

T세포 발생과정의 긍정 및 부정 선택에 기반한 변경 검사 알고리즘

Change Detection Algorithm based on Positive and Negative Selection of Developing T-cell

심귀보 · 이동욱

Kwee-Bo Sim and Dong-Wook Lee

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

본 논문에서는 생체의 면역계에서 중요한 역할을 하는 세포독성 T세포의 생성과정의 하나인 긍정 선택(positive selection)과 부정 선택(negative selection)을 모델링하였다. 그리고 침입에 의한 데이터 변경과 바이러스에 의한 데이터 감염 등을 탐지할 때 가장 중요한 요소인 변경 검사 알고리즘을 개발하였다. 제안된 방법은 자기를 인식하는 MHC 인식부와 비자기를 인식하는 항원 인식부를 생성하는 알고리즘이다. 따라서 제안한 방법은 실제 면역세포와 마찬가지로 자신과 침입자 모두에 대한 인식기를 가지고 변경을 탐지하게 된다. 시뮬레이션을 통하여 자기파일의 국소가 변경되었을 때와 블록이 변경되었을 때에 대하여 두 가지 방법을 이용한 변경 검사 알고리즘의 특성과 유효성을 밝힌다.

ABSTRACT

In this paper, we modeled positive selection and negative selection that is developing process of cytotoxic T-cell that plays important role in biological immune system. Also, we developed change detection algorithm, which is very important part in detecting data change by intrusion and data infection by computer virus. Proposed method is the algorithm that produces MHC receptor for recognizing self and antigen detector for recognizing non-self. Therefore, proposed method detects self and intruder by two type of detectors like real immune system. We show the effectiveness and characteristics of proposed change detection algorithm by simulation about point and block change of self file.

Key words : 면역계, 긍정 선택, 부정 선택, 자기-비자기 인식, MHC 인식부, 항원 인식부

1. 서 론

인터넷이 점점 보급됨에 따라 이메일, 인터넷뱅킹, 전자상거래, 온라인 주식투자, 온라인 게임, 온라인 카페 등 인터넷을 이용한 다양한 활동이 개인 및 기업의 활동에 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 단 몇 시간이라도 인터넷을 이용할 수 없다면 커다란 경제적인 손실을 입게 된다. 이와 같이 인터넷에 의존한 활동의 중요성이 증가함에 따라 컴퓨터의 침입탐지 및 보안에 대한 중요성도 점점 높아지고 있다.

생체의 면역계는 외부에서 침입한 항원을 인식하고 제거하는 고도로 발달된 기관이다. 본 논문에서는 생체면역계의 특징을 모델링 함으로써 컴퓨터 면역시스템에 적용하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 생체면역계의 특징 중의 하나인 항원을 인식하는 기능은 자기세포의 특징을 인식할 수 있는 상

태에서 자기세포와 다른 항원을 분류하는 자기-비자기(self-nonself) 인식방법이다. 이와 같은 기능을 가장 잘 보여주는 면역세포가 세포독성 T세포이다. 세포독성 T세포는 자기세포를 인식하는 부분과 항원으로 인식하는 부분으로 구성되어 항원에 의해 감염된 자기세포를 찾아 제거하는 역할을 한다[1, 2]. 생체의 면역계를 인공적으로 모델링하여 외부의 침입에 대해 자신을 보호하는 시스템을 인공 면역 시스템이라 한다[3-9].

본 논문에서는 생체 면역계의 자기 세포와 항원을 구별하여 인식하는 방법을 모델링한 자기 인식알고리즘을 제안한다. 이와 같이 생체의 자기 인식 특성을 모델링한 사례로는 Forrest의 변형 탐지 알고리즘(anomaly detection algorithm)[8, 9]이 있다. 이 알고리즘은 면역세포의 생성과정의 하나인 부정 선택(negative selection)을 이용하여 변형 인식부(anomaly detector)를 구성하고 이를 자기 인식알고리즘에 적용하였다. 이 알고리즘은 자기 공간의 변경에 대한 인식과 추가되는 자기 공간에 대한 인식에 좋은 반면 자기 공간의 삭제에 대한 인식률과 블록 단위의 변경에 대해 인식률이 떨어지는 단점이 있다.

본 논문에서는 세포독성 T세포가 자기를 인식하기 위한 긍정 선택(positive selection)과 비자기를 인식하기 위한 부

접수일자 : 2002년 11월 9일,

완료일자 : 2003년 2월 1일

본 연구는 산업자원부의 2000년 Spin off 과제에 의하여 연구되었습니다. 산업자원부의 연구비지원에 감사드립니다.

정 선택(negative selection)을 함께 모델링한 자기-인식 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 자기 공간의 변경에 대한 인식과 자기 공간의 삭제에 대한 인식을, 그리고 블록 단위의 변경에 대한 인식을에서 좋은 특성을 가진다. 제안한 알고리즘은 자기 공간의 국소 변경과 블록 변경에 대한 자기 인식을 통해 알고리즘의 유효성을 검증한다.

2. T세포의 형성원리

생체의 방어체제인 면역계는 박테리아, 기생균, 병원균, 독소, 바이러스 등과 같은 항원이라고 통칭하는 매우 다양한 외부 유기체나 단백질에 대하여 생체를 방어할 수 있는 매우 정교하고 복잡한 시스템이다. 면역계를 구성하는 기본 요소는 두 가지 형태의 림프구이다. 이는 B세포(B 림프구)와 T세포(T 림프구)로써, B세포는 항체를 분비하는 체액성 반응을 하며, T세포는 면역에 관련된 세포를 자극 또는 억제하거나 감염된 세포를 죽이는 세포성 반응을 주로 담당한다[1, 2].

개체에는 각각 개인적인 특징을 나타내는 단백질이 존재한다. 이를 주조직 적합성 복합체(major histocompatibility complex, MHC) 단백질이라 한다. T세포에는 MHC 단백질을 인식하는 부분이 존재하며 이를 이용해 자신의 세포여부를 판단하게 된다. 한편 B세포나 T세포는 특정 항원을 인식할 수 있는 인식부를 가지고 있으며 이를 항원 수용체(antigen receptor)라 한다[1].

여러 가지 면역세포 중 자기를 판별해주는 MHC 단백질 인식부와 항원을 인식하는 항원 수용체를 가지고 있는 세포는 T세포이다. T세포는 이 두 가지 인식부를 가지고 항원에 의해 감염된 자기 세포를 인식한다. 따라서 면역계는 T세포 생성시 MHC 단백질 인식부와 항원 수용체의 정상적인 동작 여부를 확인하면서 T세포를 생성한다. 이때 수용체의 정상적인 동작 여부를 가리는 방법으로 사용되는 것이 긍정 선택(Positive Selection)과 부정 선택(Negative Selection)이다.

긍정 선택은 각 면역세포의 MHC 단백질 인식기능을 확인하는 선택방법이다. 자기세포에서 존재하는 MHC 단백질을 정확히 인지할 수 있는 면역세포만이 사용가능하기 때문에 갓 생성된 면역세포에 MHC 단백질을 결합시켜 긍정적인 선택이 되는 세포들로만 면역 세포를 구성한다. 이때 선택되지 않은 면역 세포들은 제거 된다.

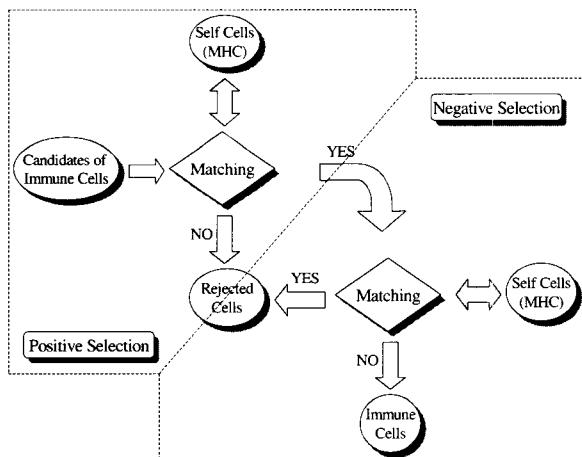


그림 1. T세포의 형성과정
Fig. 1. Developing Process of T Cell

부정 선택은 항원의 인식에 있어서 자기 세포를 항원으로 인식하는 것을 배제하기 위한 방법이다. 면역세포에 MHC 단백질을 결합시켰을 때 항원수용체가 MHC 단백질을 인식하지 못하는 세포들만 선택된다. 이때 긍정적인 선택을 하는 면역세포는 MHC 단백질을 항원으로 인식하는 세포들이므로 제거 된다.

그림 1은 생체 면역계에서 정상적인 면역 세포의 형성과정을 나타낸다. 그림의 면역세포는 긍정 선택과정을 거치면서 MHC 인식부가 결정되고 부정 선택과정을 거치면서 자신을 인식하지 않는 항원인식부가 결정된다. 따라서 두 가지 선택과정을 거친 T세포는 자신과 항원을 인식할 수 있는 두 개의 인식부를 가진다.

3. 자기-비자기 인식 알고리즘

생체 면역계의 중요한 특징 중 하나는 자기 세포를 인식하면서 자기 세포와 다른 항원을 인식함으로써 자기와 비자기를 구별하는 것이다.

Forrest는 생체 면역계의 면역 세포의 생성원리 중의 부정 선택을 이용해 변형 검지 알고리즘(anomaly detection algorithm)을 제안하였다. 이 알고리즘은 항원 인식부만을 이용해 비자기를 인식하는 알고리즘으로서 자기공간의 국소 변경 및 추가에 대해 좋은 자기-인식을 보인다. 하지만 자기 공간 부분삭제에 따른 자기 인식, 블록화된 변경에서의 자기 인식을 저하 등이 나타났다[9]. 이에 본 논문에서는 생체 면역계의 긍정 선택에 의한 MHC 인식부를 추가함으로써 이러한 문제점을 보완한 알고리즘을 제안한다.

3.1 부정 선택에 의한 비자기 인식 알고리즘

부정선택에 기반한 변형 검지 알고리즘은 Dasgupta와 Forrest에 의해 제안된 자기-비자기 인식 알고리즘의 하나이다. 이는 자기 공간에 대해서 부정선택을 거쳐 인식부 세트를 구성하고 이를 이용해 비자기 인식에 사용하였다. 이 변형 인식부(anomaly detector)를 이용한 비자기 인식 알고리즘은 자기 공간에 부분적으로 변경된 부분과 추가된 부분을 인식부를 통해 찾아낸다[9].

이 알고리즘은 크게 두 부분으로 구성된다. 하나는 자기 공간을 검사하기 위한 변형 인식부를 구성하는 부분이며 다른 하나는 구성된 변형 인식부를 이용하여 자기 공간을 모니터링하며 변화의 발생을 검사하는 부분이다.

그림 2는 부정 선택에 의해 변형 인식부를 생성하는 과정을 나타낸다. 변형 인식부는 자기파일과 일치하지 않는 스트링(string)을 이용하여 구성한다. 우선 보호되어야 할 자기 공간 즉 자기파일 S 를 정의한다. 다음단계로 길이 l 의 랜덤 스트링을 생성한다. 이 스트링의 집합을 R_0 라고 한다. R_0 의 각 스트링은 자기파일의 스트링 S 와 r -연속 매칭을 하여 매칭된 것들을 모아 집합 R 을 만든다. 단, $r < l$ 이다. 이와 같이 생성된 집합 R 을 변형 인식부라고 한다. 한편 S 와 일치하는 R_0 의 스트링은 E 가 되며 이것은 버려진다.

같은 길이의 두개의 스트링 사이의 완벽한 매칭이라는 것은 스트링의 각 위치에 자리하고 있는 각각의 셀의 심벌이 완전히 동일함을 의미한다. 이러한 매칭은 자기공간의 스트링이 어느 정도 이상 커지면 매칭되지 않는 스트링을 찾는 것이 어려워지기 때문에 부분적 매칭 룰을 이용하고 있다.

변형 인식 알고리즘(anomaly detection algorithm)에서 사용하는 매칭 률은 r 개 셀들의 매칭됨을 확인하는 방법이다. 따라서 어떤 두 스트링에 대해 적어도 r 개 인접한 셀들에서 같은 셀들이 존재한다면 매칭되었다고 정의한다[9].

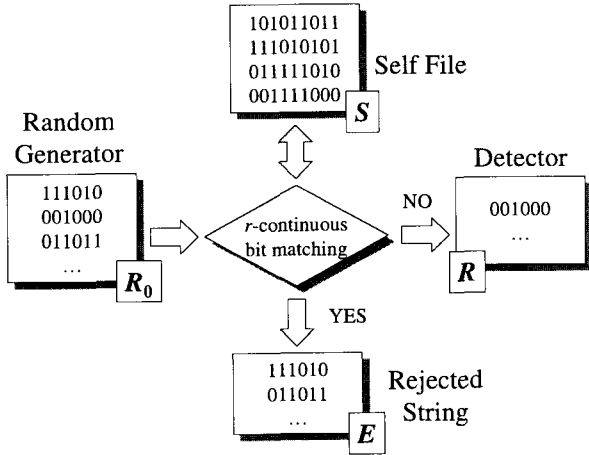


그림 2. 변형 인식부 구성 방법
Fig. 2. Construction method of anomaly detector

이와 같은 과정을 통해 만들어진 변형 인식부들을 이용해 자기 파일이 아닌 부분을 인식한다.

이 알고리즘은 충분한 개수의 변형 인식부를 준비해 둬서 다양한 종류의 항원 즉 변형에 대해 인식할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만, 자기를 직접 인식하는 것이 아니라 비자기를 인식하여 자기의 변경여부를 판단해내는 알고리즘이기 때문에 자기 공간이 부분적으로 삭제된 것은 인식하지 못한다. 또한 여러 곳이 국소적으로 변경된 경우에 비하여 적은 개수의 블록이 변경된 경우에는 인식이 떨어진다.

3.2 긍정 선택에 의한 자기 인식 알고리즘

본 절에서는 변형 인식부를 이용한 자기-비자기 인식방법의 단점을 보완하기 위한 알고리즘을 제안한다. 본 알고리즘은 T세포의 또 다른 인식부인 MHC 단백질 인식부(이하 MHC 인식부)를 모델링해 자기를 인식하는 방법이다.

제안된 알고리즘은 자기 공간에서 자기로 인식할 특징점이나 일정공간을 가지는 MHC 인식부를 생성하고 이를 자기 공간의 MHC 인식부 집합(이하 MHC set)으로 정한다. 이러한 MHC Set은 자기 공간의 특징을 가지고 있으므로 이를 기반으로 자기와 비자기를 구별할 수 있다. 자기 공간의 특징으로 인식부를 형성하는 방법이 초기 T세포의 생성시 MHC 인식부를 검사, 형성해 주는 긍정 선택 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.

알고리즘을 설명하기 위하여 그림 3과 같이 MHC 인식부에 대하여 정의한다. 스트링의 길이를 l 로 한다. 스트링의 각 위치를 셀(cell)이라 한다. 또한 각 셀의 값은 특정한 심벌 즉 알파벳이 된다. 코드는 매칭의 기본단위로서 n 개의 셀로 구성된다. 단, $n < l$ 이다

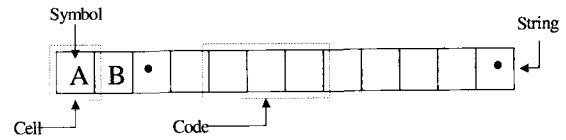


그림 3. MHC 인식부 스트링의 구성요소
Fig. 3 Elements of MHC detector string

MHC 인식부는 자기 공간으로 설정된 S 로부터 생성한다. MHC set은 정해진 길이의 MHC 인식부들로 구성된다. 매칭의 기본 단위인 코드는 일정한 개수(n)의 연속적인 셀들을 의미하며 MHC는 교차되는 코드들을 이용하여 생성한다. 그림 4에서 교차되는 코드의 구성을 보여준다.

다음은 본 논문에서 제안한 MHC set을 구성하는 알고리즘이다.

[단계 1]: 자기 공간 S 를 정의하고 일정 길이의 스트링으로 나눈다.

자기 공간을 일정한 길이(l)의 스트링으로 나누어 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.

[단계 2]: MHC 인식부의 첫 번째 코드를 선택한다.

자기 공간 스트링의 첫 번째 위치에 자리 잡은 코드들의 집합에서 다른 MHC 인식부와 중복되지 않는 코드를 랜덤하게 선택한다. 선택된 코드는 하나의 MHC 스트링의 첫 번째 위치에 자리 잡는 코드가 되며 MHC 스트링을 구성하는 시드가 된다.

[단계 3]: 두 번째 위치의 코드를 선택한다.

MHC 스트링의 두 번째 위치의 심벌을 결정하는데 있어서 앞서 선택한 코드의 두 번째 이하부분이 일치하는 코드를 선택한다. 선택된 코드는 MHC 스트링의 두 번째 위치에 자리 잡는 코드가 된다.

[단계 4]: 나머지 위치의 코드 값을 결정한다.

스트링의 나머지 위치에 대해서도 단계 3과 동일한 방법으로 각 위치의 심벌들을 결정한다. 만약 이전의 코드와 중복되는 코드를 생성할 수 없으면 현재까지 구성된 코드를 버리고 단계 2로 가서 첫 번째 코드를 다시 생성한다.

[단계 5]: 일정 개수의 MHC 인식부를 생성해 MHC set을 구성한다.

위의 단계 2~4의 과정을 반복하여 일정 개수의 MHC 인식부를 생성해 MHC set을 구성한다

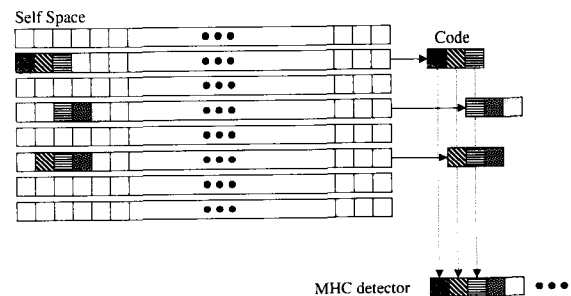


그림 4. MHC 인식부의 구성방법
Fig. 4. Construction method of MHC detector

그림 4는 코드의 길이 $n=3$ 으로 설정하여 MHC set을 구성하는 방법을 보여준다.

자기 인식 검사는 구성된 MHC set을 이용하여 이루어진다. 각 MHC 인식부의 코드들이 자기 공간 스트링의 위치에 존재하는가를 검사한다. 하나의 MHC 스트링을 이루고 있는 모든 코드가 검사 공간 스트링의 각 위치 값에 존재하면 해당 MHC 스트링에 의해서는 검사 공간을 자기로 인식하고 그렇지 않으면 비자기로 인식한다.

제안한 알고리즘은 다음과 같은 특성을 가진다. 첫째로 MHC 인식부의 각 셀을 설정함에 따라 위치정보가 함께 저장된다. 이것은 공간의 일부가 삭제 또는 첨가 되었을 때 변화를 감지할 수 있게 해준다. 둘째로 일부가 중복 일치하는 코드를 이용하여 MHC 인식부를 생성하므로 각 셀은 코드길이(n) 만큼의 중복된 위치값을 표현하는 효과를 갖는다. 즉 그림 4에서 각 셀은 3개의 위치에 대한 대표값의 의미를 갖는 것이다. 중복 코드 없이 MHC 인식부를 생성하는 방법에 비해 $1/n$ 배 인식부 수를 가지고 동일한 영역을 인식할 수 있다.

이 방식은 변형 인식부의 단점인 자기공간의 삭제에 대한 인식에 매우 유효하며 인식부를 구성하는 코드가 자기 파일의 여러 곳에 분산됨으로서 일정영역 즉 블록변경에 대해서 인식할 가능성을 높여준다. 하지만 위치변화가 없이 여러 곳이 국소적으로 변경될 경우 인식률이 떨어지며 자기공간의 뒤에 추가될 경우 추가된 부분을 인식하지 못한다.

3.3 두 방법을 이용한 자기-비자기 인식 알고리즘

T세포는 긍정 선택과 부정 선택 과정을 거쳐야 MHC인식부와 항원 인식부 모두를 갖는 정상적인 면역세포가 된다. 본 논문에서도 실제 T세포와 마찬가지로 두가지 선택과정을 통하여 각 인식부를 구성하는 자기-비자기 인식 알고리즘을 제안한다. 이는 변형 검지 알고리즘의 자기 공간의 삭제에 대한 자기 인식과 MHC set의 자기 공간 추가에 대한 자기 인식의 영역을 서로 보완해준다. 또한 국소가 변경된 경우와 일부 블록이 변경된 경우에 있어서도 서로 보완적인 인식특성을 가지고 있다. 그림 5는 MHC set과 변경 인식부 모두를 가지고 탐색 공간(search space)의 자기 비자기 인식 과정을 나타내는 그림이다.

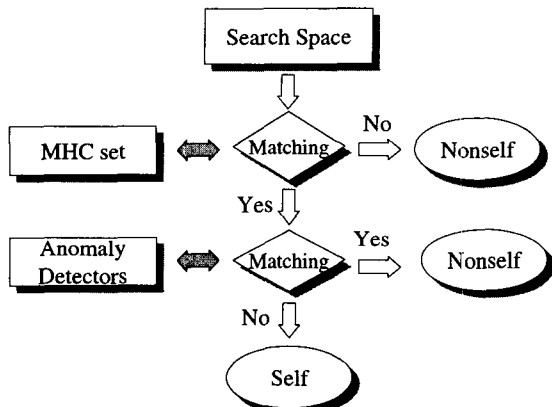


그림 5. 두 가지 인식부를 이용한 자기-비자기 인식
Fig. 5. Self-nonself recognition using two type of detectors

4. 실험 결과

제안한 방식의 유효성을 검증하기 위하여 긍정 선택을 거친 MHC set만을 이용했을 때, 부정선택을 거친 변형 인식부만을 이용했을 때, 두 가지 방식을 혼합하였을 때 각각에 대한 자기변경 인식률을 비교 하였다. 표 1은 셀을 변경하였을 때의 인식률 비교표이고, 표 2는 스트링 즉 블록을 변경하였을 때 인식률 비교표 이다.

실험 조건은 다음과 같다. 스트링의 집합인 자기 공간은 자기로 인식하는 공간으로 실험에서는 일정크기의 파일을 만들어 자기공간으로 설정하였다. 자기공간의 크기는 3,200으로 설정하였다. 또한 스트링의 길이 l 은 32로 설정하였으며 셀은 8bit로 하였다. 따라서 각 셀에는 2^8 개의 심벌이 올 수 있다. MHC 매칭에 사용되는 코드의 크기 n 은 2로 설정하였다.

자기변경 인식 실험은 자기 파일의 변경률을 0.01%에서 0.1%로 변화시켜가면서 국소변경 즉 셀을 변경시킨 경우와 블록 변경에 대한 경우로 나누어 실험하였다. 또한 각각의 경우에 인식부의 개수는 10일 경우와 20일 경우로 실험하였다. 그리고 MHC set과 변형 인식부 모두를 사용한 경우는 한 가지만 사용한 경우와 동일한 비교가 되도록 하기 위하여 인식부의 개수를 반씩 하여 합하였을 때 각각 10개와 20개가 되도록 구성하였다. 일반적인 성능평가를 위해서 각 실험은 변경된 자기공간 10,000개를 생성해 이를 탐지해 내는 비율로 하였다.

표 1은 MHC set을 이용한 경우 변형 인식부를 이용한 경우 두 가지를 혼용한 경우에 대한 셀 변경 인식률을 비교한 표이다. 이 경우 MHC set을 이용한 방법보다 변형 인식부를 이용한 방법의 변경 인식률이 더 높음을 알 수 있다. 인식부 수가 20개이고 변경률이 0.1%일 때 MHC set을 이용한 경우 97.52%의 탐지율을 보였으며 변형 인식부의 경우는 99.65%로 더 높은 탐지율을 보였다. 이때 두 방법을 혼용한 경우 즉 MHC set 10개와 변형 인식부 10개를 함께 사용한 경우는 각각을 사용했을 때의 인식률 85.87%와 94.05%에 비해 비교적 높은 99.23%의 인식률을 기록함으로써 셀 변경시 비교적 우수한 방법인 변형 검지기 20개를 사용한 경우와 비슷한 성능을 나타냈다.

표 2는 세가지 방법에 대한 스트링(블록) 변경 인식률을 비교한 표이다. 이 경우 변형 인식부를 이용한 방법보다 MHC set을 방법의 변경 인식률이 더 높음을 알 수 있다. 인식부 수가 20개이고 변경률이 0.06%일 때 변형 인식부를 이용한 경우 84.80%의 탐지율을 보였으며 MHC set의 경우는 100%의 탐지율을 보였다. 이때 두 방법을 혼용한 경우는 각각 10개씩 사용했을 때의 인식률 60.57%와 97.44%에 비해 비교적 높은 98.70%의 인식률을 기록함으로써 20개의 MHC 인식부를 사용한 경우와 비슷한 성능을 나타냈다.

두개의 실험 결과를 통하여 셀을 변경했을 때에는 변형 인식부를 통한 변경 인식 성능이 더 우수하였으며, 스트링을 변경했을 때에는 MHC set을 이용한 변경 인식 성능이 더 우수함을 알 수 있다. 하지만 두 가지 방식을 혼합했을 때에는 각 방식의 장점이 조합되어 셀 변경과 스트링 변경에 대하여 모두 좋은 인식률을 보였다. 따라서 두 가지 인식부를 혼용한 방법은 자기공간의 변경이 셀 또는 스트링일 때 모두에 대해서 모두 강건하게 동작함을 알 수 있다.

표 1. 세가지 방법에 대한 셀 변경 인식률 비교
Table 1. Comparison of recognition rate for cell change

방법	MHC set		Anomaly d.		MHC+Anomaly	
	10	20	10	20	10 (5+5)	20 (10+10)
0.01	18.58	32.57	26.8	46.15	22.52	46.46
0.02	33.15	54.24	44.94	70.17	39.70	63.20
0.03	44.60	69.98	60.05	83.69	52.92	77.57
0.04	54.82	78.34	69.44	90.28	64.29	86.29
0.05	61.71	85.04	77.42	94.92	71.89	91.47
0.06	70.28	89.53	82.57	96.93	76.50	94.60
0.07	74.19	94.25	86.91	98.19	81.89	96.72
0.08	80.62	96.15	90.01	98.83	86.25	98.12
0.09	81.54	97.44	92.52	99.52	88.65	98.67
0.10	85.87	97.52	94.05	99.65	90.94	99.23

표 2. 세가지 방법에 대한 스트링 변경 인식률 비교
Table 2. Comparison of recognition rate for string change

방법	MHC set		Anomaly d.		MHC+Anomaly	
	10	20	10	20	10 (5+5)	20 (10+10)
0.01	63.12	86.51	14.46	27.27	32.01	68.50
0.02	85.04	97.73	27.30	46.72	46.27	89.06
0.03	96.70	99.23	37.56	60.92	67.83	97.91
0.04	93.30	100	46.31	71.97	75.79	96.43
0.05	96.82	100	53.45	78.64	88.31	91.47
0.06	97.44	100	60.57	84.80	95.00	98.70
0.07	99.97	100	66.16	88.46	95.20	100
0.08	100	100	72.19	91.19	95.70	100
0.09	100	100	75.50	94.16	96.99	100
0.10	100	100	79.43	95.58	98.48	100

5. 결 론

본 논문에서는 생체 면역계의 면역세포 중 T세포의 자기-비자기 인식 능력을 모델링한 변경 검사 알고리즘을 제안하였다. 특히 T세포의 긍정 선택에 기반한 MHC 인식방법을 제안하였고 Forrest의 부정 선택법에 기반한 변형 감지 알고리즘과 비교 하였다. 실험 결과 자기 공간의 셀 변경에 대해서는 변형 탐지 알고리즘이, 일정 공간의 블록변경에 대해서는 MHC 알고리즘의 변경 인식률이 우수하였고 두 가지를 혼합한 방법은 상호 보완적으로 작용하여 두 경우에 대하여 비교적 양호한 결과를 나타내었다.

최근에는 컴퓨터 바이러스 및 침입에 대한 정보 보호가 큰 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 컴퓨터에 자기가 아닌 비자가 침입한 것을 감지할 수 있어야 한다. 한편 생체 인식이나 패턴 인식문제에 있어서 자기와 비자기를 구별하는 능력은 중요하다. 제안된 방법은 자기 공간을 정의할 수 있는 문제에 대하여 자기공간의 변경이나 비자기를 인식하는 알고리즘으로서 컴퓨터 면역 시스템의 구

현을 위한 기본적인 알고리즘으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] I. Roitt, J. Brostoff, D. Male, *Immunology*, 4th edition, Mosby, 1996.
- [2] R. A. Wallace, G. P. Sanders, and R. J. Ferl, *BIOLOGY : The Science of Life*, 3rd eds., HarperCollins Publishers Inc., 1991.
- [3] J.B. Gu, D.W. Lee, K.B. Sim, and S.H. Park, "An Immunity-based Security Layer against Internet Antigens," *Transactions on IEICE*, vol. E83-B, no. 11, pp. 2570-2575, 2000.
- [4] 심귀보, 서동일, 김대수, 임기욱, "컴퓨터 면역시스템 개발을 위한 인공면역계의 모델링과 자기인식 알고리즘," *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제12권, 제1호, pp. 52-60, 2002. 2.
- [5] P. Harmer, and G. Lamont, "An Agent Based Architecture for a Computer Virus Immune System," *Proceedings of The 2000 Genetic and Evolutionary Computation Conference(GECCO 2000) Workshop Program*, pp. 45-46, 2000.
- [6] A. Somayaji, S. Hofmeyr, and S. Forrest, "Principles of a Computer Immune System," *1997 New Security Paradigms Workshop*, pp. 75-82, 1998.
- [7] S. Forrest, S. Hofmeyr, and A. Somayaji. "Computer Immunology." *Communications of the ACM*, vol. 40, no. 10, pp. 88-96, 1997.
- [8] D. Dasgupta, S. Forrest, "An anomaly detection algorithm inspired by the immune system," *Artificial Immune Systems and Their Applications*, Springer, pp. 262-276, 1999.
- [9] S. Forrest, A.S. Perelson, L. Allen, and R. Cherukuri "Self-nonsel self discrimination in a computer," *Proceedings of the 1994 IEEE Symposium on Research in Security and Privacy*, pp. 202-212, 1994.

저 자 소 개



심귀보(Kwee-Bo Sim)

1984년 : 중앙대학교 전자공학과 공학사
 1986년 : 동 대학원 전자공학과 공학석사
 1990년 : The University of Tokyo 전자공학과 공학박사
 2003년~현재 : 한국퍼지 및 지능시스템학회 부회장
 2001년~2002년 : 대한전기학회 제어및시스템 부문회 편집위원 및 학술이사

2000년~현재 : 제어자동화시스템공학회 이사
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



이동욱(Dong-Wook Lee)

1996년 : 중앙대학교 제어계측공학과
공학사

1998년 : 동 대학원 제어계측학과
공학석사

2000년 : 동 대학원 제어계측학과
공학박사

2002년~ 현재 : 중앙대학교 정보통신연구원
연구전담교수

관심분야 : 인공생명, 진화연산, 인공면역계, 인공두뇌 등

Phone : +82-2-820-5319
Fax : +82-2-817-0553
E-mail : dwlee@alife.cau.ac.kr