

다중센서 위협 데이터의 귀납적 분류*

정용웅 노상욱^o

가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부

jeong@catholic.ac.kr, sunoh@catholic.ac.kr

Inductive Classification of Multi-Spectral Threat Data

Yongwoong Jeong Sanguk Noh^o

School of Computer Science and Information Engineering, The Catholic University of Korea

1. 서론

복잡한 실시간 환경에서 인간의 의사결정을 대체하는 자율적인 에이전트에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다 [1]. 본 논문에서는 이러한 자율적인 에이전트의 구축을 위하여 필수적인 지식베이스의 형성과정을 보이며, 지식베이스의 형성과정에 대한 방법론을 실질적인 응용 도메인에서 검증한다. 구체적으로, 에이전트의 자율성을 위하여 환경에 적응할 수 있는 귀납적인 컴파일 방식을 제안하며, 에이전트의 실시간 반응성을 위하여 조건-행동 추론 방식을 사용한다.

한국형 헬기의 두뇌역할을 수행하는 생존체계장비(Aircraft Survivability Equipment: ASE) [2]는 실시간 전장 환경에서 여러 개의 센서로부터 수신하는 위협 데이터를 분석하고, 위협 시스템을 정확하게 분류 및 확인하여야 한다. 위협 데이터의 수신으로부터 위협 시스템 확인까지의 과정을 자율적으로 수행하는 에이전트를 설계하며, 자율적인 에이전트가 주어진 실시간 환경에서 빠르게 반응할 수 있도록 한다. 생존체계장비가 수신하는 위협 데이터의 특성과 위협간의 상호 연관성을 컴파일 과정을 통하여 귀납적 모델로 정형화한다. 통합 모델은 자율적인 에이전트의 지식베이스로 형성되며, 조건-행동 추론방식에 의하여 특정한 전장상황에서 위협 시스템을 확인할 수 있도록 할 것이다.

2. 본론

헬기의 생존율을 높이고 주요 임무를 원활하게 수행하기 위하여 헬기 생존체계에 대한 위협 데이터를 정의 하고 분석하는 연구는 다양한 형태로 진행되어 왔다 [2]. 헬기 위협에 대한 유형 및 분류는 자체적으로 위협을 구성하지 않는 비격추 위협 시스템(non-terminal threat system)과 헬기에 직접적인 위협이 될 수 있는 격추 위협 시스템 (terminal threat system)으로 구분된다.

헬기가 처한 실시간 전장 환경(real-time battlefield environment)에서 전장상황에 대한 입력과 위협 정보에 대한 통합 모델을 축적하기 위하여 귀납학습 알고리즘을 이용할 것이다. 귀납학습 알고리즘의 입력은 특정한 전장상황에서 헬기생존체계장비(ASE)의 구성요소별 수신 자료와 위협시스템 자체에 대한 확인이 되며, 귀납학습 알고리즘을 통하여 결과적으로 생성된 출력은 통합 모델로 정형화 될 것이다. 이러한 모델은 헬기생존체계장비의 중요한 의사결정을 가능하게 하는 지식의 계층구조를 형성하며, 규범으로 축적될 것이다. 헬기생존체계장비의 두뇌역할을 하는 지능형 위협 인식 에이전트가 식별할 수 있는 위협 상태의 집합 또는 위협에 대한 지식베이스를 S 라고 하고, 이 에이전트가 사용하는 다양한 학습 알고리즘의 집합을 L 이라고 가정하자. 주어진 학습 알고리즘 $l \in L$ 에 대하여, 컴파일 과정은 다음과 같은 함수로 표현 된다.

$$\rho_l : S \mapsto \{\text{위협시스템, 위협정보}\}$$

이때, 컴파일과정을 나타내는 함수 ρ_l 은 헬기가 처한 실시간 상태 $s \in S$ 에서 어떠한 위협 시스템이 어떻게 위협 공격을 하는가에 대한 규범을 생성한다. 따라서 다양한 귀납학습 알고리즘은 위협 데이터 통합 모델을 서로 다른 함수로 컴파일하게 되고, 결과적으로 생성된 규범을 지능형 위협 인식 에이전트가 실시간 전장 환경에서 사용하게 되는 것이다.

실험은 컴파일과정을 거쳐 규범들을 생성하고 이를 헬기에 대한 모의 전장 상황에 적용시켜 검증하도록 설계되었다. 지능형 위협 인식 에이전트를 위한 컴파일 도구로 귀납학습 알고리즘을 사용하였으며, 위협시스템에 대한 분류

* 본 연구는 2006년도 국방과학연구소의 '다중센서 위협데이터 통합 기법 연구(UD060072FD)' 용역의 지원으로 이루어졌음.

의 정확도로써 에이전트의 성능을 측정하였다. 에이전트의 컴파일 된 규칙을 생성하기 위하여 3개의 기계학습 알고리즘, 즉, naive Bayesian 분류기, 귀납적 의사결정-트리(inductive decision-tree algorithm), 신경망 알고리즘(multilayer perceptron neural network)을 사용하였다. 따라서 학습 알고리즘의 집합 L 은 naive Bayes (= I_1), C4.5 (= I_2), multilayer perceptron (= I_3) 으로 구성된다.

격추 위협 시스템에 대한 위협 정보는 헬기에 장착된 센서를 통해 입력되는 각 격추 위협 시스템의 속성(표적 속도 및 표적 크기 등)값으로 이루어졌다. 각 위협 데이터는 실존하는 무기체계에 대하여 각각의 무기체계가 가지고 있는 각 속성 값의 범위를 설정한 후 그 범위 내에서 무작위로 속성 값을 생성시켜서 얻어냈다. 비격추 위협 시스템에 대한 위협 정보는 적의 아군 헬기에 대하여 레이더 등으로 관측활동을 하였을 때 헬기의 센서가 수신하는 적 레이더의 각종 전자기 요소로 이루어졌다. 비격추 위협 시스템도 격추 위협 시스템과 마찬가지로 각 위협 시스템에 대한 속성 값들을 분석하여 범위를 설정한 후 그 범위 내에서 무작위로 값을 생성시켜서 얻어내었다. 클래스는 각 위협 시스템이 가지는 특성에 따라 헬기에 대한 위협정도가 다르거나 헬기의 대응 방법이 달라질 수 있는 것을 기준으로 하여 구분을 하였다. 이러한 속성 값들과 클래스로 구성되는 데이터가 위협 분류 에이전트에 대한 학습 데이터로서 각각의 학습 알고리즘에 입력된다. 그리고 학습알고리즘 $I_1 - I_3$ 은 학습 데이터를 서로 다른 규칙들의 집합으로 컴파일을 한다. 이때, 학습된 조건-행동 규칙들은 모든 요소가 아닌 한 번에 한 유형의 특성만을 고려한다.

서로 다른 학습 알고리즘을 통하여 생성된 다양한 규칙 집합들을 평가하기 위한 척도로 위협 분류의 정확도를 사용하였다. 격추 위협 시스템에서 multilayer perceptron(신경망 알고리즘)은 격추 위협 시스템들이 뚜렷하게 구별이 가능한 분포 특성을 지녔기 때문에 위협 시스템의 분류 함수를 가장 빠르게 학습하였다. 반면에 RF 비격추 위협 시스템에서는 C4.5에 기반을 둔 의사결정 트리에 의하여 얻어진 결과가 Bayesian 분류기나 multilayer perceptron보다 훨씬 더 높은 성능을 보였다. 이와 같은 이유는 귀납적 의사결정 트리가 비격추 위협 시스템의 특성들을 계층구조 형식으로 잘 분류할 수 있었기 때문이다. 이처럼 각 위협 시스템이 가진 속성에 따라 학습 알고리즘에 따른 분류 정확도가 달라지는데 격추 위협 시스템에서 100%의 위협 분류 정확도를 보여준 multilayer perceptron은 RF 비격추 위협 시스템에서 불과 68.6%의 위협 분류 정확도를 보였다.

서로 다른 학습 모델을 통하여 얻어진 조건-행동 규칙들을 새롭게 생성한 표본 100개로 이루어진 10개의 데이터 집합(총 $10 \times 100 = 1,000$ 개 데이터)에 적용하였다. 그리고 각 컴파일 과정의 성능 결과를 표준 분산 분석(ANOVA) 방법을 이용하여 분석하였다. 표준 분산 분석을 통하여 계산된 값 $f=10.53$ (격추 위협 시스템)과 $f=111.81$ (비격추 위협 시스템)이 F 분포에서의 표준값 5.39 ($=f_{.01, 2, 27}$)보다 크기 때문에 세 개의 다른 학습 알고리즘에 의하여 생성된 결과가 격추와 비격추 위협 상황 모두 0.01의 통계 유의수준에서 서로 다를 수 있다. 즉, 격추와 비격추 위협 상황에서 세 가지 학습 알고리즘의 성능 차이는 99%의 확률로 우연히 나온 결과가 아님을 알 수 있다. 또한, 격추 위협 상황에서 multilayer perceptron을 사용한 정보 에이전트의 평균 성능이 naive Bayes나 C4.5를 사용한 것보다 더 높게 나왔고 비격추 위협 상황에서는 C4.5에 의해 컴파일 된 규칙이 naive Bayes나 multilayer perceptron에 의해 컴파일 된 규칙보다 더 좋은 결과를 보였다.

3. 결론

시간 제약적인 환경에서 자율적인 에이전트는 주어진 상황을 빠르게 인식하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 빠른 반응이 필수적인 실시간 다중 에이전트 환경에서의 자율적인 상황인식 기법을 제시하였다. 또한, 전장 환경에서 헬기의 두뇌역할을 수행하는 지능형 위협 인식 에이전트에 대한 성능을 시험하였다. 실험결과는 컴파일 된 규범이 주어진 상황을 정확하게 보고하고 복잡한 상황에서 빠른 의사결정을 수행할 수 있음을 보여 주었다. 실험을 통하여 컴파일 된 규칙의 유용성을 증명하였으며, 계속해서 다양한 위협 시스템에 적용시켜 나갈 것이다.

앞으로의 연구를 통하여 위협시스템의 모든 가능한 형태에 대한 실험을 수행할 것이다. 또한 다양한 위협 시스템을 통합된 전장 시나리오로 완성하고 컴파일 된 규칙을 그 시나리오에 적용시켜 시험해 볼 것이다. 안정적이며 신뢰도 있는 지능형 위협 인식 에이전트의 개발을 위하여 잘못된 경보(false alarm)의 수를 줄이는 연구를 계속할 것이며, 다양한 시간 제약적인 환경에 적용시킬 것이다.

4. 참고문헌

- [1] J. Patrick and N. James, "A Task-Oriented Perspective of Situation Awareness." In S. Banbury and S. Tremblay (Eds), *A cognitive approach to situation awareness: theory and application*. Chapter 4, Burlington, VT: Ashgate Publishing Company, 2004.
- [2] J. Heikell, *Electronic warfare self-protection of battlefield helicopters: A holistic view*, Helsinki University of Technology, doctoral dissertation, 2005.