164...	008.79/008.79	1/1/1	93512453.00/93594452.80 4000.00/40...
5	2	0	1	164...	008.79/009.49	1/1/1	93704452.55/93821452.30 116999.75/...
6	2	0	1	164...	008.79/009.49	1/1/1	93983451.95/94005451.90 219999.95/2...
7	2	0	1	164...	008.79/009.94	1/1/1	94095451.00/94306451.20 250999.40/...
8	4	0	1	164...	008.79/009.49	1/1/1	94320451.20/94419451.00 28000.00/30...
9	2	0	1	164...	008.79/009.94	1/1/1	94547450.70/94823450.50 81999.90/8...
10	2	0	1	164...	009.49/009.84	1/1/1	94672450.40/94704450.35 31999.95/3...

그림 11. PRI 순서 검출 프로그램
Fig. 11. PRI Sequence Detection Program.

그림9, 그림10, 그림11은 PRI 순서 검출 프로그램에 입력된 펄스열을 처리하여 출력한 결과를 고정 PRI, 스테거 PRI, 지터 PRI 순서로 도시하였다.



그림 12. 고정 PRI 순서 검출 프로그램
Fig. 12. Stable PRI Sequence Detection Program.

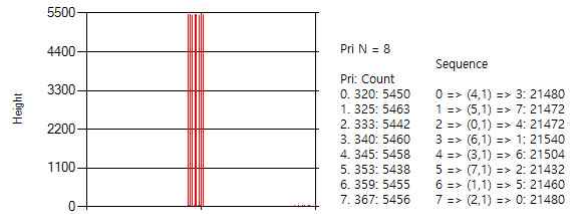


그림 13. 스테거 PRI 순서 검출 프로그램
Fig. 13. Stagger PRI Sequence Detection Program.

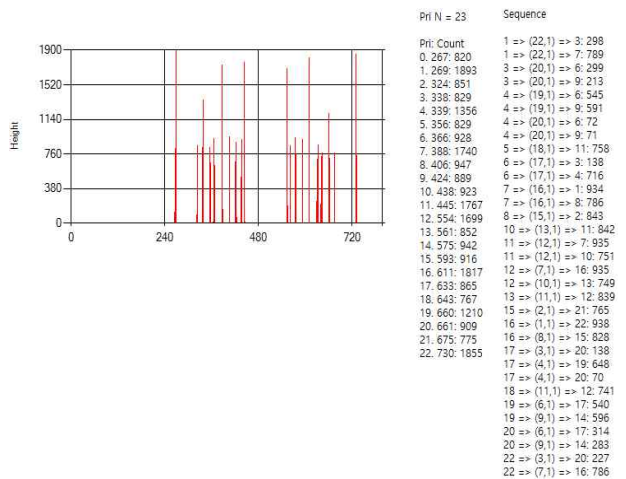


그림 14. 지터 PRI 순서 검출 프로그램
Fig. 14. Jitter PRI Sequence Detection Program.

결과화면은 PRI 패턴의 그래프와 패턴 내의 PRI 개수(Pri N), 각 PRI의 누적개수(Pri:Count), PRI의 검출 순서(Sequence)를 표시하였다.

그림 9는 65,000개 이상의 펄스열 신호가 시뮬레이터에 입력되어 고정된 PRI 700인 상태에 21,254개가 독립되어 누적되어 고정 PRI로 관찰되었다.

그림 10은 65,000개 이상의 펄스열 신호 중 21,254개를 제외한 4만개 이상이 8개의 PRI 상태가 검출되어 8단 스테거로 검출되었고, 검출된 PRI의 반복 순서는 그림10의 오른쪽 Sequence에 표시하였다.

마지막으로 지터 PRI는 중심 주파수를 기준으로 좌우로 시간의 변이가 있는 신호와 고정 PRI가 혼합된 신호를 입력하였다. 시뮬레이터의 결과는 고정 PRI와 지터 PRI 파형을 분리하여 출력하였다. 고정 PRI는 그림9와 같은 형태이므로 생략하였고, 지터 PRI만 그림 11에 결과를 도시하였다. 그림 11에서와 같이 지터 PRI는 PRI가 20이상 나타나고 반복 순서도 불규칙한 결과를 관찰할 수 있었다.

본 실험을 통해 입력된 펄스열의 PRI 순서 주기성을 파악할 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

기존 연구에서는 다양한 PRI 패턴을 검출하기 위해 펄스의 도착시각의 차이를 활용한 통계적 처리를 기반으로 n차 차분 히스토그램, 자기 상관관계 등의 알고리즘을 사용해 검출하였다.

본 연구에서는 유한 상태 머신을 적용한 PRI 순서 검출 방법을 제시하였다. PRI 펄스열에 포함된 PRI들을 한 개의 상태로 보고 각 상태를 이전, 현재, 다음, 카운트로 구성된 PRI 상태를 생성하여 정확하고 빠르게 PRI 순서를 찾도록 구현하였다. PRI 반복 순서가 정확히 분류되어 표시되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

유한 상태 머신을 적용한 기술은 PRI 관찰열의 PRI 순서를 찾아 스테거 PRI, 지터 PRI 등의 패턴을 판단하는 기초로 활용 가능성을 검증하였다.

본 연구에서 제안하는 신호 처리의 실용화를 위해서는 실제 환경에서 수집된 레이더 신호를 실험데이터로 입력하여 여러 임계치의 적정 값을 설정하는 연구가 추가로 필요하다.

REFERENCES

- [1] D. G. Kim, Y. H. Kim, J. O. Park, M. S. Lee, Y.M. Park and H.N. Kim, "A sequential estimation algorithm for TDOA/FDOA extraction for VHF communication signals," J. IEEK, vol. 51, no.7, pp. 60-68, Jul. 2014.
- [2] C. Benson,, M. R. Frater, and M. J. Ryan, "Tactical Electronic Warfare," Argos Press, 2007.
- [3] D. W. Lee, J. W. Han, W. D. Lee, "Adaptive radar pulses clustering based on density cluster window," International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp.1377-1380, 2008.
- [4] Yongsik Lee, Joong-Soo Lim, Jaesung Lim, "An Algorithm for De-Interleaving of Wobble and Sinusoidal PRIs for Unidentified Radar Signals," Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 26, no. 12, PP. 1100-1107, 2015.12.
- [5] Joong-Soo Lim, "The Algorithm for Deinterleaving of Multi-Step Stagger PRI Signals of Pulse Radar," Korea Society of Satellite Technology, vol. 8, no. 4, pp. 159-164, 2013.
- [6] Han Jin Woo, Song Kyu Ha, Lee Dong Woen, "An adaptive clustering scheme for ES," The Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 366-368, 2006.
- [7] Dong-Woen Lee, Jin-Woo Han, Won Don Lee, "A Kernel Density Signal Grouping Based on Radar Frequency Distribution," The Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 48, no. 6, pp. 872-880, 2011.
- [8] Joong-Soo Lim, Kyung-Ho Hong, Dukyung Lee, Dong Hoon Shin, Yong Hwan Kim, "An Identify of Two Step Stagger Signals Using the Second Deviation of Pulse Train," Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 10, no. 7, 2009.
- [9] Joong-Soo Lim, Gyoo-soo Chae, "A novel Algorithm for Deinterleaving of D&S PRI and Stagger PRI Signals from the EP Radar," Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 13, no. 11, 2012.
- [10] Yong-Woo Kim, Hai-won Yang, "An Algorithm for Estimating Pulse Repetition Intervals of Stagger PRI Pulse Train Using 2D-TDOA Histogram," Automation and Systems Engineering, vol. 8, no. 8, pp.673-681, 2002.
- [11] Yong-Woo Kim, Hai-Won Yang, "The Identification of Pulse Repetition Intervals Modulation using Markov Models Approach," The Korean Institute of Electrical Engineers, vol. 52D, no. 6, pp. 372-377, 2003.6.
- [12] Sang Seol Lee, "An Embedded Systems Implementation Technique based on Multiple Finite State Machine Modeling using Microcontroller Interrupts," Journal of Korea Multimedia Society, vol. 16, no. 1, PP. 75-86, 2013.1.
- [13] Jae Moon Lee, Sae Hong Cho, "Design and Implementation of Group Behaviors for Doves by Using a Finite State Machine," Korea Game Society, vol. 10, no. 3 p.93-102, 2010.6.
- [14] Jong-Tae Lee, Young-Kwan Ju, Gwan-Tae Kim, Soong-Nam Jeon, "A Clustering Technique of Radar Signals using 4-Dimensional Features," The Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 51, no. 10, pp.137-144, 2014.10.
- [15] Young Jin Ryoo, Whan Woo Kim, "Recognition of PRI modulation types of radar signals using the autocorrelation," The Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 43, no. 3, pp.260-266, 2006.05.

저 자 소 개



박 상 환(학생회원)
2014년 충북대학교 컴퓨터공학부
학사
2016년 충북대학교 컴퓨터과학과
석사
<주관심분야: 임베디드시스템, 사
물인터넷>



주 영 관(정회원)
1999년 청주대학교 컴퓨터정보공학과
학사
2004년 충북대학교 전자계산학과 석사
2009년 충북대학교 전자계산학과 박사
충북대학교 전자정보대학 강사

<주관심분야: 임베디드시스템, 안드로이드 플랫폼,
클라우드컴퓨팅 등>



김 관 태(정회원)
2005년 충주대학교 전자통신과 학사.
2011년 충북대학교 컴퓨터과학과
석사.
2014년~현재 충북대학교 컴퓨터
과학과 박사 과정.
<주관심분야: 통신, 컴퓨터, 실시
간 신호처리, 전자전 신호탐지>



전 중 남(평생회원)
1990년 연세대학교 전자공학과 공
학 박사
1996년~1998년 미국 Texas A&M
연구교수
현재 충북대학교 전자정보대학 교수

<주관심분야: 컴퓨터구조, 임베디드시스템>