생체면역 시스템을 기반으로 한 인터넷 보안 기술

진 현 수* 김 도 현**

◈ 목 차 ◈

1. 서 론
2. 다변화된 자율 면역 시스템
3. 다변체의 항원 시스템
4. 면역 네트워크 보안 시스템 기술
5. 보안 등급 계급
6. 결 론

1. 서 론

호스트 컴퓨터는 인터넷 망을 통한 급작스런 공격을 신속하게 조사하고 제거하는 새로운 자율적, 지능적 보안시스템의 구현을 구비한다. 그러나 주 전산기 망의 공격에 대처할 수 있는 능력은 시스템 및 네트워크 자원 활용으로 그 한계를 들어내고 있다. 본 논문에서는 생체 면역 시스템을 기반으로 급박하게 다양해져 가는 인터넷 공격에 대해 효율적으로 신속히 대처를 할 수 있는 다변화된 자율 면역 시스템을 제안한다. 다변화된 자율면역 시스템은 다양한 등급의 보안 서비스를 제공해 주며 급작스런 바이러스 공격에 대해 호스트 단독으로 대처할 뿐만 아니라 광대한 호스트 연합을 구성하여 공동 처리하므로 보다 질 높은 보안 서비스를 실시간으로 제공받을 수 있다. 인터넷의 급속한 보급은 다양한 사용자로 하여금 시간과 공간의 제약을 벗어나 시스템(개인용 pc, 서버, pda)의 접속을 용이하게 한다. 특히 악의적 사용자들은 인터넷의 유동성을 기반으로 특정 시스템에 침입하여 정보를 유출하거나 파괴하며, 바이러스를 수동적, 능동적으로 유포한다. 이러한 악의적 공격의 시도와 성공은 최근 급격히 증가하고 있으며, 전자 상거래의 활성화 및 유무선 인터넷의 보급과 함께 더욱 문제를 유발시킬 것으로 예상된다.

이러한 바이러스의 공격에 대해 각 인터넷 기반의 시스템은 독립적으로 방어기술을 수립하거나, 몇몇 상용화된 소프트웨어에 의존하여 대처하고 있는 것이 현재의 추세이다. 이미 알려지거나 노출 가능한 방어기술은 일반화된 인터넷 침입 등에는 효율적으로 대처할 수 있으나, 좀더 지능적 혹은 진화된 침입에 사용하기엔 매우 위험하다. 더욱이 인터넷 상에서 새로운 백신을 받아서 급속히 변화하는 인터넷 침입 추이에 대처하는 것은, 인터넷을 통한 중요한 통신 기술 추세가 실시간 응용 프로그램이고 바이러스나 해커의 본질이 마코브 체인에 기반 한다는 점을 감안하였을 때, 효율적인 해결책이 될 수 없다. 설령 인터넷 상에서 시스템간의 방어기술을 공유한다고 하더라도, 새로운 침입의 생성 비율 및 기존 침입 정보량의 방대함으로 인해, 시스템 객체가 실시간 또는 최단의 서비스 시간에서 인터넷 공격을 차단하는 것은 가능하지 않다.

본 문에서는 이러한 문제점을 생체 면역시스템에서 각 세포의 역할 및 관계를 모델링하여 이를 실제 시스템에 적용하여 해결하고자 한다. 생체 면역 시스템은 B-세포(B-Cell 또는 B-림프구)와 T세포(T-Cell 또는 T-림프구)로 구성되어 있다. 각각의 면역세포는 항원을 직·간접으로 퇴치하는 기능을 할 뿐만 아니라, 시시각각으로 변화하는 환경 속에서 자신을 존속시키는 중요한 기능을 하고 있다. 또한 각종 림프구 세포는 상호간에 정보교환을 통하여 적합한 항체를 증식시키기 위한 고도의 정보처리 시스템, 즉 면역 네트워크를 구현하고 있다.

* 천안대학교 정보통신학부 교수
** 천안대학교 조교수

본 문의 새로운 보안 시스템은 이러한 자율 면역 계를 현재 및 차세대 인터넷에 적합하게 모델링 하여 인터넷 항원(공격)에 대해 능동적으로 대처할 수 있게 하였으며 적절한 보안 서비스 등급의 지정으로 그 효율성을 높이는데 목적이 있다.

2. 다변화된 자율 면역 시스템

인터넷 상의 시스템, 즉 호스트에 대한 항원(침입자와 바이러스)의 공격은 날로 다양해지고 있다. 또한 항원의 급속한 전파속도 때문에 단독의 호스트는 이에 대한 적절한 대응을 하지 못하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 본 논문에서 호스트가 혁신적이고 다양하게 진화된 공격을 보다 효율적으로 감지하고 제거할 수 있는 다변화된 자율 면역 시스템을 제안한다. 다변화된 자율 면역 시스템은 Basic Antibody (B-세포) Layer,Evolved Antibody(T-세포) Layer,Threat Information Bank,Aanti-Antigen Procedure(AAP)Mechanism, 그리고 그룹 관리 모듈로 구성된다. 특히 Basic Antibody Layer와 Evolved Antibody Layer는 생체면역 시스템(Biological Immune System)을 모델로 하여, B세포가 공격을 감지, 제거하고 T세포는 B세포를 도와 병렬 분산 처리 알고리즘을 이용한 면역 네트워크를 구성하여 공격에 신속하게 대처하도록 한다. 이는 생체 면역 시스템의 B-세포의 항체 생성작용과 림프구들간의 상호 정보 교환 작용을 모델링 한 것이다. Antibody Layer는 TCP/IP와 응용 프로그램의 중간에 위치하여 상·하위 계층과의 연결은 Layer Service Provider가 담당하고 있다. AAP는 Antibody Layer의 각 부분을 연결하고 그룹관리 모듈은 암호화된 데이터의 전송을 담당한다

2.1 문턱 정보 뱅크

Threat Information Bank는 두 개의 Information Bank로 구성된다. 하나는 Basic Information Bank로 이미 알려진 인터넷 항원에 대한 정보(항체 정보)들이 들어 있다. Basic Antibody(B-세포) Layer는 Basic Information bank의 내용을 기반으로 비교 검색을 수행하므로 빠른 검색을 위해서 Basic Information Bank의 면역정보는 핵심적인 내용만을 담고 있어야 한다. 이 Basic Information Bank는 각 호스트의 Antibody Layer에서 공유한다. 다른 하나는 Evolved Information Bank로 각 호스트의 Antibody Layer 마다 다변화된 항체 정보들이 생성 저장된다. 이것은 동일한 인터넷 항원에 대해서도 호스트마다 다른 검색 결과를 만들 수 있다. Evolved Antibody(T-세포)Layer는 Basic Information Bank와 Evolved Information Bank의 내용을 기반으로 검색을 수행한다

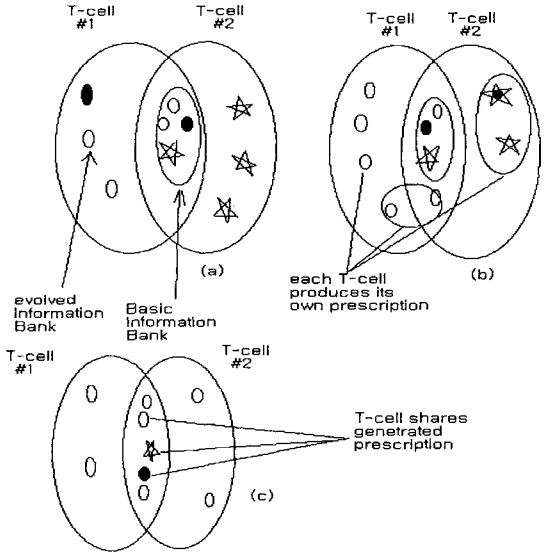
2.2 기본 다변화된 항체 시스템(B-세포)

다변화된 면역시스템의 핵심은 실시간으로 효율적인 보안 서비스를 제공하여 시스템이 공격에 자발적으로 대처할 수 있는 능력을 부여하는데 있다. 이를 위하여 B-세포는 모든 데이터를 비교 검색하여 데이터가 공격인지 아닌지를 판별한다. B 세포는 단순한 비교 검색만을 수행하므로 새로운 공격에 대한 검색은 할 수 없지만 검색속도는 매우 빠르기 때문에 실시간으로 진행될 수 있다.

2.3 진화된 다변화 면역 시스템

진화된 다변화 면역 층을 기본 정보 뱅크와 진화된 정보 뱅크의 내용을 조합하여 이로부터 현재의 데이터나 사용자 작업이 새로운 형태의 공격인지를 판단하게 된다. 이러한 유추작업은 활용 가능한 모든 항원정보(이전의 공격에서 얻어진 작업형태, 중요파일에의 변화 등)를 이용해야 하므로 진화된 정보 뱅크의 크기는 매우 클 수밖에 없다. 따라서 이런 유추작업이 수행될 때의 문제점은 방대한 양의 면역정보로 인해 실시간으로 감지, 대처 할 수 없다는 것이다. 즉, 유추 작업에 사용할 데이터가 많을수록 검색에 성공할 확률은 높아지지만 작업시간 역시 늘어나므로 효율적이라고 할 수 없다. 이것은 고성능의 시스템을 가정하더라도 문제가 될 수 있으므로 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 다변화된 T-세포를 이용한 병렬처리 기법을 이용한다.

병렬 분산처리를 이용하면 방대한 면역 정보로부터의 유추 작업을 여러 호스트에서 나누어 실행하므로 수행시간을 획기적으로 단축할 수 있다. 이것은 T세포가 다변화되어 있기 때문이다. 다음 그림은 T-세포에서 유추작업을 수행해 처방을 생성하는 과정을 나



(그림 1) 림프구 생성 조립도

타낸다. 다음 그림에서 보듯이 T-세포 #1과 #2는 각자 자신의 Basic Information Bank와 Evolved Information Bank의 내용을 가진다. 다음 그림의 (b)는 T세포 #1, #2는 각자의 면역 정보를 조합하여 새로운 면역 정보(처방)를 생성하고 있음을 보여준다. T세포는 새로운 면역정보를 Basic Information Bank에 등록하고 다른 T-세포와 정보를 다음 그림 (c)와 같이 공유한다.

이와 같이 본문에서는 기본 다변화 면역 시스템의 B-세포의 공격 감지 기능을 담당하고 진화된 Antibody Layer는 두 가지 종류의 T-세포, 즉 보조 T-세포(helper T-cell)과 억제 T-세포의 기능을 담당한다, 실제로 보조 T-세포는 B-세포의 작용을 도와주며 억제 T-세포는 항체분비의 과다함을 억제하는 역할을 한다. 진화된 Antibody Layer의 기능 중에서 유추작용을 통한 기본 정보 뱅크의 생성은 보조 T-세포의 작용에 대응되며 여러 T-세포간의 면역 네트워크를 통한 정보의 교환 및 최적의 정보유지 메커니즘은 억제 T-세포의 작용에 대응된다.

3. 다변화된 항원 시스템

다변화된 항원 시스템의 Antibody-Layer의 각 부분을 연결하고 있으면서 인터넷 항원에 대한 신속한 항체를 제공한다. AAP의 주된 역할은 시스템 감시, 프로세스제어 및 감염 파일 삭제 문턱 정보 뱅크의 갱신, 다른 호스트의 Antibody와 연동 등이다. AAP는 여러 인터페이스를 통해 Antibody의 각 부분을 효율적으로 연결한다

1) AAP는 AAP1, AAP2를 이용해서 B세포, T-세포와 연결되어 검색 결과를 AAP에 통보하여 적절한 동작을 하도록 하고, AAP3을 통하여 정보 Bank의 내용을 갱신한다.
2) AAP4는 다른 호스트의 AAP에 새로운 공격에 대한 공동 검색을 요청하고 그에 대한 응답을 받기 위한 인터페이스이다.
3) AAP5는 실행중인 프로세스를 제어하고 감염된 파일을 삭제하여 공격을 제거하고 필요한 경우 시스템으로부터 더 많은 리소스를 제공받기 위한 인터페이스이다. 또한 AAP5는 사용자(관리자)와 연결되어 있으며 필요하면 사용자 작업을 수행할 수 있도록 한다.
4) AAP6는 그룹관리 모듈과 연결되어 있다.

4. 면역 네트워크(Host Alliance)

4.1 면역네트워크 그룹의 특징

각 호스트의 Antibody Layer는 상호 정보 교환을 통해 광범위한 면역 네트워크(Host Alliance)를 구성한다. 이때 B세포의 근간이 되는 Basic Information Bank의 내용은 각각의 Host가 공유하여 이미 알려진 인터넷 항원에 대해 실시간으로 비교 검색할 수 있도록 한다. 그러나 진화된 정보 뱅크의 내용은 공유치 않고 호스트 고유의 정보를 갖고 인터넷 항원에 대응하며, 만일 다른 다변 공유 층이 공동 검색을 요청하면 이에 따라 검색을 수행한다. 이러한 상호간의 정보 교환을 위해 면역 네트워크 그룹은 효율적으로 연결되어야 하므로 다음과 같은 특성을 기반으로 설계한다.

1) 그룹크기 : 새로운 인터넷항원에 대해 자율적으로 대처하는 면역시스템은 그 중요도가 점점 증가할 것으로 예상되며 이러한 면역시스템을 이용하기 위해 면

역 네트 그룹에 가입하는 호스트 수는 매우 많을 것으로 기대된다. 또한 핵심이 되는 Evolved Antibody Layer는 그 수가 증가할수록 효력을 발휘하므로 그룹 가입자의 수는 매우 중요하다. 그러므로 그룹의 크기는 각각의 호스트가 QoS를 고려하여 사용 목적에 따라서 유동적으로 설정하는 것이 바람직하다.

2) 전송 데이터 : 그룹 내에 전송되는 데이터는 기본 정보 뱅크의 내용을 갱신하기 위한 것과, 공동 검색에 대한 요청 및 응답이다. 효율적 항원과 항체의 정보 교환을 위해 본분은 면역 네트워크 토포로지를 다음 장에서 제시한다.

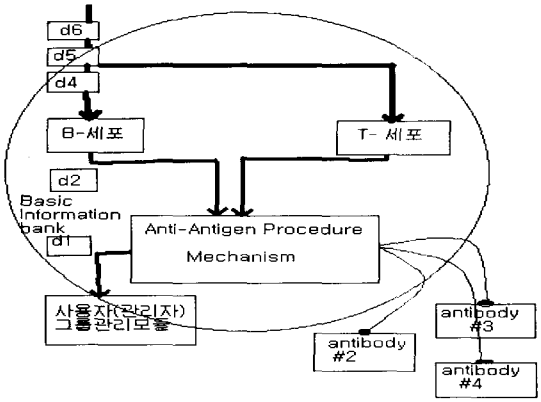
4.2 토포로지

이러한 특징을 갖는 그룹이 효율적으로 정보를 교환하기 위한 방법으로 멀티 테스트를 이용한다. 멀티 캐스팅 그룹은 보안 서비스를 위해서 하나의 호스트가 그룹멤버에게 그룹키를 분배하는 중추적인 역할을 해야한다. 각 호스트는 그 그룹키를 이용하여 멀티캐스팅을 한다. Antibody Layer에서 이러한 역할은 그룹관리 모듈이 담당한다. 즉 AAP를 통해서 전송되는 데이터는 그룹관리 모듈에서 서술된다. 멀티 캐스팅을 이용하여 그룹내의 호스트들에게 공동검색을 요청한 경우 그 응답속도는 호스트마다 다를 수 있는데, 그 분포는 일반적으로 Poission 분포를 따른다. 그러나 요청에 대한 응답이 한번에 몰리는 경우 소규모 멀티캐스트 그룹인 경우 문제가 되지 않지만 그룹크기가 커지면 문제가 될 수 있다.

5. 보안 등급 계급

5.1 보안 등급 지정(Security Class Specification)

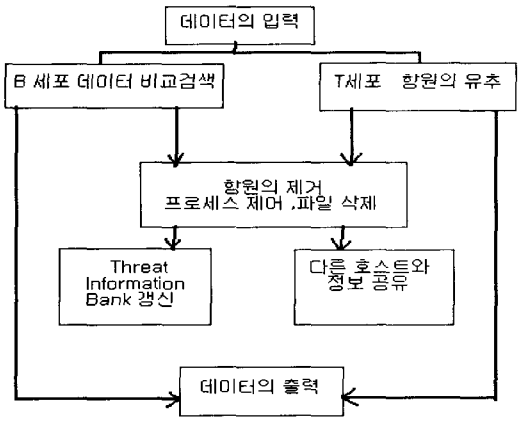
면역 시스템은 호스트의 사용자에게 다양한 등급의 보안 서비스를 제공할 필요가 있다. 다변화된 면역시스템이 자원의 낭비를 초래하고 면역 네트워크의 경우 네트워크 자원을 적절히 이용 설정하기 않을 경우 다양한 응용프로그래밍 및 사용자의 요구를 충족시킬 수 없으므로 본문에서는 보안 QoS를 위한 세 가지 등급을 표 1과 같이 제시한다. 제 1등급은 Basic Antibody Layer에서 제공하고, 실시간으로 기존의 인터넷 항원을 감지할 수 있다. 제 2등급은 진화된 변형면역 Layer에서 제공하고, Basic과 Evolved Information bank 의 내용을 기반으로 알려지지 않은 새로운 항원을 감지한다. 제 3등급은 호스트 연합을 이용한 광범위한 면역 네트워크를 이용하여 문제를 해결한다.



(그림2) Anti-Virus 생성도

5.2 보안 등급에 따른 다변화 면역 Layer의 동작

다음 그림의 순서도는 보안 등급에 따른 Antibody Layer의 동작을 보여주고 있다.



(그림 3) 보안 서비스 등급

Antibody Layer는 모든 데이터에 대해 기본적으로 등급 1, 2의 보안 서비스를 실시간으로 제공 해 준다.

이는 각 호스트가 가지는 다변화된 면역 정보의 크기가 작으므로 가능하다. 등급 2의 보안 서비스를 위해 Evolved Antibody는 데이터에 대해 고유의 Information Bank의 내용을 가지고 자가 진단을 한다. 자가 진단 결과 공격인 것으로 판단이 되면 AAP는 데이터를 삭제하거나 사용자의 작업인 경우 해당 프로세스를 제어한다. AAP는 지속적으로 시스템의 동작을 감시하며 시스템이 바이러스에 감염되거나, 공격당한 경우 사용자에 의한 치료법을 개발함과 동시에 다른 호스트들에게 자신의 시스템 증상을 제공해 면역 네트워크에서 치료법을 개발하도록 한다. 위 그림은 Antibody Layer가 보다 질 높은 보안 서비스를 제공하기 위해 자가 진단을 수행한다. 동시에 면역 네트워크를 이용한 공동 진단작업을 수행함을 보여준다. 이때 보안 등급 2와 3은 데이터의 중요도와 시스템의 상황 등을 고려하여 결정하게 된다. 보안 등급 3에서는 공동진단결과 공격이라고 판단한 응답을 수신한 경우 해당 프로세스를 제어하고 처방을 받아 치료한다

6. 결 론

본 문에서는 인체의 면역 시스템을 이용한 자가 진단 백신을 자체 항원으로 개발하여 인터넷에 침입한 바이러스에 대해 공동 대처하는 방안을 제시하였다. 백신의 생성결과 T램프구와 B램프구의 항원의 생성결과가 커짐을 보여 줌으로써 바이러스에 대한 자체 면역 방어기술이 뛰어남을 보여 주었으며, 바이러스에 침투 여부가 불분명한 경우 침입 여부 등을 판단하여 림프구의 생성여부를 판단한다. 바이러스의 침투 경로 여부가 정·부로 판단이 될 경우 자체 생성한 면역 층을 림프구의 생성 패턴으로 변형시키고 림프구의 생성이 적합치 않을 경우 다층 면역시스템으로 변형된다.

다변화된 림프구의 생성으로 인터넷 망을 통해 들어온 바이러스의 종별 퇴치층을 형성하여 성공적인 면역층 생성을 유도하여 내었고 바이러스의 소멸에도 좋은 효과를 보였음을 나타내었다.

참 고 문 헌

[1] GANZ,A,PARK,S,H and GANZ,Z, "Robust reauthentication and key exchange protocal for IEEE 802.11 wirwless LANs", IEEE MILCOM 98, October 1998.

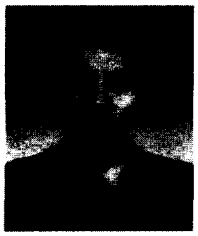
[2] GANZ,A,PARK,S,H and GANZ,Z, "Security Brocker for multimedia wireless LANs:design implementation andtestbed", IEEE MILCOM 99, October,1999.

[3] Bennet S, Yee, "A sanctuary for mobile agents, Available from authors, February", 1997

[4] Tomas Sander and christian F.Tschudin, "Protecting Mobile Agents against Malicious Hosts, Available from authors,November1997.

[5] Christian F.Tschudin, "Movile Agent Security Available from authors", 1998.

◐ 저 자 소 개 ◑



진 현 수

1986년 서울시립대학교 전자공학과(공학사)
1992년 서울시립대학교 전자공학과(공학석사)
2000년 서울시립대학교 전자공학과(공학박사)
2001년 천안대학교 정보통신학부 교수
관심분야 : 마이크로 프로세서,자동제어,인공지능

김 도 현

1988년 경북대학교 전자공학과(석사)
1990년 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)
2000년 경북대학교 대학원 전자공학과(박사)
1999년~현재 : 천안대학교 조교수