DBpia

논문 02-27-11A-8 한국통신학회논문지 '02-11 Vol.27 No.11A

스펙트럼 분포 특성을 이용한 적외선 반대응 능력의 성능 분석

정회원 오 정 수*, 최 종 수**

Performance Analysis of Infrared Counter-countermeasures using Spectral Distribution Characteristics

Jeong-su Oh*, and Jong-soo Choi** *Regular Members*

요 약

표적의 적외선 대응 능력이 운용되는 상황에서 효율적인 표적 추적을 위한 적외선 반대응 능력에 스펙트럼 분포 특성이 자주 적용된다. 본 논문은 스펙트럼 분포 특성을 이용한 적외선 반대응 능력들을 소개하고, 제안된 적외선 반대응 능력의 잡음, 양자화 간격, 시스템 구현에 대한 영향들을 분석하고 있다. 또한 적외선 반대응 능력들의 성능을 평가하기 위해 레티클 탐색기를 이용해 표적 신호 추출, 2/3차원 표적 추적 등에 대한 모의 실험을 수행하고 있다. 다양한 모의 실험 결과들은 제안된 적외선 반대응 능력이 적외선 대응 능력을 효율적으로 제거할 수 있음과 기존 적외선 반대응 능력들보다 우수함을 보여준다.

ABSTRACT

Spectral distribution characteristic is open applied to infrared counter-countermeasure (IRCCM) for efficient target tracking under infrared countermeasures (IRCM) operated by a target. In this paper, we introduce the IRCCMs using the spectral distribution characteristic and analyze effects of noise, quantization step size, and system implementation of the proposed IRCCM. To estimate the performance of IRCCMs, we simulate target signal extraction and 2D/3D target tracking using the reticle seeker. The simulation results show that the proposed IRCCM can remove the IRCM efficiently and is superior to the conventional IRCCMs.

Ⅰ. 서 론

표적은 적외선 유도 미사일로부터 자신을 보호하기 위해 적외선 대응 능력 (IR countermeasure: IRCM)을 운용하고, 유도 미사일은 IRCM이 운용되는 상황에서도 효율적인 표적 추적을 위해 적외선 반대응 능력 (IR counter-countermeasure:IRCCM)을 운용한다. IRCCM은 표적과 IRCM의 시간상 신호 변화, 스펙트럼 분포, 궤적 변화, 공간상 크기와 분포에서 차이를 이용한다[1]. 특히, 표적과 IRCM간 큰 온도 차이에 의해 구분되는 스펙트럼 분포 특성은 IRCCM 연구에 많이 적용되어 왔다[1],[2],[3],[4],[5]. 스펙트럼 분포 특성을 이용한 IRCCM으로 반송파 억제, 부호화된 펄스 필터, 2-color 신호 제거, 2-color 신호비 분리 등이 있다[2]. 그러나 이들은 표적과 IRCM의 신호가 혼합되거나 주변 환경이 급격하게 변하는 조건에서 표적 신호가 IRCM 신호와 같이 제거되거나 IRCM이 그대로 유지되어 표적 추적을 어렵게 하는 문제를 갖는다. 그래서 저자들은 기존 IRCCM의 문제들을 해결하기 위해 2-color 신호처리 알고리듬을 제안했었다[4]. 본 논문은 저자들에 의해 발표된 IRCCM을 보완하고, 이 IRCCM의 잡음, 양자화 간격, 시스템 구현 등의 영향을 분석하고 있다. 그리고 기존 IRCCM들보다 우수함을 보

* 부경대학교 화상정보공학부(ojs@pknu.ac.kr), ** 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과
논문번호 : 02033-0729, 접수일자 : 2002년 7월 29일

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

이기 위해 표적 신호 추출, 탐색기의 2차원 표적 추적, 유도 미사일의 3차원 표적 추적이 수행된다. 본 논문에서 표적과 IRCM을 위해 각각 공중 비행체와 섬광탄이 고려되고, 이들을 검출하기 위한 표적 대역과 섬광탄 대역은 3.0~5.0mm (M)와 1.5~1.7 mm (N)가 사용된다[5].

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서 기존 IRCCM들에 대해 기술하고, 3장에서 제안된 IRCCM의 동작과 성능이 분석된다. 4장에서는 다양한 IRCCM들이 적용된 레티클 탐색기의 표적 신호 추출과 2/3 차원 추적 성능을 통해 제안된 IRCCM들의 성능을 평가하고, 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 기존 IRCCM

스펙트럼 분포 특성을 이용한 기존 IRCCM들 중 제안된 IRCCM과 유사한 2-color 신호 제거 (2-color cancellation:TCC)와 2-color 신호비 분리 (2-color ratio discrimination:TRD)에 대해 기술되고, 성능 평가에 이용된다.

1. 2-color 신호 제거

TCC는 그림 1처럼 두 검출 대역으로부터 신호를 받아 폐루프를 이용해 표적 신호를 추출하는 IRCCM이다. 이 IRCCM은 M 대역에서는 표적 신호와 섬광탄 신호가 공존하고, 서로 겹침이 없고, N 대역에서는 섬광탄 신호만 존재한다고 가정하고 있다. 두 대역의 섬광탄 신호는 동일 장면에서 얻어지므로 동일한 파형과 위상을 갖는다. 따라서 두 대역의 섬광탄 신호의 크기가 같도록 자동 조정되는 폐루프의 가변 이득 (A)을 N 대역 신호에 곱해 이를 M 대역 신호에서 빼어 M 대역의 섬광탄 신호는 제거된다. 그러나 대표적인 IRCM인 섬광탄의 온도를 고려할 때, 위에서 언급된 가정을 만족하는 대역이 선정 어렵다. 가정이 충족하지 않을 때는 섬광탄 신호는 물론 표적 신호도 같이 제거된다.

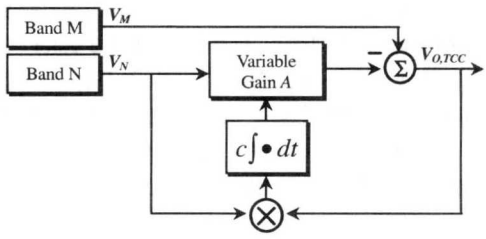


그림 1. TCC의 블록도

2. 2-color 신호비 분리

TRD는 그림 2처럼 두 대역의 신호비를 이용해 표적 신호를 분리하는 IRCCM이다. 이 IRCCM은 표적과 섬광탄의 대역간 신호비가 다른 것을 이용한다. 입사하는 두 대역의 신호비를 계산하여 문턱치 (TH_{TRD})보다 크면 섬광탄 신호로 인식하여 출력 스위치를 열어 M 대역 신호를 차단하고, 문턱치보다 작으면 표적 신호로 인식하여 출력 스위치를 닫아 M 대역 신호를 출력하여 섬광탄 신호를 분리한다. 그러나 표적 신호와 섬광탄 신호가 겹쳐 있을 때 섬광탄 신호로 판단해 표적 신호를 제거하고, 주변 환경 혹은 시스템 환경이 바뀔 때 이미 설정된 문턱치가 적절하지 못 할 수 있다.

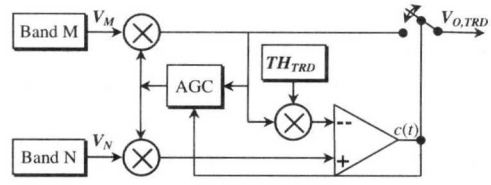


그림 2. TRD의 블록도

Ⅲ. 제안된 IRCCM

본 논문에서 제안된 IRCCM은 저자들에 의해 발표된 2-color 신호 처리 알고리듬을 보완하여 적용된 것으로 다음 세 가지 사실에 근거한다. 첫째는 섬광탄이 표적보다 온도가 매우 높아 그들의 방사 특성이 분명하게 구분된다. 둘째는 입사하는 두 대역 신호는 같은 영상에서 만들어지므로 위상과 파형이 같다. 셋째는 한 주기 신호에서 순수한 섬광탄 신호만을 갖는 영역이 존재하여 섬광탄의 대역간 신호비를 쉽게 그리고 반드시 얻을 수 있다.

1. 제안된 IRCCM의 동작

제안된 IRCCM은 그림 3에 보이는 것처럼 입사하는 두 대역 신호에서 식(1)처럼 표현되는 대역간 신호비 (MNR)을 계산하고, 계산된 한 주기 MNR에서 히스토그램 기법을 이용해 섬광탄 MNR (MNR_F)을 찾아낸다. MNR_F는 히스토그램에서 첫번째 피크점에 위치하고, M 대역 신호에서 MNR_F을 곱한 N 대역 신호를 빼면 M 대역 신호에서 섬광탄 신호는 제거되고, 식(2)처럼 근사적으로 표적 신호만 추출된다[4],[6],[7]. 표적 신호와 섬광탄 신호가 혼합되어 있어도 유효한 MNR_F를 검출할 수 있어 표적 신호를 추출할 수 있다[6],[7]. 제안된 IRCCM은

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

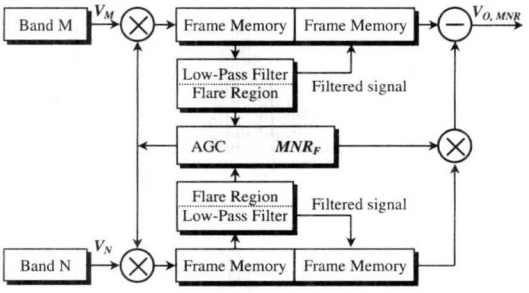


그림 3. 제안된 IRCCM의 블록도.

잡음의 영향을 줄이기 위해 저역 통과 필터 (Low-Pass Filter)를 사용하고, 강건한 MNR_F 검출을 위해 섬광탄 신호 영역 (Flare Region)에서만 MNR_F을 검출한다. 입사하는 신호에서 MNR_F을 추출하고 있어 주변 환경 변화에 적응할 수 있고, 히스토그램 기법을 이용한 MNR_F 검출은 최대 빈도를 선택하는 확률적인 고려가 포함되고 있어 잡음은 물론 시스템 구현이나 동작 조건의 변화에도 대응할 수 있다.

$$MNR(t) = \frac{V_M(t)}{V_N(t)} = \frac{V_{MT}(t) + V_{MF}(t)}{V_{NT}(t) + V_{NF}(t)} \quad (1)$$

$$V_{O,MNR}(t) = V_M(t) - MNR_F \cdot V_N(t) \approx V_{MT}(t) \quad (2)$$

여기서 V_M과 V_N은 각각 M 대역 신호와 N 대역의 신호이고, V_{MT}, V_{MF}와 V_{NT}, V_{NF}는 각 대역의 표적 신호와 섬광탄 신호이다.

2. 잡음 영향

입사 신호에 잡음을 고려하면 식 (3)의 MNR은 다음과 같이 수정된다.

$$MNR(t) = \frac{V_M(t) + E_M(t)}{V_N(t) + E_N(t)} \quad (3)$$

여기서 E_M과 E_N은 M대역과 N대역에 더해지는 백색 가우시안 잡음 (white Gaussian noise) 이다.

그림 4는 MNR 히스토그램에서 잡음의 영향을 보여주고 있다. 잡음이 상대적으로 신호보다 작으면 그림 4(b)처럼 히스토그램의 피크는 유지되면서 분포만 변화되지만, 잡음이 신호보다 크면 그림 4(c)처럼 히스토그램의 분포는 물론 피크까지 변화된다. 따라서 신호에 비해 큰 잡음은 히스토그램에서 작은 피크들을 발생시키고, MNR_F 검출을 어렵게 한다. 그림 4(b)와 (c)에는 M 대역의 신호대 잡음비가 각각 10dB와 5dB인 잡음이 주어져 있고, 그림의 0

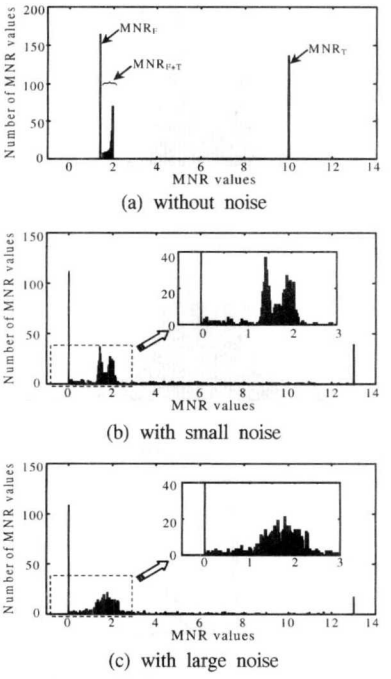


그림 4. MNR 히스토그램에서 잡음의 영향.

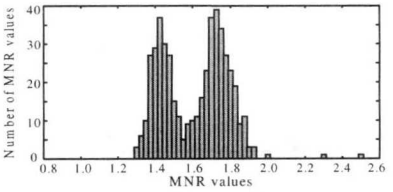
과 13의 피크는 MNR 히스토그램 생성시 0.025 미만을 0에 13 이상을 13에 대응시켜 발생한 것이다.

제안된 IRCCM은 잡음 영향을 피하기 위해 저역 필터링이 수행된 입력 신호에서 섬광탄 신호를 포함하는 영역만을 선택하여 MNR과 그 히스토그램을 계산한다. N 대역 신호는 대부분 온도가 매우 높은 섬광탄에 의한 것이므로 N 대역에서 일정 크기 이상의 신호를 갖는 영역을 섬광탄 영역으로 선택한다. 그림 5(a)와 (b)는 각각 잡음이 없을 때와 5dB 잡음이 있을 때의 섬광탄 영역에서 MNR 히스토그램이다. 그림 5(b)에서 MNR 계산이 섬광탄 영역으로 제한되므로 히스토그램 전역에 분포되었던 작은 피크들이 제거되지만 MNR_F 주변에 피크를 발생시켜는 잡음 영향은 여전히 남아 있다. 그림 5(c)에서 저역 필터에 의해 잡음의 크기를 줄여 MNR_F의 위치를 유지시키며 주변 피크를 제거하고 있다.

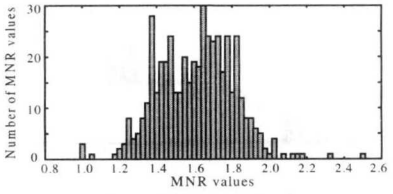
3. 양자화 간격의 영향

히스토그램 분포는 양자화 간격 (Q_S)에 의한 영향을 받으므로 Q_S는 MNR_F 검출에서 중요한 요소이다. Q_S가 너무 작으면 MNR이 세분화되어 작은 피크들을 발생시켜 잘못된 MNR_F 검출을 유도하고, Q_S가 너무 크면 인접 피크를 결합하여 잘못된 MNR_F 검출을 유도한다. 그리고 이들은 잡음에 의

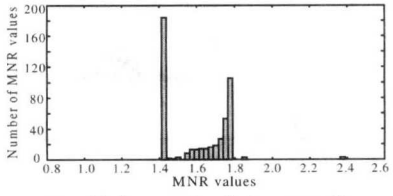
Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr



(a) without noise

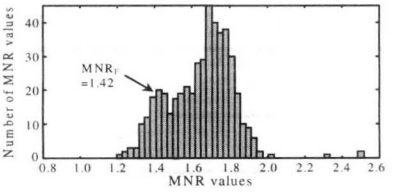


(b) with large noise

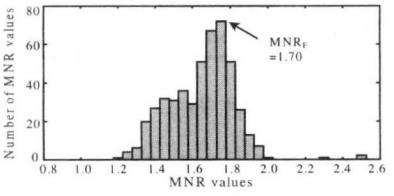


(c) with large noise & low-pass filter

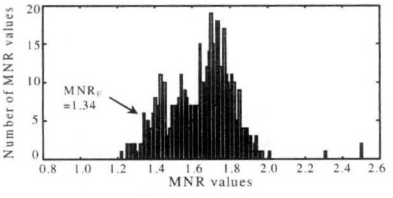
그림 5. 제안된 IRCCM에 의한 MNR 히스토그램.



(a) Q_S=0.01



(b) Q_S=0.03



(c) Q_S=0.05

그림 6. MNR 히스토그램에서 Q_S의 영향.

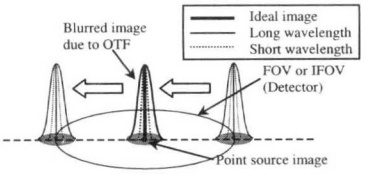
해 더욱더 심해진다. 따라서 MNR_F 검출 성능을 향상시키기 위해 잡음 제거와 적절한 Q_S 선택이 요구된다. 그림 6은 MNR 히스토그램에서 Q_S의 영향으로 그림 6(a)에서는 작은 Q_S에 의해 많은 작은 피크들이 발생하는 것과 그림 6(c)에서는 큰 Q_S에 의해 피크가 제거되는 것을 보여 주고 있다. 그림 속의 MNR_F는 IRCCM에 의해 검출된 MNR 값이다. 양자화 간격은 다양한 조건에서 MNR_F의 검출 성능 평가를 통해 0.025로 결정되었다[6],[7]. 본 논문에서 모델링된 섬광탄의 MNR는 1.412이다.

4. 시스템 구현에서 영향

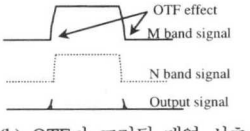
시스템 구현에서 제안된 IRCCM에 영향을 줄 수 있는 요소로 광학계 전달 특성 (optical transfer function:OTF)과 시스템 내에서 대역 신호의 위상차가 고려된다. 이들은 두 대역 신호의 위상과 파형이 같다는 가정에 영향을 줄 것이다.

OTF는 신호의 회절에 의해 그림 7(a)처럼 한 점의 에너지원이 검출기의 영상면 (image plane)에 흐린 원영상 (circle image)으로 맺히면서 발생한다. 원의 반경은 1.22lf/#로 파장 (f)와 렌즈 특성 (#)에 의해 결정된다[8],[9]. 따라서 표적의 적외선 영상 혹은 순시시계 (instance field of field, IFOV)가 움직일때 파장이 다른 두 대역 신호의 상승 시간과 하강 시간이 그림 7(b)처럼 다르게 나타나고, 이로 인해 제안된 IRCCM의 출력 신호에서 상승 영역과 하강 영역에 작은 신호가 남게 된다. 그러나 OTF에 의해 잔류하는 신호는 크기 혹은 폭이 매우 작아 표적 위치를 검출하는 후처리 과정에서 무시된다.

위상차는 서로 다른 파장의 사용에 의해 두 대역 검출기에서 응답 속도의 차이 혹은 시스템 내에서 두 대역 신호의 전달 속도의 차이 등의 시간 지연 차에 의해 발생할 수 있다. 그래서 제안된 IRCCM에서 위상차 만큼의 섬광탄 신호를 잔류시킬 것이다. 그러나 표적 신호의 시간 폭이 수십 ms인 것에



(a) OTF가 고려된 영상



(b) OTF가 고려된 대역 신호

그림 7. OTF의 영향.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

비해 시간 지연에 의한 위상차가 수 ns이므로 그 잔류 신호는 OTF 경우처럼 무시된다.

Ⅳ. IRCCM의 성능 평가

제안된 IRCCM과 기존 IRCCM들의 성능 평가를 위해 레티클 탐색기에 의해 생성된 신호에서 표적 신호 추출, IRCCM을 적용한 탐색기 및 그 탐색기를 탑재한 유도 미사일의 동적인 표적 추적 모의 실험이 수행된다.

1. 표적 신호 추출 성능

표적 신호 추출은 레티클 탐색기에 의해 생성되는 표적과 섬광탄의 혼합된 신호에서 섬광탄 신호만을 제거함으로 이루어진다. 레티클 탐색기는 그림 8과 같은 레티클을 이용해 입사하는 표적의 적외선 신호를 변조하고, 변조된 신호의 복조 과정을 통해 표적의 위치 정보를 추출하여 표적 추적을 수행한다[10],[11]. 그림 8은 표적 신호 추출을 위한 모의 실험 환경을 보여 주고 있다. 한 섬광탄은 표적에 인접해 있고, 나머지 두 섬광탄은 표적과 떨어져 서로 인접해 있다. 그리고 전체 시계는 X축, Y축 모두 -1과 +1사이로 정규화되었다. 표적과 섬광탄의 반경은 각각 0.05, 0.005이고, 그들의 위치는 각각 (0.1, 0.1), (0.15, -0.2), (0.05, -0.2), (0.15, 0.05) 이다. 점선은 레티클 탐색기의 광학계에 의해 적외선 영상들이 이동하는 궤적이다.

그림 9(a)는 그림 8에 의해 생성된 대역 신호이다. 그림 9(b)~(d)는 기존 IRCCM인 TCC와 TRD 그리고 제안된 IRCCM에 의해 추출된 표적 신호를 비교하고 있다. 기존 IRCCM은 표적과 섬광탄 신호가 혼합된 영역의 전부 혹은 대부분에서 섬광탄 신호는 물론 표적 신호까지 제거하고 있으나, 제안된 IRCCM은 표적 신호에 큰 영향을 주지 않고 섬광탄 신호만을 잘 제거하고 있다. 제안된 IRCCM에 의해 추출된 표적 신호에서 신호의 감소와 굴곡은

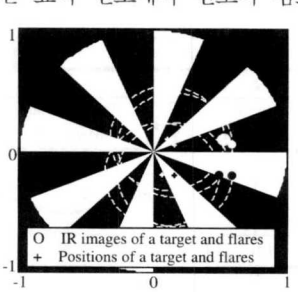


그림 8. 레티클과 모의 실험을 위한 환경.

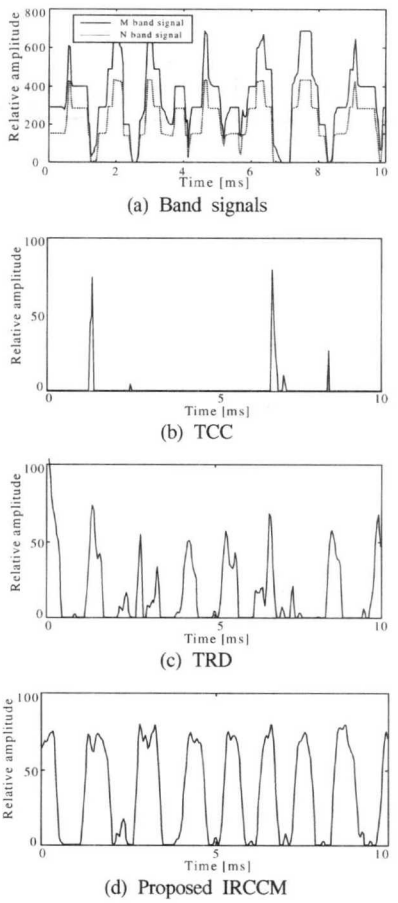


그림 9. 레티클 탐색기에 의해 추출된 표적 신호.

신호차를 이용하는 제거 기법에 의한 것이다. 그러나 대역 통과된 신호에서 영교차 점들이 원래 위치에 유지되기 때문에 이들은 표적 위치 검출에 전혀 영향을 주지 않는다[11].

2. 탐색기의 추적 성능

탐색기의 동적인 표적 추적 실험에서 IRCCM이 적용되지 않은 표적 추적 (NCCM)과 기존 IRCCM인 TCC와 TRD 그리고 제안된 IRCCM이 적용된 표적 추적의 결과들을 비교하고 있다. 그림 10은 탐색기의 추적 성능을 평가하기 위한 블록도이다. 초기 블록 (Initial X, Y block)에는 표적의 초기 위치가 주어진다. 입력 블록 (Input X,Y block)에 주어진 표적 위치에 따라 신호 생성 블록 (Signal Generation block)에서 적외선 신호가 생성되고, 신호 처리 블록 (Signal Processing block)에서 적외선 신호로부터 표적 위치가 검출되어 추적 블록 (Tracking block)으로 전달된다[10],[11].

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

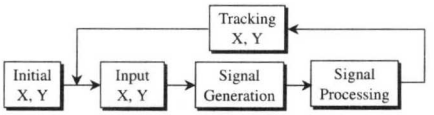


그림 10. 탐색기의 표적 추적 모의 실험을 위한 블록도.

2차원 평면에서 표적과 섬광탄은 그림 11과 같이 직선 궤적을 따라서 움직인다. 표적의 초기 위치는 (0.5, 0.5)이고, X와 Y 방향으로 각각 초당 0.01, 0.005 scale/ms으로 이동한다. 섬광탄은 탐색기가 표적을 추적한 후 0.3초가 지나서 세 방향으로 동시에 발사된다. 섬광탄 A, B, C의 X축 이동 속도는 각각 0.01, 0.01, -0.01 scale/ms 이고, Y축 이동 속도는 각각 0.0, 0.01, -0.01 scale/ms 이다. 여기서 1scale은 레티클의 반경이다

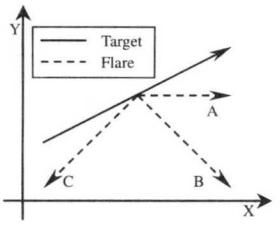
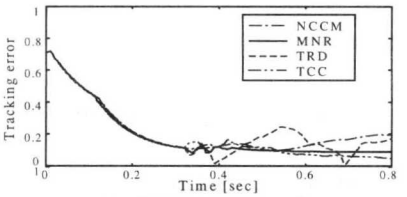


그림 11. 표적과 섬광탄의 궤적.

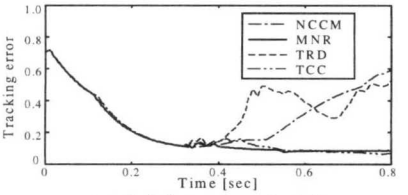
그림 12은 2차원 평면에서 레티클 탐색기의 표적 추적에 따른 추적 오차를 보여 주고 있다. 레티클 탐색기에서는 대부분의 신호 영역에서 표적과 섬광탄의 신호들이 혼합되어 기존 IRCCM들은 신호가 혼합된 영역에서 표적 신호를 제거하여 정확한 표적 위치를 검출할 수가 없다. 따라서 레티클 탐색기의 표적 추적은 섬광탄의 발사 후 매우 불안해지고 표적 추적이 실패한다. 반면에 제안된 IRCCM은 표적 신호와 섬광탄 신호를 잘 분리하여 안정된 표적 추적을 보여 주고 있다. 추적 오차가 일정한 값으로 유지하고 있는 것은 추적 모터를 type-1의 DC 모터를 사용하기 때문이다[12].

3. 유도 미사일의 추적 성능

3차원 공간에서 표적을 추적하는 유도 미사일의 운동은 일반적으로 6자유도 (6 Degree Of Freedom : 6 DOF)로 표현된다. 유도 미사일 동체의 3축 방향의 힘 성분과 관성 성분으로 표현되는 6 DOF의 모의 실험을 위해서는 실제 유도 미사일의 비행에 따른 공기 역학적 계수들을 측정하고 이를 적용해야 한다. 또한 유도 미사일의 동체축과 기준축인 지



(a) 섬광탄 A, C가 존재



(b) 섬광탄 A, B, C가 존재

그림 12. 탐색기의 추적 오차.

구 좌표계의 축 변환 과정을 통해 3차원 공간상에서의 운동을 결정해야 한다[13],[14]. 그러나 본 논문에서 복잡하고 방대한 계산량을 요구하는 6 DOF의 모의 실험은 피하기 위해 유도 미사일을 점원(point source)으로 고려하여 유도 미사일 동체축의 힘과 관성 성분을 무시한 단순한 3차원 표적 추적 모의 실험을 구성하였다[15].

그림 13은 3차원 표적 추적 모의 실험을 위한 블록도를 보여 주고 있다. 초기 조건 블록 (Initial Condition block)에서 표적, 미사일, 섬광탄의 초기 기동 조건을 제공하고, 미사일 기동 블록 (Missile Maneuver block)과 표적 및 섬광탄 기동 블록 (Target & Flare Maneuver block)에서 그들을 기동시키고, 거리 확인 블록 (Range block)에서 표적과 미사일의 거리를 계산하여 일정 거리 이하이면 추적을 중지하고, 그렇지 않으면 탐색기 블록 (seeker block)에서 시계 내의 표적 위치를 검출하여 그것을 비례 항법 유도 블록 (PNG block)에 전달한다. PNG (proportional navigation guidance) 블록은 미사일의 3개의 축 방향 가속도를 출력하고, 이 가속

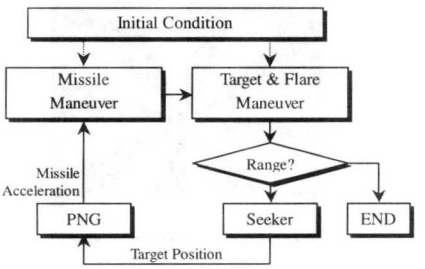


그림 13. 3차원 표적 추적 모의 실험을 위한 블록도.

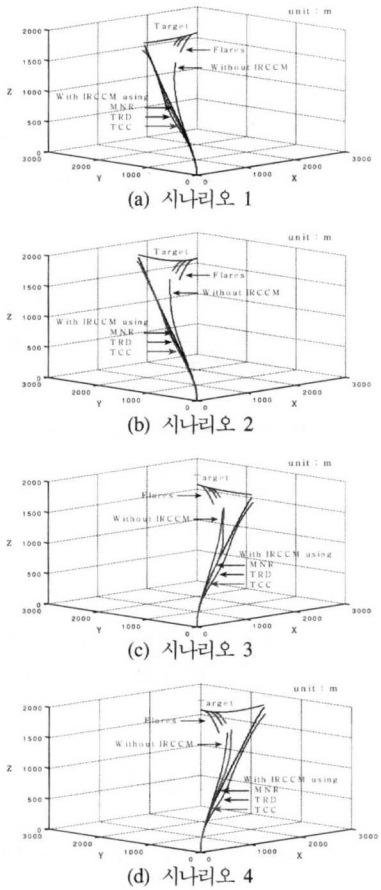
Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

도에 의해 미사일 기동 블록은 미사일을 기동 시킨다. 한편 표적은 표적 및 섬광탄 기동 블록에서 주어진 시나리오에 따라 기동 된다. 미사일의 추적은 표적과 미사일간 거리가 문턱치 이하가 될 때까지 계속된다. 표 1은 표적, 미사일, 섬광탄의 초기 기동 조건과 4개의 표적 시나리오를 보여 주고 있다.

그림 14은 레티클 탐색기가 탑재된 유도 미사일이 수행한 3차원 표적 추적 결과를 보여 주고 있다. 섬광탄이 존재할 때 기존 IRCCM이 불안한 표적 추적을 보이는 반면 제안된 IRCCM은 섬광탄이 없을 때와 같이 안정적인 표적 추적을 보이고 있다. 이것은 그림 15의 표적 추적 오차로 설명할 수 있다. 섬광탄이 없는 경우는 추적 오차가 거의 0 상태를 유지하나 섬광탄이 발사되고 IRCCM이 적용되지 않을 때는 유도 미사일이 섬광탄을 추적하면서 오차가 점점 더 커진다. IRCCM이 적용될 때는 제안된 IRCCM은 섬광탄이 없을 때와 거의 유사한 성능을 보이지만 기존 IRCCM은 섬광탄이 존재하는 동안은 탐색기가 표적의 정확한 위치를 검출하지 못해 오차가 매우 커서 매우 불안한 추적을 보여 주고 있다. 그 결과로 섬광탄이 먼 거리에서 발사되어 일정 시간 지나 안정된 추적을 보이지만 조종사에 의한 회피 기동이 이루어지면 충분히 유도 미사일을 피할 수 있을 것이다.

V. 결 론

섬광탄 같은 IRCM에 대해 스펙트럼 분포 특성을 이용하는 IRCCM이 많이 연구 되어 왔다. 그러나 이들은 표적과 IRCM이 시간적으로 혼합된 신호를 수신하거나 주변 환경이 급격하게 변하는 조건에서는 표적 신호가 IRCM과 함께 제거되거나 IRCM이 그대로 유지되는 문제를 갖고 있다. 본 논문에서는 기존 IRCCM이 갖는 문제를 해결할 수 있는 IRCCM을 제안하고, 제안된 IRCCM의 다양한 조건에서 견고함을 보이기 위해 잡음, 양자화 간격, 시스템 구현에 대한 영향을 평가하였다. 그리고 기존 IRCCM보다 우수함을 보이기 위해 IRCCM들의 표적 신호 추출 및 IRCCM들이 적용된 레티클 탐색기와 유도 미사일의 2/3차원 표적 추적을 수행하여 기존 IRCCM과 비교 하였다. 표적 신호 추출에서는 표적 신호에 거의 영향을 주지 않으면서 섬광탄 신호를 제거하는 것을 보여 주었고, 표적 추적 실험에서는 기존 IRCCM은 표적 추적이 매우 불안하여 조종사의 회피 기동이 수행되면 표적 추적이 실패할 가능성을 보이지만 제안된 IRCCM은 섬광



(a) 시나리오 1

(b) 시나리오 2

(c) 시나리오 3

(d) 시나리오 4

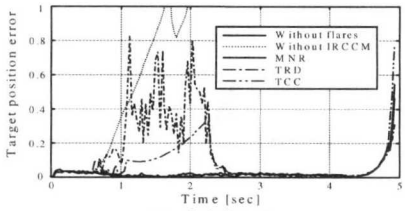
그림 14. 3차원 표적 추적에서 IRCCM의 비교

표 1. 3차원 표적 추적 모의 실험을 위한 환경.

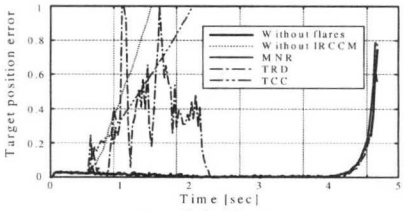
구분	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4
표적 기동 가속도	X:0G	X:0G	X:3G	X:3G
	Y:3G	Y:3G	Y:0G	Y:0G
	Z:0G	Z:2G	Z:0G	Z:2G
표적의 위치	(X, Y, Z)=(1625.0,1625.0,1928.4)m			
표적의 속도	280m/sec			
표적의 기동 방향 (고각,방위각)	(0,200)deg.		(0,-110)deg.	
미사일의 위치	(X, Y, Z)=(0, 0, 0)m			
미사일의 속도	510m/sec			
표적 미사일간 거리	3000m			
섬광탄의 발사 시간	Flare1, 2, 3 : 0.5, 1.0, 1.5 sec 후			
섬광탄의 발사 방향 (고각,방위각)	(표적의 고각,0)deg.			
섬광탄의 발사 가속도	X:0G, Y:0G, Z:-2G			
섬광탄의 발사 속도	100m/sec			
Frame frequency	30Hz			

(G : 중력 가속도)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr



(a) 시나리오 2



(b) 시나리오 4

그림 15. 3차원 표적 추적에서 표적의 위치 오차.

탄이 없을 때와 거의 유사한 안정된 표적 추적을 보이고 있다. 모의 실험 결과들은 제안된 IRCCM이 다양한 조건에서 기존 IRCCM보다 그 성능이 우수함을 확인시켜 주고 있다.

참 고 문 헌

[1] D. H. Pollock, *The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 7 Countermeasure Systems*, SPIE press, 1993.

[2] G. Gerson and A. K. Rue, "Tracking systems," Chap. 22 in *The Infrared Handbook*, G. J. Zissis and W. L. Wolfe, Eds., ERIM, Ann Arbor, MI, 1985.

[3] W. A. Shaffer, and R. O. Johnson "Infra- red multispectral field measurements for the joint mutispectral program," *Proc. of SPIE,* Vol. 2469, 1995.

[4] 오정수, 두경수, 장성갑, 서동선, 최종수, "대역간 신호를 이용한 two-color 신호처리 반대응 능력," *대한전자공학회 논문지,* 제37SP권, 제6호, pp.534-543, 2000.

[5] 오정수, 서동선, 최종수, "Two-color 탐색기를 위한 적외선 신호 분석 및 대역 선정," *한국통신학회 논문지,* 제25권, 제1호, pp.112-120, 2000.

[6] J. S. Oh, K. S. Doo, S. G. Jahng, D. S. Seo, and J. S. Choi, "A new counter- countermeasure algorithm for two-color infrared seekers", *Proc. of SPIE,* Vol. 4025, pp. 238-247, 2000.

[7] 오정수, 이석한, 윤용인, 서동선, 최종수, 대역간 신호비를 이용하는 반대응 알고리듬을 위한 MNRI 검출 성능 분석, *한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집(상)*, Vol. 21, No. 1, pp.607-610, 20000.

[8] M. Schlessinger, *Infrared Technology Fundamentals 2nd Revised and Expanded*, Marcel Dekker Inc., New York, 1994.

[9] 양태석, *대공 유도탄 적용을 위한 위치 센서 설계 제작 및 다표적 식별 연구*, 국방과학연구소, MSDC-417-950598, 1995.

[10] L. M. Biberman, *Reticles in Electro-Optical Devices*, Pergamon Press, New York, 1966.

[11] J. S. Oh, K. S. Doo, S. G. Jahng, D. S. Seo, and J. S. Choi, "Novel adaptive digital signal processing algorithm for a stationary reticle seeker," *Opt. Eng.,* Vol. 39, No. 10, pp. 2797-2803, 2000.

[12] B. C. Kuo, *Automatic Control Systems*, Prentice Hall, New Jersey, 1995. 1997.

[13] G. M. Siouris, *Aerospace Avionics Systems-A Modern Synthesis,* Academic Press, Inc., New York, 1993.

[14] B. W. Mc Cormick, *Aerodynamics, Aeronautics, and Flight Mechanics,* John Wiley & Sons, Inc., New York, 1995.

[15] 장성갑, *로젯 주사 패턴을 이용한 적외선 영상 탐색기의 반대응 능력에 관한 연구*, 제66회 중앙대학교 박사학위 논문, 1999.

오 정 수(Jeong-su Oh) 정회원

한국통신학회논문지 제27권 제4B호 참조

최 종 수(Jong-soo Choi) 정회원

한국통신학회논문지 제24권 제8B호 참조

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr