

인공면역계의 자기-인식 알고리즘

Self-Recognition Algorithm of Artificial Immune System

심귀보 · 선상준

Kwee-Bo Sim and Sang-Joon Sun

중앙대학교 전자전기공학부

요약

최근 컴퓨터의 사용이 보편화되면서 악의적 사용자에게 의해 발생하는 컴퓨터 바이러스와 해킹에 의한 피해가 급속히 증가하고 있다. 남의 컴퓨터에 침입하는 해킹이나 데이터를 파괴하는 컴퓨터 바이러스에 의한 피해를 막기 위해 최근에 생명체의 면역시스템의 특징을 이용해 인공면역계를 구성해 시스템 침입탐지와 바이러스 탐지 및 치료에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 생체 면역계는 외부에서 침입해 세포나 장기에 피해를 주는 물질인 항원을 스스로 자기세포와 구분해 인식, 제거하는 기능이 있다. 이러한 면역계의 특징인 항원을 인식하는 기능은 자기세포의 확실한 인식을 가지고 있는 상태에서 다른 물질을 구분하는 자기/비자기(self/non-self) 인식방법으로 볼 수 있다. 본 논문에서는 생체 면역계에서 세포독성 T세포의 생성과정의 하나인 Positive Selection을 모델링하여 침입에 의한 데이터 변경과 바이러스에 의한 데이터 감염 등을 탐지할 때 가장 중요한 요소인 자기-인식 알고리즘을 구현하였다. 제안한 알고리즘은 큰 파일에서의 Detection을 구성하기 용이한 점을 가지며 국소변경과 블록변경에 대한 자기인식률을 통해 알고리즘의 유효성을 검증한다.

Abstract

According as many people use a computer newly, damage of computer virus and hacking is rapidly increasing by the crucial users. A computer virus is one of program in computer and has abilities of self reproduction and destruction like a virus of biology. And hacking is to rob a person's data in a intruded computer and to delete data in a person's computer from the outside. To block hacking that is intrusion of a person's computer and the computer virus that destroys data, a study for intrusion-detection of system and virus detection using a biological immune system is in progress. In this paper, we make a model of positive selection and negative selection of self-recognition process that is ability of T-cytotoxic cell that plays an important part in biological immune system. So we embody a self-nonsel distinction algorithm in computer, which is an important part when we detect an infected data by computer virus and a modified data by intrusion from the outside. The composed self-recognition process distinguishes self-file from the changed files. To prove the efficacy of self-recognition algorithm, we use simulations by a cell change and a string change of self file.

Key Words : 인공면역계, 생체면역계, 자기인식 알고리즘, MHC

1. 서론

최근 컴퓨터의 사용이 보편화되면서 사회의 정보화 또는 컴퓨터화란 말이 나오고 있을 정도로, 컴퓨터는 기업활동은 물론 시민생활과 여러 분야에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 이러한 많은 컴퓨터의 사용과 더불어 악의적 사용자에게 의해 발생하는 컴퓨터 바이러스와 해킹의 피해가 급속히 증가하고 있다. 컴퓨터 바이러스는 바이러스가 생체에 침입하여 병을 일으키는 것처럼 컴퓨터 내에 침입하여 자료를 손상시키거나 다른 프로그램들을 파괴해 컴퓨터의 작동을 방해하고 자신을 복제하여 다른

컴퓨터에 전염시키는 프로그램의 한 종류이다. 해킹은 다른 사람의 컴퓨터에 침입하여 데이터를 빼내거나 파괴하는 행위로 컴퓨터 통신망이 발전하면서 전 세계의 컴퓨터들이 통신망에 연결된 인터넷의 활용이 많아지면서 해커들에 의한 피해가 확산되고 있다. 이렇게 다른 사람의 컴퓨터에 침입하는 해킹이나 데이터를 파괴하는 컴퓨터 바이러스 등에 의한 피해를 막기 위해 최근에 생명체의 면역시스템의 특징을 이용한 시스템 침입탐지와 바이러스 탐지 및 치료에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다[1-4].

생체 면역계는 외부에서 침입해 세포나 장기에 피해를 주는 물질인 항원을 스스로 자기세포와 구분해 인식, 제거하는 기능이 있다. 항원 인식 기능은 자기세포의 확실한 인식을 가지고 있는 상태에서 다른 물질을 구분하는 자기/비자기 인식방법으로 볼 수 있다[5].

본 논문에서는 생체 면역계의 자기 세포와 항원을 구별하여 인식하는 방법을 모델링한 자기-인식 알고리즘을 제안한다. 이와 같이 생체 면역계의 자기-인식 특성을

접수 일자 : 2001년 10월 1일

완료 일자 : 2001년 12월 1일

감사의 글 : 본 연구는 한국산업자원부 2000년 제2차 산업기반기술개발사업(공통핵심/Spin-Off)의 연구비지원으로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

모델링한 사례로는 S. Forrest의 Anomaly Detection Algorithm이 있다[2-3]. 이 알고리즘은 면역세포의 생성 과정 중의 하나인 Negative selection을 이용하여 Anomaly detector를 구성하고 이를 자기-인식 알고리즘에 적용하였다. 제안되었던 알고리즘은 자기 공간의 변경에 대한 인식과 추가되는 자기 공간에 대한 인식에 좋은 반면 자기 공간의 삭제에 대한 인식률[2-3]과 블록단위의 변경에 대한 인식률이 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 생명체의 면역세포의 생성 과정 중의 하나인 Positive Selection을 모델링하여 자기-인식 알고리즘을 제안한다. 제안된 자기-인식 알고리즘은 자기 공간의 변경에 대한 인식과 자기 공간의 삭제에 대한 인식률, 그리고 블록단위의 변경에 대한 인식률이 좋은 특성을 가진다. 또한 이 두 가지의 자기-인식 알고리즘을 사용할 때의 자기-인식률의 향상을 가져온다. 이를 이용하여 침입에 의한 데이터 변경과 바이러스에 의한 데이터 감염 등을 탐지할 때 가장 중요한 요소인 자기-인식 알고리즘을 구현하였다. 제안한 알고리즘은 자기 공간의 국소 변경과 블록 변경에 대한 자기인식률을 통해 알고리즘의 유효성을 검증한다.

2. 생체 면역시스템

2.1 생체 면역시스템 상호작용

생명체의 방어체제인 면역계는 박테리아, 기생균, 바이러스 등과 같이 항원이라고 통칭하는 매우 다양한 외부 유기체나 단백질에 대하여 생명체의 세포와 장기를 방어할 수 있는 매우 정교하고 복잡한 시스템이다. 면역계를 구성하는 기본요소는 두 가지 형태의 림프구로 B세포와 T세포이다. B세포는 항원을 죽이는 항체를 생산, 분비하는 체액성 반응을 하며, T세포는 면역에 관련된 세포를 자극 또는 억제하거나 항원에 의해 감염된 자기세포를 죽이는 세포성 반응을 주로 담당한다.

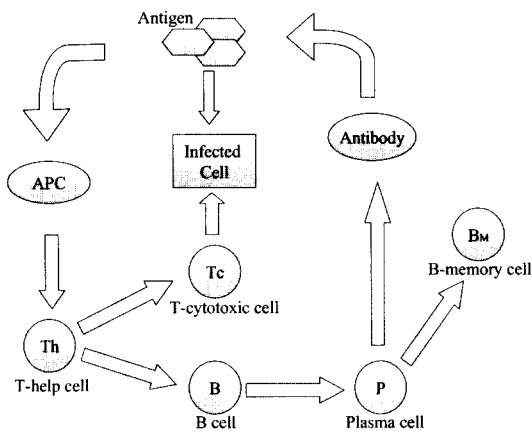


그림 1. 생체 면역시스템의 상호작용도
Fig. 1 Interaction of biological immune system

외부의 침입 물질인 항원이 발생하면 대식세포 등과 같은 식세포에 의한 면역반응이 형성된다. 이 과정에서 대식세포는 항원의 특정부위인 항원결정소의 정보를 수

집, 이를 항원의 모습으로 설정하여 제공한다. 이렇게 모여진 정보는 T세포의 하나인 보조 T세포(T-helper Cell)를 통해 세포독성 T세포(T-cytotoxic Cell)와 B세포(B-Cell)를 자극한다. 자극 받은 B세포는 항체를 생산하며 이 후에 같은 항원의 재침입의 면역반응을 위한 기억세포가 된다. 세포독성 T세포는 항원에 의해 감염된 자기 세포를 제거하는 역할을 한다. 항원이 감소하기 시작하면 T세포의 일종인 억제 T세포(T-suppressor Cell)에 의해 B세포와 T세포의 활동이 억제되어 면역반응이 감소하게 된다. 그림 1은 생체면역시스템의 상호작용을 보여주고 있다.

2.2 Positive & Negative Selection

면역 세포가 외부에서 침입한 항원을 제거하는 면역 반응을 정상적으로 수행하기 위해서 각 면역세포들은 2가지의 요소에 의존하게 된다. 하나는 각각의 세포사이의 협력과 공조이다. 또 다른 하나는 항원의 인지 능력과 구별 능력이다. 면역 세포의 항원을 인지하는 능력은 자기 세포와 구별되는 항원을 구별하고 이의 항원결정소의 특성을 가지고 있는 면역 세포를 통해 항원을 제거하는 면역 반응을 일으키는 가장 중요한 능력인 것이다.

면역 세포가 자기 세포를 인지하는 방법으로는 MHC 단백질을 이용한다. 개체에는 각각 개인적인 특징을 이루는 단백질이 존재하며, 단백질을 생성하는 유전들을 주조직 적합성 복합체(major histocompatibility complex, MHC)라 하며, 이렇게 생성된 단백질을 MHC 단백질이라고 한다. 이 MHC 단백질을 인식하는 부분을 면역세포에 존재하며 이를 이용해 자신의 세포인지를 판단하게 된다. B세포나 T세포와 같이 특정 항원에 대해 적용되는 면역 세포는 생성될 때 다양한 항원들의 특성에 부합되는 부분이 존재하며 이를 항원수용체(Antigen Receptor)라 한다. 항원수용체는 면역 세포가 생성될 때 유전자의 돌연변이 및 교차를 이용하여 다양성을 내포하며 생성된다.

자기를 판별해주는 MHC 단백질을 인식하는 부분과 항원의 종류를 판별하는 항원수용체의 특성을 지니는 대표적인 면역 세포는 세포독성 T세포이다. 세포독성 T세포는 항원에 감염된 자기 세포를 제거하는 역할로 먼저 자기 세포인지를 판별하고 자기 세포에 항원이 존재하는가를 검사하므로 이 두 가지의 인식부를 모두 가지고 있다. 이러한 T세포의 인식부를 T세포 수용체(T-cell receptor)라고 한다. T세포 수용체가 면역계에서 정상적으로 동작되지 않으면 자기 세포를 항원으로 인식하게 되어 공격하게 된다. 따라서 면역계는 면역 세포 초기 생성시 MHC 인식부와 항원수용체의 정상적인 동작여부를 확인하면서 면역 세포를 생성하여 면역계를 구성한다. 수용체의 정상적인 동작여부를 가리는 방법으로 사용되는 것이 Positive Selection과 Negative Selection이다.

Positive Selection은 각 면역세포의 MHC 인식기능을 확인하는 선택방법이다. 자기세포에서 분비되는 MHC 단백질을 정확히 인지할 수 있는 면역세포만이 사용가능하기 때문에 갖 생성된 면역세포에 MHC 단백질을 결합시켜 긍정적인 선택이 되는 세포들로만 면역 세포를 구성하게 되며 선택되지 않은 면역 세포들은 자기 세포를 인지하지 못하는 것이므로 제거 또는 재배열 등의 방법을 사용하여 면역계를 유지한다.

Negative Selection은 항원의 인식에 있어서 자기를 항

원으로 인식하는 것을 배제하기 위해 방법이다. 항원수용체가 MHC 단백질을 항원으로 인식하면 모든 자기 세포를 항원으로 인식하게 된다. 때문에 항원으로 MHC 단백질을 인식하지 못하게 하기 위해 면역세포에 MHC 단백질을 결합시켰을 때 항원수용체가 부정적인 선택을 하는 세포만으로 구성된다. 이때 긍정적인 선택을 하는 면역세포는 MHC 단백질을 항원으로 인식하는 세포들이므로 죽이거나 다시 항원수용체를 형성하는 단계를 거치게 된다.

이 두 가지 선택을 거친 면역세포는 MHC 단백질을 자신으로 인식하면서 이를 항원으로 인식하지 못하게 구성되어 생명체에서 정상적인 면역반응을 형성한다. 그림 2는 생체 면역계에서 정상적인 면역 세포의 형성과정을 보여주고 있다.

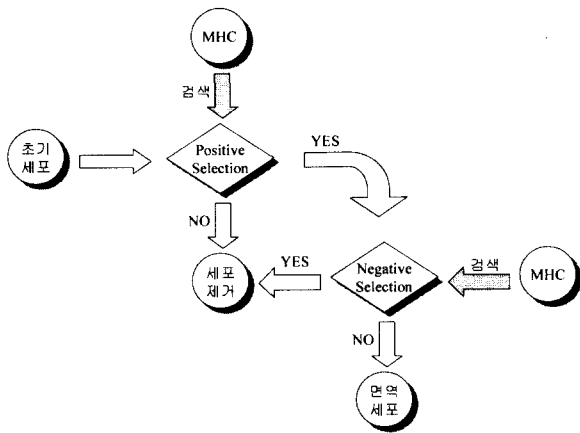


그림 2. 생체 면역계의 정상 면역세포 형성 과정
Fig 2. Mechanism of immune cell in biological immune system

3. 자기 인식 알고리즘

본 논문에서는 면역 세포에서 MHC 유전자가 만들어 내는 MHC 단백질을 인식해 자기가 아닌 물질에 대해서 자기를 구분하는 방법을 이용하여 자기-인식 알고리즘을 구현하였다. 구현한 자기-인식 알고리즘은 자기 공간에서 자기로 인식할 특징점이나 일정공간을 가지는 MHC를 생성하고 이를 자기 공간의 MHC Set으로 정한다. 이러한 MHC Set은 자기 공간의 특징을 가지고 있으므로 이를 기반해 자기가 아닌 다른 것을 구별해 낼 수 있다. 자기 공간의 특징으로 인식부를 형성하는 방법이 초기 면역세포의 생성시 MHC 인식부를 검사, 형성해 주는 Positive Selection의 방법인 것이다. 자기 공간의 검사는 검사 공간에서 MHC Set을 가지고 있으면 자기 공간으로 인식하며 그러한 MHC Set을 가지고 있지 않으면 비자기 공간으로 인식한다. 따라서 이 방법에 의한 자기-인식 알고리즘은 자기 공간의 변경과 삭제에 대해서 자기를 판별하는 알고리즘으로 작용한다.

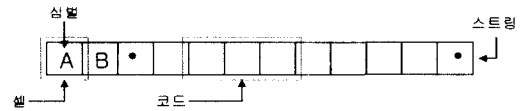


그림 3. MHC set 스트링의 구성 요소
Fig 3. Unit of MHC set string

MHC는 자기 공간으로 설정된 스트링의 집합 S에서 생성한다. 이러한 스트링은 일정 길이의 셀로 구성되며 셀은 정해진 알파벳 심벌들 중 하나의 값을 가진다. MHC set은 하나의 스트링의 길이를 가지는 MHC들로 정의한다. 생성과 매칭의 기본 단위인 코드는 일정한 개수 r개의 연속적인 셀들을 의미하며 MHC는 교차되는 코드들을 이용하여 생성한다. 그림 3은 스트링의 구성요소를 보여주고 있다.

MHC set을 구성하는 알고리즘은 다음과 같다.

- STEP 1. 스트링들로 구성된 자기 공간 S를 설정한다. 자기 공간은 자기-인식 알고리즘으로 매칭을 실행했을 때 자기로 인식되는 공간을 의미한다. 이렇게 구성된 자기 공간은 스트링의 위치 값을 가지는 코드들을 생성할 수 있다.
- STEP 2. 자기 공간 스트링의 첫 번째 위치에 자리 잡은 코드들의 집합에서 중복되지 않는 코드를 랜덤하게 선택한다. 선택된 코드는 하나의 MHC 스트링의 첫 번째 위치에 자리 잡는 코드가 되며 MHC를 구성하는 시드가 된다.
- STEP 3. 자기 공간 스트링의 두 번째 위치에 자리 잡은 코드들의 집합에서 첫 번째 위치의 코드와 동일한 부분을 가지는 코드를 선택한다. 선택된 코드는 MHC 스트링의 두 번째 위치에 자리 잡는 코드가 된다.
- STEP 4. 스트링의 각 위치에 자리 잡은 코드들의 집합에서 앞 위치의 코드와 동일한 부분을 가지는 코드를 선택하여 각 코드의 위치에 자리 잡아 하나의 스트링을 구성하고 이를 MHC 스트링으로 설정한다.
- STEP 5. 위의 2,3,4의 방법을 반복하여 일정 개수의 MHC set을 설정한다.

위와 같은 알고리즘으로 MHC set을 구성한다. 그림 4는 코드를 3으로 설정하여 MHC set을 구성하는 방법을 보여주고 있다.

자기-인식 검사는 구성된 MHC set을 이용하여 이루어진다. 각의 MHC set의 코드들이 자기 공간 스트링의 위치에 존재하는가를 검사한다. 하나의 MHC 스트링을 이루고 있는 모든 코드가 검사 공간 스트링의 각 위치에 존재하면 해당 MHC 스트링에 의해서는 검사 공간을 자기로 인식하고 그렇지 않으면 비자기로 인식한다. 또한 모든 MHC set이 검사 공간을 자기로 인식하면 검사 공간을 자기 공간으로 인식한다. 그림 5는 MHC set을 이용한 검사 공간 검색 과정이다.

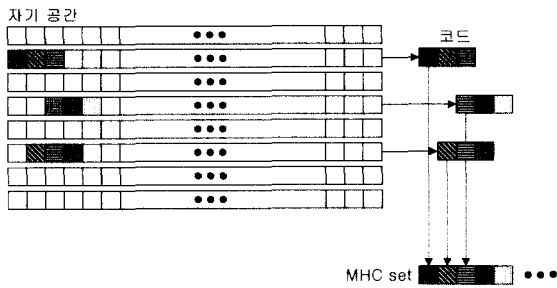


그림 4. 스트링의 코드를 3으로 설정한 MHC set의 구성 방법의 예

Fig 4. Example of constructing MHC set by code length, 3 in string

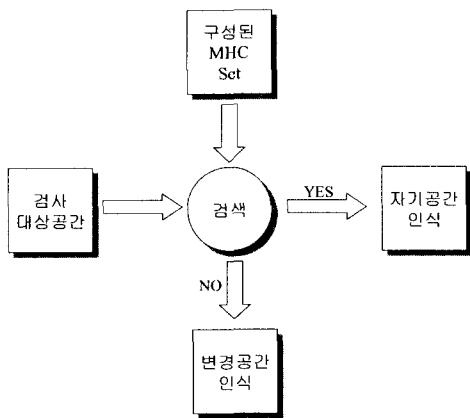


그림 5. MHC set을 이용한 자기/비자기 판단 과정
Fig 5. Process of self-recognition algorithm using MHC set

4. 시뮬레이션

생체 면역계의 중요한 특징 중에 하나인 자기 인식을 모델링하여 구현한 자기-인식 알고리즘의 유효성을 검증하기 위해 기존에 S. Forrest가 제안한 Anomaly detection 알고리즘과 본 논문에서 제안한 MHC set을 이용한 자기-인식 알고리즘의 자기-인식에 대해 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션은 컴퓨터에서 자기 공간을 형성하고 이를 각 알고리즘에 적용하여 Anomaly detector와 MHC set을 구성한다. 이후 두 가지 방법으로 자기 공간을 변경시켜 만든 검사 공간에 적용하여 알고리즘의 자기-인식의 정확도를 검사하여 자기-인식 알고리즘의 성능을 비교, 평가하였다.

4.1 시뮬레이션 조건

자기-인식 알고리즘의 유효성을 검증하기 위한 시뮬레이션의 조건을 다음과 같이 설정하였다. 스트링의 집합인 자기 공간은 자기로 인식하는 공간으로 시뮬레이션에서는 일정 크기의 파일을 만들어 자기 공간으로 설정하였다. 자기 공간의 스트링의 개수는 시뮬레이션에서 1600으로 결정하고 시뮬레이션하였다. 각 스트링은 32개

의 셀들로 구성하였으며 셀이 사용하는 심벌의 개수는 심벌의 개수는 256개로 설정하였다. 이는 2진 8비트의 크기로 문자를 나타내는 컴퓨터의 단위인 Character를 기본으로 스트링을 형성하기 위해서이다. 매칭과 생성에 가장 중요한 요소인 코드는 2로 설정하였다. 따라서 하나의 MHC 스트링은 각 위치에 따른 31개의 코드로 구성된다. 각의 MHC set과 Anomaly detector는 5개, 10개, 20개 그리고 30개로 구성하여 인식부의 개수에 따른 자기-인식 검사의 유효성을 검증하였다.

시뮬레이션은 각 조건에 대해 변경된 자기 공간 1,000개를 형성해 각 알고리즘에 적용하고 이의 자기인식률을 평가하였다. 이 때 자기 공간의 변경방법으로 두 가지를 사용하였다. 하나는 자기 공간의 부분적 국소 변경에 의한 자기-인식 알고리즘의 자기-인식률을 검증하기 위해 자기 공간의 몇 개의 셀을 변경하는 셀 변경(Cell Change) 방법과 실제로 해킹이나 바이러스에 의해 발생하는 자기 공간의 일정부분의 변경에 따른 자기-인식률을 확인하기 위해 자기 공간의 일정 개수의 스트링의 모든 셀을 변경하는 스트링 변경(String Change) 방법을 사용하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

다음은 자기 공간에서 셀을 변경한 경우의 시뮬레이션 결과이다. 자기 공간과의 유사도, MHC set과 Anomaly detector의 개수를 변화시켜 시뮬레이션 하였으며 변경된 자기 공간 각 1,000개에 대해서 자기-인식 알고리즘을 적용하였으며 이러한 적용을 10번 수행해 각 자기-인식 알고리즘이 자기로 잘못 인식한 회수의 평균을 결과로서 나타내고 있다. 표 1은 MHC set과 Anomaly detector를 5, 10, 20, 30개로 구성하고 자기 공간의 스트링의 개수를 1600으로 설정하여 자기 공간과의 유사도에 따른 자기-인식 알고리즘의 인식을 나타내고 있다. 결과에서 보여주듯이 자기-인식 알고리즘은 유사도와 구성된 인식부의 개수에 따라 인식률의 정도가 다르게 나타남을 알 수 있다. 제안된 MHC set algorithm은 셀 변경에 의한 자기인식률에서 기존의 Anomaly detection algorithm

표 1. 셀변경에 의해 변경된 자기 공간 1,000개씩 자기-인식 알고리즘의 적용을 10번 반복한 후 변경 공간을 자기로 잘못 인식한 평균 횟수

Table 1. Simulation result of self-recognition algorithms using the cell-change method

인식부	인식부 개수	자기 공간과의 유사도				
		0.99	0.97	0.95	0.93	0.91
MHC set	5	912.2	730	618.5	495.7	437
	10	825.5	549.4	384.9	243.6	179.4
	20	681.3	314.1	144.5	73	27.3
	30	557.3	190.5	66.2	21.1	5.2
Anomaly detector	5	922.5	798.4	697.3	598.1	534.8
	10	851.3	645.6	478.6	358.4	295.3
	20	736.6	402.1	229.1	134	78
	30	634.6	258.4	111	5.31	19.2

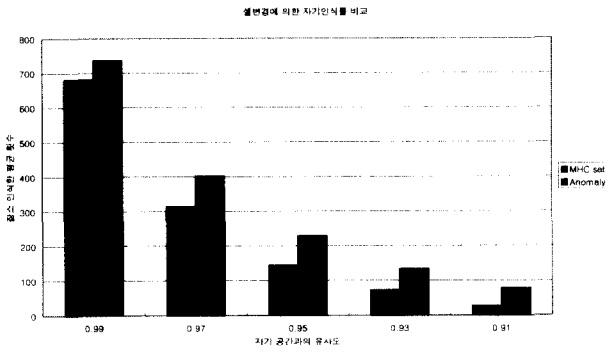


그림 6. 인식부를 20으로 설정했을 때 셀변경 방법에 따른 자기-인식 알고리즘의 자기 인식률 비교
Fig 6. Self-recognition rate of MHC set and Anomaly detection using cell-change method

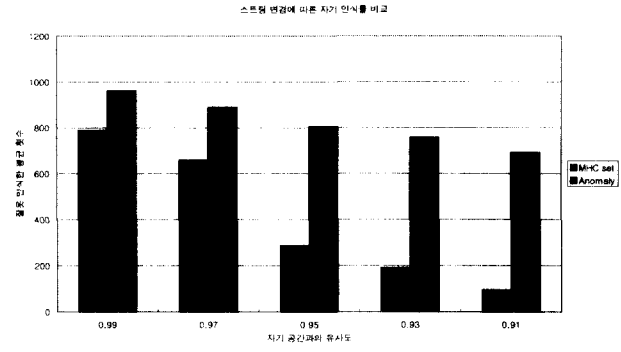


그림 6. 인식부를 5로 설정했을 때 스트링 변경에 따른 자기-인식 알고리즘의 자기 인식률 비교
Fig 6. Self-recognition rate of MHC set and Anomaly detection using string-change method

과 유사한 자기인식률을 보임을 알 수 있다. 그림 6은 인식부의 개수를 20으로 했을 경우를 표로 비교한 그림이다.

다음의 시뮬레이션은 스트링의 변경에 따른 자기-인식 알고리즘들의 자기-인식율을 보여주고 있다. 자기 공간의 일정 스트링의 모든 셀을 변경한 1,000개의 변경 공간에 대해 MHC set과 Anomaly detector를 5, 10, 20, 30개로 변화시켜 10번을 수행해 자기 공간으로 잘못 인식한 회수의 평균을 결과 값으로 보여주고 있다. 이때 자기 공간의 크기와 자기 공간의 변경 정도에 따른 자기-인식 알고리즘의 인식률을 보여주고 있다. 표 2는 MHC set과 Anomaly detector를 5, 10, 20, 30개로 구성하고 자기 공간의 스트링의 개수를 1600으로 설정하여 자기 공간과의 유사도에 따른 자기-인식 알고리즘의 인식률 나타내고 있다. MHC set algorithm의 스트링 변경에 따른 인식률이 Anomaly detection algorithm에 비해 높은 자기-인식률을 보임을 알 수 있다. 이는 자기-특성의 공간을 가지고 있는 MHC set algorithm이 블록 변경으로 생기는 자기 공간의 변경의 인식에 유리함을 보여주고 있다.

표 2. 스트링변경에 의해 변경된 자기 공간 1,000개씩 자기-인식 알고리즘의 적용을 10번 반복한 후 변경 공간을 자기로 잘못 인식한 평균 횟수

Table 2. Simulation result of self-recognition algorithms using the string-change method

인식부	인식부 개수	자기 공간과의 유사도				
		0.99	0.97	0.95	0.93	0.91
MHC set	5	789.3	658.9	287.5	191.5	94.6
	10	651	150.2	80.1	10.1	0.2
	20	371.6	51.3	0	0	0
	30	93.1	0.1	0	0	0
Anomaly detector	5	960.9	889.7	804.8	757.7	691.8
	10	929	874.4	678	581.2	498.4
	20	854.2	628.3	454.7	334.8	246.9
	30	787.2	508.4	306.6	196	123.9

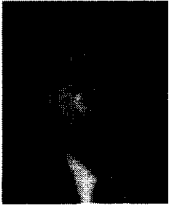
5. 결과 및 향후과제

본 논문에서는 생체 면역계의 세포독성 T세포에서 MHC 단백질을 인식하는 MHC 인식기능을 이용하여 컴퓨터에서 파일의 자기-인식을 검사하는 알고리즘을 구현하였다. 이렇게 구현한 MHC set은 변경된 자기파일에 대한 자기-인식률을 기존의 알고리즘과 비교해 그 유효성을 검증하였다. 이에 컴퓨터 면역시스템 구축에 필요한 자기-인식 알고리즘의 적용 가능성을 보였다. 구현한 알고리즘은 큰 파일에서도 기존의 알고리즘에 비해 쉽게 구성이 가능하며 일정부분의 변경에 대해서는 높은 자기인식률을 보여준다. 아직 자기파일과의 유사도가 작은 변경 검사에서는 그 유효성이 미미함의 보안을 위해 MHC set과 Anomaly detection을 통한 종합적인 자기-인식 알고리즘의 수정이 요구된다.

참고 문헌

- [1] D. Dasgupta, "An Immune Agent Architecture for Intrusion Detection", Genetic and Evolutionary Computation Conference Workshop Program pp. 42-44, 2000.
- [2] P. D'haeseleer, S. Forrest, P. Helman, "An Immunological Approach to Change Detection : Algorithms, Analysis and Implications," Proc. of IEEE Symp. on Security and Privacy, 1996
- [3] S. Forrest, L. Allen, A. S. Perelson, R. Cherukuri "Self-Nonself Discrimination in a Computer" IEEE Symposium on Research in Security and Privacy, 1994.
- [4] P. K. Harmer, G. B. Lamont, "An Agent Based Architecture for a Computer Virus Immune System", Genetic and Evolutionary Computation Conference Workshop Program pp. 45-46, 2000.
- [5] I. Roitt, J. Brostoff, D. Male, Immunology, 4th edition, Mosby, 1996.

저 자 소 개



심귀보(Kwee-Bo Sim)

1984년 : 중앙대학교 전자공학과 공학사
1986년 : 동 대학원 전자공학과 공학석사
1990년 : The University of Tokyo
전자공학과 공학박사
1997년~현재 한국퍼지 및 지능시스템학회
편집이사 및 논문지 편집위원장
1997년~현재 한국퍼지및지능시스템학회
편집이사

2000년~현재 제어자동화시스템공학회 논문지 편집위원 및
직선평위원
2000년~현재 대한전기학회 제어 및 시스템 부문회 편집위원
및 학술이사
1991년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수

관심분야 : 인공생명, 진화연산, 지능로봇시스템, 뉴로-퍼지
및 소프트 컴퓨팅, 자율분산시스템, 로봇비전, 진
화하드웨어, 인공면역계 등

Phone : +82-2-820-5319

Fax : +82-2-817-0553

E-mail : kbsim@cau.ac.kr



선상준(Sang-Joon Sun)

2000년 : 중앙대학교 전자전기공학부 학사
2000년~현재 중앙대학교 전자전기공학부
석사과정

관심분야 : 인공면역계, 인터넷보안 등.