

다중 표적정보의 융합처리 방안

류철형*, 백주현*, 장원범*, 최준성*
 *국방과학연구소 5기술연구본부 2부
 e-mail: chryu@add.re.kr

A Method for Data Fusion of Multiple Target Information

Chul-Hyung Ryu*, Joo-Hyun Baek*, Won-Bum Jang*, Joon-Sung Choi*
 *5-2, Agency for Defense Development

요 약

미래 전장에서 다수의 지상로봇들이 획득한 표적정보는 원격에 위치한 통제장치로 실시간 전송된다. 통제장치는 정찰영상과 디지털 지도위에 지상로봇들의 현재 동작 상태를 표시한다. 본 논문은 다수의 지상로봇들로부터 동일 표적에 대한 위치 정보가 수신될 경우 이에 대한 융합처리 방안을 제안한다. 이러한 융합처리를 통해 표적위치 정확도를 개선할 수 있으며, 이동 경로 추정을 통해 표적의 초기 탐지시간을 단축할 수 있다.

1. 서론

지상군의 안전한 임무 수행을 위해 지상 무인전투체계에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 미국의 예에서 알 수 있듯이 지상 무인전투체계는 다수의 지상로봇이 함께 운용되는 것이 바람직하다. 그 이유는 다중 운용을 통해 시너지 효과를 거둘 수 있고, 유한 에너지를 사용함에 따라 운용시간이 제한되는 지상로봇의 단점을 극복할 수 있기 때문이다. 즉, 지상로봇의 운용로직을 설계할 때 필수적으로 임무 교대가 고려되어야 한다.

최근 국방과학연구소를 중심으로 다수 지상로봇의 효율적인 통제에 대한 연구가 진행되고 있다. 김준 등은 N명의 운용자가 M대의 견마로봇을 통제할 수 있도록 NMAC(N-operator M-robot Access Control)을 제안하였고, 이를 통해 2명의 운용자가 최대 8대의 견마로봇을 운용할 수 있다[1]. 김정환 등은 다수의 견마로봇이 다양한 영상 정보(견마로봇의 전/후/좌/우 영상 및 감지장치의 CCD/IR 영상)를 전송할 때 통신 자원을 효율적으로 공유하는 방안을 제안하였다[2]. 백주현 등은 다수 견마로봇의 정보를 효율적으로 도시하기 위한 화면 구성을 제안하였다[3]. 하지만 현재까지 다수의 지상로봇이 전송하는 표적정보를 융합함으로써 정보 가치를 향상시키는 연구는 수행되지 않고 있다.

본 논문은 다수의 지상로봇이 동일 표적의 위치 정보를 전송하는 경우에 다중의 표적정보에 대한 융합처리 방안을 제안한다. 다수 지상로봇의 표적위치를 융합함으로써 그 정확도를 개선할 수 있다. 또한, 이동 표적의 경로 추정을 통해 지상로봇 간에 중요 표적의 인수인계 필요성을 분석하고, 인계시 표적의 출현지점을 예측함으로써 표적의 초기 탐지시간을 단축할 수 있다.

2. 다중 표적정보의 융합처리 방안

가. 표적정보 융합처리의 개발 환경

다중 표적정보의 융합처리 알고리즘을 개발 및 검증하기 위해서는 다수의 지상로봇이 필요하다. 그림 1은 다중 표적정보의 융합처리에 대한 개발 환경을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 융합처리 알고리즘 개발에는 실제 지상로봇이 아닌 가상 지상로봇이 활용된다. 가상 지상로봇은 시뮬레이션 통제기에서 모의되며, 최대 6대까지 모의할 수 있다. 이때, 3대의 전장 시연기는 시뮬레이션 통제기가 요구하는 관점의 가상 표적과 가상 환경에 대한 영상을 생성하며, 그 영상을 통제장치로 전송한다.

그림 1에 도시된 바와 같이 통제장치는 임무통제장치(Mission Control System)와 임무통합장치(Mission Integration System)로 구성된다. 각각의 임무통제장치는 최대 2대의 가상 지상로봇을 통제할 수 있다. 이에 반해 임무통합장치는 가상 지상로봇을 직접 통제하지 않고, 임무 진행 상황을 통합 관리한다. 다중 표적정보에 대한 융



(그림 1) 다중 표적정보의 융합처리에 대한 개발 환경

합처리는 통제장치와 전장시물레이터가 연동된 상태에서 임무통합장치가 주도한다.

나. 표적위치의 연산 개념

표적정보는 여러 가지의 의미를 갖지만, 크게는 표적의 위치, 종류, 및 작동 상태로 구분된다. 이 중에서 표적 위치는 전술상 매우 중요한 의미를 가지는데, 지상로봇은 표적 위치 연산을 위해 지상로봇의 상태 정보와 LRF(Laser Range Finder)의 측정거리를 사용한다. 지상로봇의 표적 위치 연산에 필요한 자료는 표 1과 같다. 표에서 알 수 있듯이 정확한 표적위치 연산을 위해서는 지형고도자료도 고려되어야 한다.

지상로봇은 여러 단계에 걸쳐 표적위치를 연산하는데, 우선 지상로봇에 탑재되는 감시장치로 표적을 탐지해야 한다. 그리고 표적위치 연산을 위해서 감시장치 제어를 통해 해당 표적을 영상화면의 중앙에 위치시킨다. 다음으로 지상로봇의 상태 정보(지상로봇의 현재 위치/고도/자세, 수직확장장치 높이, 감시장치의 방위각/고각)와 지형고도 자료를 고려하여 지상로봇과 표적을 연결하는 3차원 공간상의 직선을 구한다. 마지막 단계로 LRF를 사용해서 지상로봇과 표적 간의 거리를 실측하며, 앞서 구한 연결선 상에 존재하는 표적위치를 구한다.

만약 LRF가 없다면 1대의 지상로봇으로 표적위치 연산을 수행한 것은 거의 불가능하다. 왜냐하면 표적 종류를 정확히 알고 있더라도 영상의 화소 수만으로 지상로봇과 표적간 거리를 추정하면 수백m의 오차가 발생할 수 있기 때문이다. 표 2는 표적의 수평 크기가 4m이고, (수평) 광시계가 8도, (수평) 협시계가 3도이며, 감시장치의 수평 해상도가 640 픽셀인 경우 거리에 따른 표적의 시계별 화소 수를 보여준다. 표에서 알 수 있듯이 1km 부근의 표적 영상에 1 픽셀의 판독 오류가 발생할 경우 거리 추정 값에 수십m의 오차가 발생된다.

<표 1> 지상로봇의 표적위치 연산에 필요한 자료

데이터 종류		오차범위 (RMS)
지상로봇 현재 위치		• GPS : 10 meters (CEP) • DGPS : 3 meters (CEP)
지상로봇 해발 고도		10 meters
지상 로봇 자세	• pitch • roll • heading	1 degree 1 degree 1 degree
감시 장치	• 방위각 • 고각	0.5 degree 0.5 degree
수직확장장치 높이		10 centimeters
LRF 측정 거리		5 meters
지형고도자료(레벨2)		• 수평: 23 meters • 고도: 18 meters

* CEP: Circular Error Probability, RMS: Root Mean Square

<표 2> 거리에 따른 4m 표적의 시계별 화소수

거리	광시계	협시계
500	36.6	97.8
750	24.4	65.2
1000	18.3	48.9
1250	14.6	39.1
1500	12.2	32.6
1750	10.5	27.9
2000	9.2	24.4
2500	7.3	19.6
3000	6.1	16.3

다. 표적위치의 융합처리 방안

임무통합장치가 주도하는 표적위치 융합처리의 업무 절차는 그림 2와 같다. 임무통제장치들은 임무통합장치의 요구에 따라 해당 임무통제장치가 운용하고 있는 모든 지상로봇에 표적 탐지를 명령한다. 지상로봇은 표적을 탐지하며[4][5], 그 결과를 통제장비로 전송한다. 즉, 그림 2의 단계 ①에서 전장 시물레이터는 가상 지상로봇의 감시장치를 광시계로 설정하고, 탐지각도 범위를 일정하게 회전하면서 표적을 탐지하며, 기존 과제의 실험결과(표적의 종류와 지상로봇과 표적간 거리에 따른 탐지율)를 근간으로 표적의 피탐 방향을 고려하여 표적 탐지를 모사한다. 표적 탐지 결과는 모사에 활용된 부수정보(표적 종류, 화소 수, 피탐 방향 등)와 함께 임무통합장치로 전송된다.

단계 ②에서 임무통합장치는 탐지 결과와 부수정보를 활용하여 표적을 그룹화 한다. 즉, 가상 지상로봇의 현재 위치 및 자세, 표적별 감시장치 방위각 및 고각 등을 고려하여 개략적인 표적 위치를 분석하고, 일정 범위 내에 있으면 동일 표적으로 분류한다. 임무통합장치 운용자가 그룹화된 표적 중에 하나를 선택하면, 표적위치 융합처리에 참여할 수 있는 가상 지상로봇을 식별한 후 해당 임무통제장치로 특정 표적에 대한 위치 측정을 요구한다.



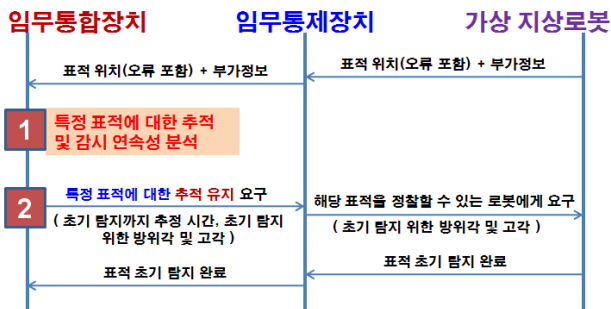
(그림 2) 표적위치 융합처리의 업무 절차

그림 2의 단계 ③에서 시뮬레이터 통제기의 가상 지상 로봇은 표 1에 나열된 자료들을 이용하여 표적위치를 연산하며, 그 결과를 부수정보와 함께 통제장치로 전송한다. 시뮬레이션 간결화를 위해 지상로봇과 표적이 평지에 있다고 가정함으로써 지상로봇 해발 고도, 지상로봇 자세 중 pitch와 roll, 그리고 지형고도자료를 연산에서 배제하였고, 오차 발생시 영향이 작은 수직확장장치 높이와 LRF 측정 거리를 연산에서 제외하였다. 결과적으로 표적위치 연산에는 가상 지상로봇의 항법장치가 GPS(Global Positioning System)인지 아니면 DGPS(Differential GPS)인지를 고려하였고, 가상 지상로봇의 heading과 감시장치의 방위각 오차를 고려한다.

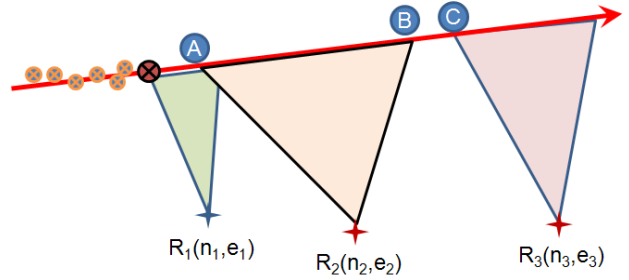
그림 2의 단계 ④에서 임무통합장치는 다수의 가상 지상로봇에서 수집된 표적위치를 융합처리 함으로써 표적위치 정확도를 개선한다. 가상 지상로봇의 항법장치 정확도와 지상로봇과 표적간 거리를 특성 값으로 적용하였다. 예를 들어 2km에서 GPS 정확도를 갖는 가상 지상로봇이 측정된 표적위치 (x_1, y_1) 는 1km에서 DGPS 정확도의 가상 지상로봇이 측정된 표적위치 (x_2, y_2) 보다 6배 정도 부정확한 가중치를 설정한다. 따라서 표적위치 융합처리에 의한 결과 값은 $1/7 \{ (x_1, y_1) + (x_2, y_2) + (x_2, y_2) + (x_2, y_2) + (x_2, y_2) + (x_2, y_2) + (x_2, y_2) \}$ 가 된다.

라. 표적의 초기 탐지시간 단축 위한 융합처리 방안

중요 표적을 감시하는 중에 지형 등의 문제로 더 이상 감시가 어려울 경우 초기 탐지시간 단축 위한 융합처리를 통해 인접한 지상로봇에게 해당 표적의 감시 임무를 인계할 수 있다. 그림 3은 이러한 업무 절차를 보여준다. 그림 3의 단계 ①에서 임무통합장치는 수신되는 표적위치치로부터 해당 표적의 이동 방향을 추정하며, 수초 후까지 해당 표적을 지속적으로 감시할 수 있는지 분석한다. 만약 해당 표적에 대한 지속 탐지가 불가하면 단계 ②를 수행한다. 단계 ②에서 임무통합장치는 해당 표적의 이동 경로에 대해 가상 지상로봇들이 탐지할 수 있는지 분석한다. 이러한 융합처리 개념은 그림 4와 같다. 즉, 해당 표적의 지속 감시를 위해서는 A지점에서 지상로봇들 간의 업무 인수인계가 필요하며, B지점과 C지점 사이 구간에서는 해당 표적에 대한 탐지가 불가함을 알 수 있다.



(그림 3) 초기 탐지시간 단축 위한 융합처리의 업무 절차



(그림 4) 초기 탐지시간 단축 위한 융합처리의 개념

3. 결론

지상 무인체계를 구성하는 다수의 지상로봇들은 다양한 표적정보를 실시간 획득하여 원격지에 위치하는 통제 장치로 전송한다. 본 논문은 다수의 지상로봇들이 동일한 표적에 대해 위치 정보를 전송할 때, 이에 대한 융합처리 방안을 제안하였다. 제안한 표적위치 융합처리를 통해 표적위치 정확도를 개선할 수 있다. 또한, 초기 탐지시간 단축 위한 융합처리를 통해 인접한 지상로봇으로 감시 임무를 인수인계함으로써 중요 표적에 대한 지속적인 감시가 가능하다.

본 논문에서 제안한 다중 표적정보의 융합처리 기술은 현재 상세설계를 완료한 상태이다. 추후 통제장치 및 진장 시뮬레이터에 알고리즘을 구현하고, 기능 시험을 수행함으로써 제안 기법을 검증할 예정이다.

참고문헌

[1] 김준, 박용운, 류철형, 안명길, “견마로봇의 NMAC 설계 및 구현”, 군사과학기술학술대회, pp. 105-108, 2007.
 [2] 김정환, 류철형, 채정숙, 심성대, “Multiple Images Access Control for a Multiple Operation of Mobile Robots,” Proceedings of ISR(International Symposium on Robotics), pp. 477-482, 2008.
 [3] 백주현, 백인철, 서범수, 강석원, “다수의 로봇 감시용 원격임무스테이션 설계”, 군사용로봇워크샵, pp. 114-117, 2008.
 [4] 이승연, “다중센서-다중프레임 기반 표적분할 기법”, 한국군사과학기술학회지, 제13권 제3호, pp. 445-452, 2010.
 [5] 광동민, 성기열, 이승연, 김도중, “방향성 기울기 히스토그램과 신경망을 이용한 지상표적 분류기법”, 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, pp. 지상무기 150-153, 2010.