

고밀도 신호환경에서 TOA를 이용한 펄스 열 분리기법

정희원 김 정 호*, 정 회 인*, 이 성 호*, 최 성 린*

Pulse train deinterleaving technique using Time-Of-Arrival in the high density signal environment

Jung-ho Kim*, Hoi-in Jung*, Sung-ho Lee*, Sung-lin Choi* *Regular Members*

요 약

신호형태가 복잡해지고 고밀도 신호 환경 속에서 활동하는 다중 에미터들의 신호를 탐지, 분류, 분리 및 식별하기 위해서는 수신되는 신호들에 대한 파라미터를 추출하여 펄스간의 상관성과 펄스열의 연속성에 대한 통계적인 분석을 함으로써 신호를 구분해야 한다. 본 논문에서는 CDIF, SDIF 펄스 열 분리 알고리즘을 이용하여 잠재적인 PRI를 찾아낸 후 실제 추출된 PRI 시퀀스에 대한 결과를 제시하고자 한다. 또한 실험실 환경에서 복잡한 신호를 모사하여 각각의 알고리즘에 적용한 후 유용성을 검증하고 실제 해상환경에서 수집된 다중 에미터 신호를 이용하여 성능을 확인하였다.

ABSTRACT

In order to detect, sort, deinterleave and identify multiple emitter signals, we must analyze correlation among pulses and continuity of pulse train after extracting the characteristic parameters of received signals. This thesis presents pulse train deinterleaving algorithms, data extraction results using the CDIF (Cumulative Difference) histogram and SDIF(Sequential Difference) algorithm. Also, we will show analysis result applied to multiple emitter signal data collected in the real sea environment.

1. 서 론

다른 소스로부터의 펄스 열들이 통신 채널로부터 수신될 수 있으며 이러한 펄스들이 어떤 소스의 특성에 기초를 두고 있는지에 대하여 연구되고 있다. 현대전을 보면 하드-킬 이라기 보다는 소프트-킬 즉, 전자전이라고 말할 수 있으며 걸프전 이후 전자전의 개념은 상대방을 선제 공격할 수 있는 적극적인 형태로 발전되고 있다. 특히 해상에서 활동하는 함정의 경우에 있어서 주요 위협세력은 항공기와 대함 유도탄이다. 이러한 위협 속에서 함정을 효과적으로 방어하여 원활한 해상작전을 수행하기 위해서는 이들이 방사하는 신호를 탐지, 분석 및 식별하는 전자전시스템이 필수적으로 요구된다. 따라서 전자전시스템은 높은 포착확률과 짧은 응답시간을 가지

고 전방향의 광대역 신호를 처리할 수 있는 능력을 보유하여야 하며, 또한 여러 방사원 신호들이 혼합되어 있는 다중 에미터 환경에서 각 방사원 신호를 분류하고 그 특성 파라미터인 RF(Radio Frequency), PRF(Pulse Repetition Frequency), PW(Pulse Width), DOA(Direction Of Arrival) 등을 분석하기 위해서는 고도의 디지털 신호처리 기술이 요구된다. 반면 레이다는 전자전시스템이 레이다 신호의 분석 및 식별을 곤란하게 하거나 탐지, 추적기능을 교란하지 못하도록 전자보호(EP; Electronic Protection) 기능을 보유하고 있다. EP 기능에는 RF 주파수 변경 (agile, hopping), PRF 변경(stagger, jitter), 펄스 압축 기법 등의 다양한 형태가 사용된다. 따라서 여러 종류의 신호가 혼재되어 있는 실제 해상환경에서 레이다의 전자보호 성능을 확인하기 위해서는 수신

* 국방과학연구소 (jhkim@sunam.kreonet.re.kr)
논문번호 : 00310-0803, 접수일자 : 2000년 8월 3일

된 신호들 중에서 시험대상 레이더의 신호를 분류, 분리해내어야 한다. 본 논문에서는 다중 에미터 신호로부터 원하는 신호를 추출하여 분석할 수 있는 알고리즘과 시험적용 결과를 살펴보고자 한다.

일반적으로 반복되는 펄스 시퀀스의 특성을 찾아내기 위해서 가장 유용하게 사용되는 정보는 펄스 도래시간(TOA; Time Of Arrival)이다. 이 정보를 이용한 탐색 알고리즘은 샘플 사이의 인접한 쌍을 선택하여 그 도래시간의 차를 부여시키는 방법으로 초기에 Davies, Holland^[1]와 Campbell, Saperstein^[2]에 의하여 제안되었으며 이를 구체화하여 펄스열의 특징을 찾아내어 추출하는 방법으로 누적차분(CDIF; Cumulative Difference) 히스토그램 기법이 Mardia^[3]에 의해서 제안되었으며 또한 차분 레벨을 독립적으로 이용하는 방법으로 순차차분(SDIF; Sequential Difference) 히스토그램 알고리즘이 Milojevic과 Popovic^[4]에 의하여 제안되었다.

여러 방사원 신호들이 혼합되어 있는 펄스 열 신호를 주파수나 도래 방향 정보를 이용하여 1차적인 그룹화를 수행하여 원하는 주파수와 도래방향의 신호만을 추출하여 분석, 식별하면 실제로는 다중 펄스 열이 거의 단일 펄스 열에 가깝다. 따라서 본 논문에서는 TOA 정보만을 사용하여 누적차분 또는 순차차분 히스토그램으로 얻어진 잠재적 PRI를 기반으로 구하고자하는 PRI신호를 찾아내는 시퀀스 탐색 알고리즘을 PC 기반에서 구현하였다. 먼저 실험실 환경에서 복잡한 신호를 모사하여 각각의 알고리즘에 적용한 후 유용성을 검증하고 실제 해상에서 수집된 다중 에미터 신호를 이용하여 성능을 확인하였다.

II. 펄스 열 분리

복잡하고 신호밀도가 높은 환경에서 수신된 수많은 펄스 열중에서 특정 펄스 열로 분리하는 기능은 ES(Electronic Warfare Support) 장비에서 중요한 역할을 담당하며 나아가 EA(Electronic Attack)장비의 신호원으로 사용될 수 있다. 신호 분석은 첫째 신호 도래 방향과 주파수(RF)를 이용한 1차적인 펄스 분류 단계, 둘째 분류된 펄스 열을 이용하여 펄스 열을 분리하는 단계, 셋째 분리된 펄스 열을 식별하는 단계가 있다. 여기서 펄스 열의 분리는 각 레이더 신호의 특징인 PRI(Pulse Repetition Interval)의 변화 형태 즉, 고정 PRI, 스테퍼 형태의 PRI 또는 평균 PRI를 가지고 일정 범위 안에서 변

하는 지터형태일 수도 있다.

1. CDIF 히스토그램 기법

TOA를 이용한 펄스 열 분리에 사용되는 기본적인 알고리즘으로 먼저 차분 레벨을 증가시키면서 히스토그램을 형성해야 한다. 히스토그램 형성 방법은 기준이 되는 펄스의 TOA에 대하여 정해진 레벨까지의 펄스 신호의 TOA를 감하여 얻어진 차분 간격에 대하여 히스토그램을 작성하게 된다. 정해진 차분 레벨에서 구해진 히스토그램 값과 문턱 함수에 의하여 결정된 문턱 값을 비교하여 잠재적인 PRI를 구하는 방법이다. 우선 i 번째 TOA를 기준으로 할 때 각 차분은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{1차 차분} &: \text{TOA}(i + 1) - \text{TOA}(i) \\ \text{2차 차분} &: \text{TOA}(i + 2) - \text{TOA}(i) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, $i = 1, 2, \dots, N$

가장 단순한 고정 PRI를 갖는 신호에 대하여 CDIF 히스토그램을 그려보면 그림 1과 같이 나타난다. 그림 1에서 보듯이 TOA 차분 값은 히스토그램에서 누적되어 그려지며 고정 PRI의 정수 배에 해당하는 값에서 동일한 계수 값을 가진다는 것을 알 수 있다. 또한 복합 신호 환경에서 수신한 신호에 대한 펄스 열 분리에서도 단계별로 차분 레벨을 증가시키면서 계수하고 그 계수 값과 문턱 값을 비교하여 가능성 있는 PRI를 찾을 수 있다. 문턱값이란 어떤 차분 값에서 히스토그램 값이 고정 PRI 시퀀스를 구성하기 위하여 가져야 할 최소의 계수 값을 의미한다. CDIF 히스토그램에서 문턱값(Threshold)을 구해보면 다음과 같다.

$$\text{threshold}(\tau) = \frac{xN}{\tau} \quad (2)$$

여기서, τ 는 펄스 사이의 간격을 의미하며 N 은 총 샘플링 개수를 의미한다. x 는 수신된 펄스들 중 에서 누락 펄스에 관련되는 1보다 작은 상수이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x = 1 - \frac{\text{누락 펄스 개수}}{\text{총 펄스 개수}} \quad (3)$$

그림 2는 CDIF 히스토그램 기법에서 구한 PRI값에 대한 히스토그램을 보여주고 있다.

여기서 고정 간격의 신호는 PRI의 조화(Harmonic)성분이 반드시 존재한다는 조건을 이용하여 잠재적인 PRI와 2배 값의 PRI에 대한 히스토

그림 값이 문턱 값을 초과하는 것을 보여주고 있다.

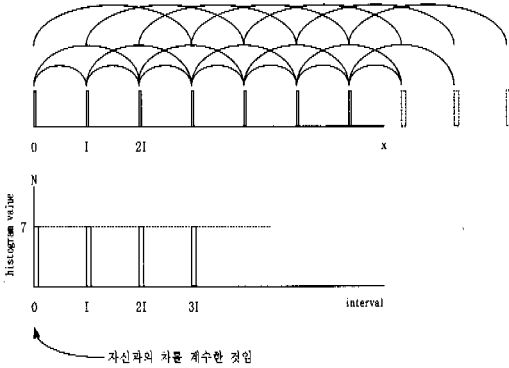


그림 1. 고정 PRI를 갖는 신호의 CDIF 히스토그램

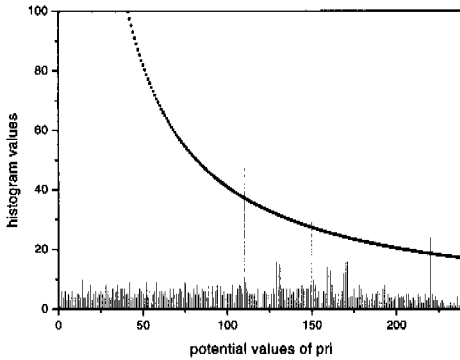


그림 2. CDIF 히스토그램에서 문턱값을 초과하는 잠재적 PRI

2. SDIF 히스토그램 기법

SDIF 히스토그램을 이용한 펄스 열 분리기법은 각각의 TOA 차분 레벨에서 펄스 수를 계수하고 문턱값과 비교하여 잠재적인 PRI를 구한 다음 시퀀스 검색기법을 사용하여 펄스 열을 추출하는 방법이다. CDIF 히스토그램 기법과는 달리 각 단계에서 계수 값을 누적할 필요가 없으며 잠재적인 PRI의 2배 값에 해당하는 PRI가 존재하여야 하는 CDIF의 조건도 필요하지 않기 때문에 더 낮은 차분 레벨에서 훨씬 빠르게 잠재적인 PRI를 검색할 수 있다.

SDIF의 문턱치 함수는 포아송 프로세스에 의하여 결정되며 총 관찰 시간 T동안 n개의 펄스를 임의로 수신할 때, 일정 간격 (t_1, t_2) 사이에 k 개의 펄스가 발생하는 사건에 대한 확률은 다음과 같다^[5].

$$P(k \text{ in } \tau) = e^{-\lambda\tau} \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{n}{T}, \quad \tau = t_2 - t_1$$

또한 식 (4)에서 안정된 펄스 신호로서 추출하기 위해서는 어떤 간격 안에서 존재하는 펄스의 개수는 “0” 이어야 하므로 펄스 시퀀스가 되기 위한 확률은 다음과 같다.

$$P(0 \text{ in } \tau) = e^{-\lambda\tau} \frac{(\lambda\tau)^0}{0!} = e^{-\lambda\tau} \quad (5)$$

따라서 문턱 값은 차분 레벨에서의 임의의 간격이 나타날 확률과 그 사건에 관여하는 펄스 개수의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$\text{threshold}(\tau) = x(N-d)e^{-\tau \cdot \lambda} \quad (6)$$

τ : bin number

N : 총 펄스 개수

d : 차분 레벨

λ : 단위 시간당 사건의 개수

3. Sequence Search 알고리즘

CDIF 히스토그램과 SDIF 히스토그램을 이용하여 찾은 가능성 있는 PRI에 대한 값을 사용하여 고정 PRI 혹은 스테저 형태의 펄스 변화 특성을 가지는 시퀀스를 검색하는 기법으로 실제 데이터 파일 내에서 펄스 추출을 위해서 이용된다. 시퀀스 탐색 알고리즘은 먼저 CDIF/SDIF 기법에서 얻은 잠재적인 PRI를 근거로 하여 데이터 파일 내에서 시작 위상(Phase)을 변경시키면서 PRI시퀀스를 탐색한다. 만일 데이터 파일 내에서 시퀀스에 해당하는 펄스가 누락되었을 때는 잠재적인 PRI와 오차범위를 이용하여 그 값을 내삽(Interpolation)시킨다. 또한 잠재적인 있는 PRI의 간격을 갖는 3개의 연속적인 펄스들이 존재할 때 그 값들을 추출하는 방법을 사용하였다.

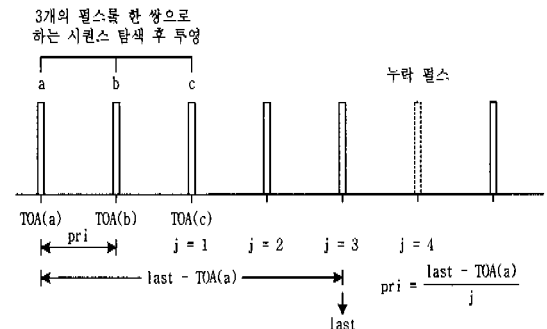


그림 3. CDIF 가능성 있는 PRI 간격을 갖는 연속적인 펄스 열

표 1. PRI 110μ sec, 130μ sec의 신호와 두 신호의 복합신호

	TOA(nsec)	DOA(deg.)	AMP(dBm)	PW(nsec)	FREQ(MHz)	PRI(nsec)
PRI 110 μ sec 신호	56342.7006	19.9992	50.1761	1004.4763	6995.4041	0.0000
	166748.4539	19.9989	49.9843	996.2469	6994.1745	110405.7534
	276404.5927	19.9991	49.3576	1004.8345	7000.4954	109656.1388
	386818.2467	20.0005	51.3600	1002.8023	7004.5214	110413.6540
PRI 130 μ sec 신호	70873.8977	39.9977	53.5816	1991.6522	7997.3707	0.0000
	201115.8992	39.9991	52.9512	1990.6897	8000.3801	130242.0015
	330978.2699	40.0028	53.4887	1991.1597	8002.3645	129862.3707
	461123.4770	40.0004	57.3835	1999.0145	8007.9174	130145.2071
PRI 110,130 μ sec의 복합신호	56342.7006	19.9992	50.1761	1004.4763	6995.4041	0.0000
	70873.8977	39.9977	53.5816	1991.6522	7997.3707	14531.1972
	166748.4539	19.9989	49.9843	996.2469	6994.1745	95874.5562
	201115.8992	39.9991	52.9512	1990.6897	8000.3801	34367.4453
	276404.5927	19.9991	49.3576	1004.8345	7000.4954	75288.6935
	330978.2699	40.0028	53.4887	1991.1597	8002.3645	54573.6772

III. 시뮬레이션 및 실험결과

시뮬레이션은 실험실에서 모사한 신호와 실제 해상환경에서 수집한 실제신호로 구분하여 수행하였다. 실험실환경에서는 실제환경처럼 위협신호를 수집하는 수신기의 특성으로 동시에 전 방위의 위협신호를 수집하며 수집된 모든 위협 레이다신호를 하나의 펄스 열인 복합신호 펄스 열로 출력함을 가정하였고 그 펄스 열로부터 각각의 에미터로 대표되는 펄스 열을 추출하는 것으로 하였다. 실험실에서 인위적으로 만든 신호환경에서 각 에미터의 위협신호는 그PRI가 단일 혹은 스테저 신호특성을 가지도록가정하였다. 복합펄스열의 구성은 먼저 각 에미터 고유의 신호들을 생성하고 그 신호 특성은 특정방위에서 그 에미터 고유의 주파수와 펄스폭을 가지도록 하였으며 단일 PRI를 가지는 에미터의 수를 5개 생성하여 하나의 복합신호 펄스 열을 만들고 단일 및 스테저 PRI를 가지는 에미터의 수 또한 5개를 생성하여 또 다른 복합신호 펄스 열을 만들어 총 2개의 실험실 모사신호들을 만들었다. 각각의 에미터 신호로부터 복합신호 펄스 열의 구성은 그 각 신호들의 펄스도래시간(TOA)순으로 분류하여 합성하였다.

펄스를 이루는 신호성분은 펄스도래시간(TOA), 펄스도래방향(DOA), 펄스진폭(Amplitude), 펄스폭(PW), 그리고 주파수를 가지도록 하였다. 먼저 고정 PRI를 가지는 에미터의 경우 그 신호는 아래와 같은 방법으로 발생시켰다.

- 첫 번째 펄스의 TOA:

$$* TOA_0 = q + \text{Noise}(q) = 0.995q \sim 1.005q$$

q : 1 ~ PRI 중 임의의 값 선택.

Noise(q) : q를 중심으로 0.5%씩 가변시킴.

- P 번째 펄스의 TOA:

$$* TOA_p = TOA_{p-1} + \text{PRI} + \text{Noise}(\text{PRI})$$

- P 번째 펄스의 DOA,AMP,PW,FREQ

$$* DOA = \text{doa} + \text{Noise}(\text{doa})$$

$$* AMP = \text{amp} + \text{Scan_Pattern} + \text{Noise}(\text{amp})$$

$$* PW = \text{pw} + \text{Noise}(\text{pw})$$

$$* FREQ = \text{freq} + \text{Noise}(\text{freq})$$

여기서 소문자, 즉 doa, amp, pw 및 freq는 순수한 값을 나타내며 대문자는 잡음이 포함된 데이터이다.

표 1은 위의 신호 생성 방법으로 만들어진 단일 PRI 110μ sec의 에미터와 130μ sec의 에미터 펄스 신호 파라미터를 나타내고 이 두 에미터가 수신기를 통해 입력되는 복합펄스 신호의 형태를 예로 나타내었다. 스테저 신호의 경우 아래와 같은 방법으로 발생하였다.

- N level 스테저: PRI₀, PRI₁, ..., PRI_{N-1}

- 첫 번째 펄스의 TOA:

$$* TOA_0 = q + \text{Noise}(q) = 0.995q \sim 1.005q$$

q : 1 ~ PRI₀ 중 임의의 한 값 선택.

- P 번째 펄스의 TOA:

$$* TOA_p = TOA_{p-1} + \text{PRI}_{(p-1)\%N}$$

$$+ \text{Noise}(\text{PRI}_{(p-1)\%N})$$

P%N : P를 N으로 나눈 나머지 정수값
($0 \leq P\%N \leq N-1$)

- P 번째 펄스의 DOA, AMP, PW, FREQ
: 단일신호 생성방법과 동일함.

표 2는 위와 같은 방법으로 생성된 PRI 190, 230 μ sec의 스테거 신호를 나타낸다. 단일 에미터의 각 신호들로부터 복합신호 펄스 열을 만드는 과정에서 중첩되는 펄스는 누락하였으며 복합 모의신호는 실제 일어날 수 있는 펄스 신호 발생회로의 불안정한 요소를 고려하여 펄스 열과 가까운 곳에 임의로 발생하게 하였다. 복합 모의신호는 두 가지로 생성하였으며 그 내용은 표 3과 같다.

그림 4는 두 신호 중 모의신호 2의 TOA vs. PRI를 나타낸다. 실험실에서 모사한 복합신호 펄스 열은 실제 해상환경에서 발생 가능한 신호의 펄스 열에 비해 상당히 신호밀도가 높음을 볼 수 있다.

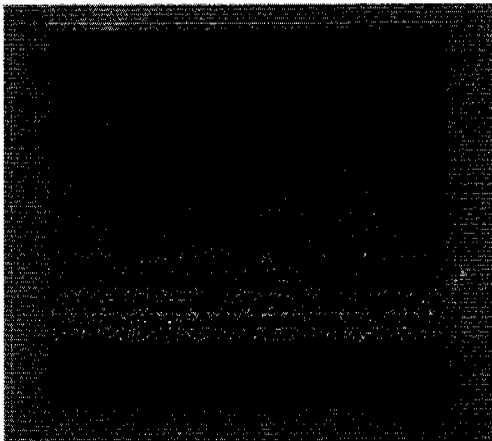


그림 4. 모의 신호 2의 TOA vs. PRI

그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8, 그림 9는 그림 4의 복합신호 펄스 열로부터 CDIF를 이용하여 각 에미터를 대표하는 펄스 열을 뽑아 그 신호의 TOA vs. PRI를 나타낸다.

표 3. 모의신호 (()은 PRI, μ sec)

구분	모의신호 1	모의신호 2
단일신호	5 (110, 130, 150, 160, 170)	3 (110, 130, 170)
스테거신호	-	1 (190, 230)
	-	1 (120, 150, 170)
에미터 수	5	5

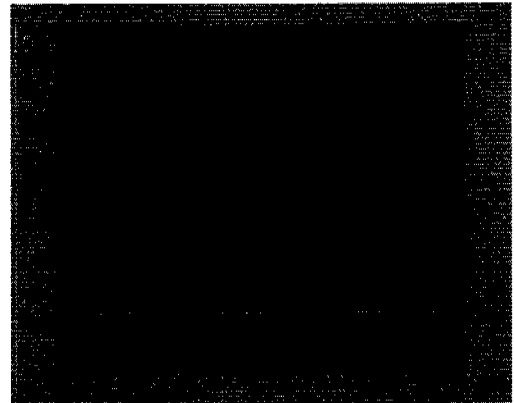


그림 5. 복합신호로부터 추출된 PRI-110 μ sec의 신호펄스 열

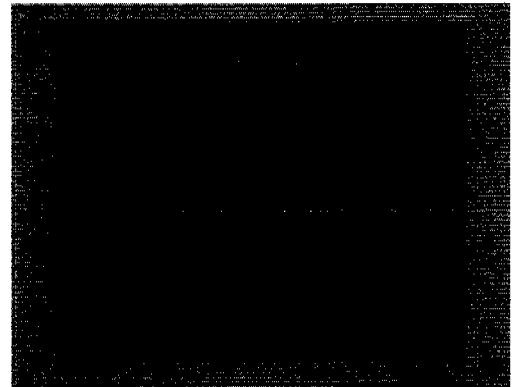


그림 6. 복합신호로부터 추출된 PRI-130 μ sec의 신호펄스 열

표 2. PRI 190 μ sec, 230 μ sec를 가지는 스테거 신호

	TOA(nsec)	DOA(deg.)	AMP(dBm)	PW(nsec)	FREQ(MHz)	PRI(nsec)
PRI 190,230 μ sec의 스테거신호	24533.4147	79.9930	65.3463	1000.6862	10006.0295	0.0000
	214646.2228	79.9996	65.6047	1002.4935	10000.2993	190112.8080
	444638.7519	79.9923	63.4219	996.7526	9999.9819	229992.5290
	634245.7773	79.9924	68.2866	1004.2138	10009.0185	189607.0253
	865072.8228	80.0033	65.0019	997.1500	10007.2923	230827.0455

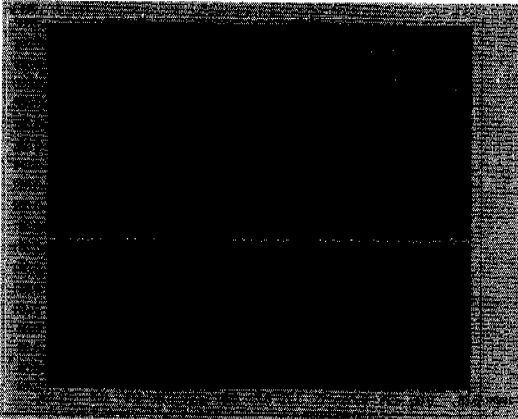


그림 7. 복합신호로부터 추출된 PRI-170 μ sec의 신호펄스 열

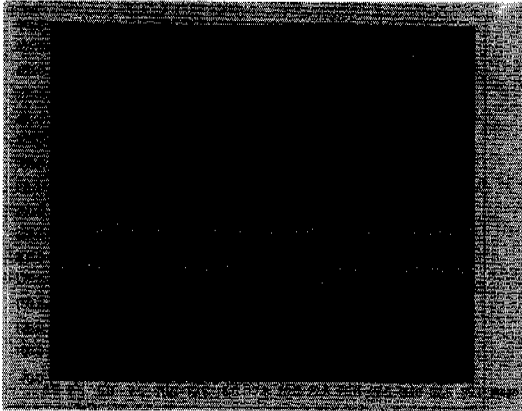


그림 8. 복합신호로부터 추출된 PRI-190,230 μ sec의 신호펄스 열

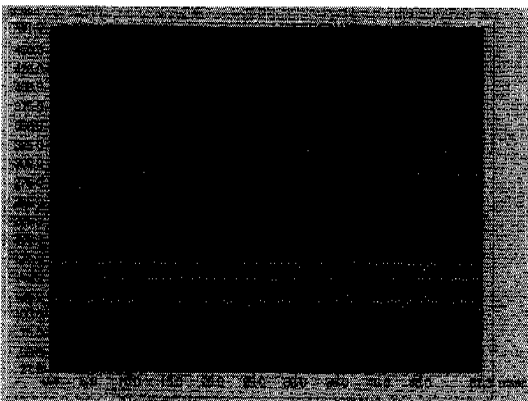


그림 9. 복합신호로부터 추출된 PRI-120, 150, 170 μ sec의 신호 펄스 열

복합신호 펄스 열로부터 각각의 에미터 신호 추출 과정 중에서 펄스 열 특정 부분에서 그 PRI의 펄스 데이터를 찾지 못하여 결과적으로 그 PRI의 조화(Harmonic) 성분이 발생함을 볼 수 있다. 이는

복합신호 펄스 열에서 각 에미터사이의 펄스가 중복됨에 따라 그 에미터 PRI가 누락되었기 때문이다. 표 4는 CDIF 및 SDIF를 적용하여 위 모의신호 1, 2를 대상으로 펄스 열을 추출한 결과이다. 여기서 사용된 에미터 분리 알고리즘은 각 펄스 열에 RF 필터 및 DOA 정보를 이용하지 않고 순수한 TOA 정보만을 사용하여 신호 펄스 열들을 추출한 결과이다. 다음으로 실제 해상환경에서 수집한 복합신호를 대상으로 CDIF 및 SDIF를 적용하여 시험하였다.

표 4. 모의신호 분석결과

구 분	모의신호 1		모의신호 2	
	성 공 횟 수	실 패 횟 수	성 공 횟 수	실 패 횟 수
CDIF	5	0	5	0
SDIF	4	1	4	1

그림 10은 실제 해상환경에서 수집한 복합신호의 TOA vs. PRI 그림이다. 신호 밀도는 실험실 환경에서 모사한 복합신호 펄스 열에 비해 상당히 낮음을 볼 수 있다. 시뮬레이션에서 각 신호환경에 따라 임계값의 결정 요소인 x 를 달리 사용하였으며 이 실험과정에서 해상환경에서 실제신호에 적용한 x 값이 실험실에서 모사한 신호의 x 값보다 낮게 하여 실험을 수행하였다.

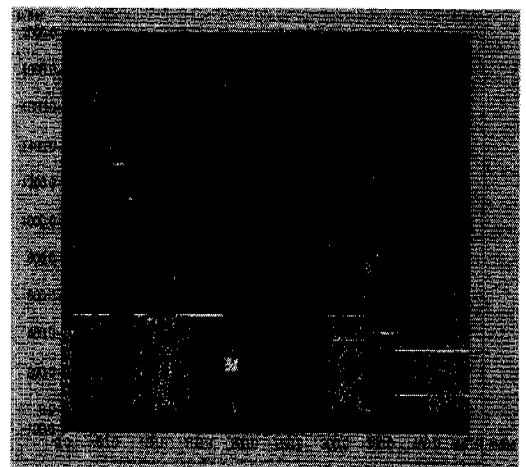


그림 10. 해상환경에서 수집한 실제신호

그리고 표 5는 실제해상 신호에 포함된 각 에미터를 대표하는 PRI를 나타낸다.

여기서 해상신호 중 PRI가 91, 325 μ sec를 가지

표 5. 실제 신호의 PRI

구분	실제 신호(μ sec)
단일 신호	416, 509, 832
스태저	스태저 1(91, 325) 스태저 2(380, 507)
총 에미터수	5

는 신호는 서로 다른 DOA를 갖지만 거의 동일한 TOA 구간동안 신호가 발생하여 TOA 정보만을 이용하는 CDIF 및 SDIF를 이용한다면 이는 2단 스테저 신호로 판별할 것이라 예상된다. 표 6은 이들 알고리즘을 이용하여 실제신호를 분석한 결과를 나타내고 있다.

표 6. 실제신호 분석결과

구분	탐지된 에미터	
CDIF	단일 신호	3 (416, 509, 832)
	스태저	1 (91, 325)
SDIF	단일 신호	2 (416, 509)
	스태저	2 (91, 325 / 380, 507)

시뮬레이션 결과 실험실 모사신호의 경우 CDIF의 경우 모사신호 1, 2 모두에 대해 100% 탐색 성공률을 보인 반면 SDIF는 모사신호 1, 2 모두 80%의 탐색률을 보였다. 해상신호의 경우 CDIF는 총 3개의 단일신호 모두 찾은 반면 스테저 신호 하나를 놓쳤으며 SDIF는 단일신호 세 개중 하나를 놓치고 두 개를 탐색하였으며 스테저 신호는 두 개 모두 찾는 결과를 보였다. 결과적으로 해상신호의 경우 두 알고리즘 모두 80%의 에미터 탐색결과를 보였다. 실험결과를 보면 CDIF가 SDIF에 비해 다소 신뢰성 있는 분석결과를 제공함을 알 수 있으며 실험 시 경과된 시뮬레이션 시간은 SDIF가 CDIF에 비해 빨리 탐색함을 볼 수 있다.

실제 펄스 열 분리 알고리즘에서는 TOA 분리 이전에 DOA 및 RF 필터를 사용하여 펄스 열을 그룹화 하는 것이 일반적인 방법이다. 여기서 제시한 알고리즘은 순수 TOA 정보만을 이용하였지만 전단에 DOA 와 RF 필터를 사용하여 펄스를 먼저 그룹화한 후 TOA 분리를 수행한다면 다중 에미터 환경에서 보다 신속하고 정확하게 각각의 에미터를 분석

할 수 있을 것이다.

IV. 결론

여러 신호가 혼합된 펄스 열에서 반복되는 펄스 특성을 찾아내기 위해 TOA 정보만을 이용하여 펄스 열을 분리하는 기법인 CDIF, SDIF 히스토그램 알고리즘을 살펴보고 이를 PC 기반으로 구현하였다. 시뮬레이션을 통해 이 기법의 유용성과 타당성을 확인한 후 실제 해상에서 수집된 신호를 이용하여 성능을 입증할 수 있었다. 실험결과로는 CDIF와 SDIF가 모두 우수한 분석결과를 보여주었으며 CDIF가 다소 SDIF에 비해 신뢰성 있는 결과를 제공하지만 탐색시간에 있어서는 SDIF가 CDIF에 비해 우수함을 볼 수 있었다.

본 논문에서는 순수 TOA 정보만을 이용하여 펄스 열 분리를 수행하였지만 전단에 DOA와 RF 필터를 사용하여 펄스를 먼저 그룹화하여 원하는 주파수와 도래방향의 신호만을 1차적으로 분류한 다음에 2차로 TOA 분리를 수행한다면 다중 에미터 환경에서 보다 정확하게 각각의 에미터를 분석할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] C. L. Davies, and P. Holland, "Automatic processing for ESM", *IEE Proc. F, Commun. Radar & Signal Process.*, 129, (3), pp. 164-171, 1985.
- [2] J. W. Campbell, and S. Saperstein, "Signal recognition in complex radar environments", *Watkins-Johnson Tech. Notes*, 3, (6), Nov./Dec. 1976.
- [3] H. K. Mardia, "New technique for the deinterleaving of repetitive sequences," *IEE PROCEEDINGS*, vol. 136, Pt.F, No. 4, pp. 149-154, Aug. 1989.
- [4] D. J. Milojevic, B. M. Popovic, "Improved algorithm for the deinterleaving of radar pulses," *IEE PROCEEDINGS-F*, vol. 139, No. 1, pp. 98-104, Feb. 1992.
- [5] S. B. Julius, G. P. Allan, "Random data: Analysis and Measurement Procedures", John Wiley & Sons, 1991.

김 정 호(Jung-Ho Kim)

정회원

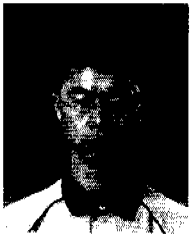


1994년 2월 : 경북대학교
전자공학과 졸업
1996년 2월 : 경북대학교
전자공학과 석사
1996년 1월~현재 : 국방과학
연구소 연구원

<주관심 분야> 레이더 신호처리, 무선통신

정 희 인(Hoi-In Jung)

정회원



1996년 2월 : 부산대학교
전자공학과 졸업
1998년 2월 : 부산대학교
전자공학과 석사
1998년 2월~현재 : 국방과학
연구소 연구원

<주관심 분야> 레이더 신호처리, 음성신호처리

이 성 호(Sung-Ho Lee)

정회원



1991년 2월 : 해양대학교 전자
통신공학과 졸업
2000년 3월~현재 : 창원대학교
제어계측과 석사과정
1991년 3월~현재 : 국방과학
연구소 선임연구원

<주관심 분야> GPS 신호처리

최 성 린(Sung-lin Choi)

정회원



1982년 2월 : 단국대학교
기계공학과 졸업
1990년 8월 : 부산대학교
기계공학과 석사
1997년 3월~현재 : 부산대학교
기계공학과 박사과정

1982년 1월~현재 : 국방과학연구소 선임연구원

<주관심 분야> 적응제어, 다중표적추적, 표적신호처리