

통합정보보호시스템의 최적 품질 확보를 위한 최소개발비용 탐색에 관한 연구

박유진[†] · 최명길

중앙대학교 상경학부 경영학과

A Study on Optimal Developmental Cost for Quality Factors of Integrated Information Security Systems

You-Jin Park[†] · Myeonggil Choi

Department of Business Administration, College of Social Sciences, Chung-Ang University

To protect information resources, many organizations including private corporate and government employ integrated information security systems which provide the functions of intrusion detection, firewall, and virus vaccine. So, in order to develop a reliable integrated information security system during the development life cycle, the managers in charge of the development of the system must effectively distribute the development resources to the quality factors of an integrated information security system. This study suggests a distribution methodology that minimizes the total cost with satisfying the minimum quality level of an integrated information security system by appropriately assigning development resources to quality factors considered. To achieve this goal, we identify quality factors of an integrated information system and then measure the relative weights among the quality factors using analytic hierarchy process (AHP). The suggested distribution methodology makes it possible to search an optimal solution which minimizes the total cost with satisfying the required quality levels of processes by assigning development resources to quality factors during the development life cycle.

Keywords : Quality Factor, Analytic Hierarchy Process, Integrated Information Security Systems, Genetic Algorithm

1. 서 론

조직은 정보보호시스템의 신뢰성(reliability), 기밀성(confidentiality), 유용성(availability) 등을 높이기 위해서 정보보호시스템 개발에 많은 자원을 투입하고 있고, 반면 정보 자원을 위협하는 조직 내·외부의 침해는 다양한 형태로 지속적으로 변화하며, 발전하는 속성이 있다. 따라서 내·외부의 침해에 효과적으로 대응하기 위해서 조직은 다양한 정보보호시스템을 채용해야 하고, 정보보호시스

템을 지속적으로 업그레이드해야 한다. 하지만 조직은 다양한 정보보호시스템의 구매 및 유지보수에 많은 자원을 할당하기 어려운 상황에 직면해 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 조직은 침입탐지시스템(intrusion detection systems), 가상사설망(virtual private network), 침입차단 시스템(firewall) 등의 기능을 통합한 통합정보보호시스템(integrated information security systems)을 개발하였다(산업기술인터넷방송[3]; 3com[18]; 국가사이버안전센터 [2]). 한정된 개발자원으로 다양한 기능을 가진 통합정보

논문접수일 : 2008년 12월 03일 1차수정일 : 2009년 01월 29일 2차수정일 : 2009년 07월 23일 게재확정일 : 2010년 07월 29일

[†] 교신저자 eugenepark@cau.ac.kr

※ 본 논문은 2010년도 중앙대학교 학술연구비의 지원에 의한 것임.

보호시스템을 개발하기 위해서 개발관리자는 개발수명주기(development life cycle) 동안 효율적으로 개발자원을 할당해야 한다. 정보보호시스템 개발관리자는 개발자원을 정보보호기능에만 할당하고, 기능외의 품질요소를 무시하여 낮은 품질의 통합정보보호시스템을 개발하는 경향이 있다(산업기술인터넷방송[3]). 따라서 요구된 최소한의 품질 수준이 보장된 통합정보보호시스템을 개발하기 위해서는 시스템 개발 관리자는 다양한 품질요소에 효율적으로 자원(또는 비용)을 배분해야 하고, 동시에 개발 비용을 최소화시켜야 한다. 본 연구는 개발수명주기 상에서 최소한의 품질수준이 만족된 통합정보보호시스템을 최소한의 비용으로 개발할 수 있는 접근법을 제시한다. 따라서 본 논문이 제시하는 자원을 품질요소에 할당하여 최적개발비용은 통합정보보호시스템에 한정하는 것이 적합하다. 본 연구는 다음과 같은 3단계를 통하여 통합정보보호시스템의 최소개발비용을 탐색한다.

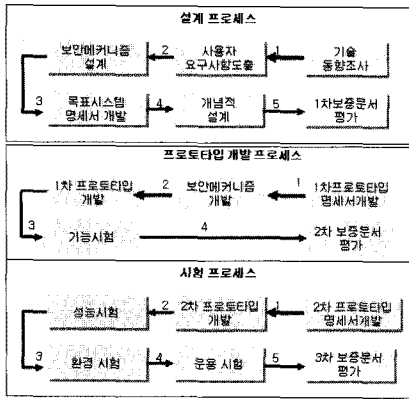
- 1단계 : 통합정보보호시스템을 구성하는 품질요소를 초점 그룹(focus group)을 통하여 식별한다.
- 2단계 : 계층적 의사결정기법(analytical hierarchy process : AHP)을 사용하여 품질요소간의 상대적 중요도의 가중치(weight)를 결정한다.
- 3단계 : 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 사용하여 개발생명주기 동안에 주어진 최소품질수준을 고려하고 이를 만족시키는 최소비용을 탐색한다.

본 연구는 통합정보보호시스템의 개발수명주기로 ISEM (High Secure Engineering Methodology) 방법론을 채용한다(Choi et al.[6]). 본 연구와 관련되는 연구는 기존의 보안공학방법론과 기준 표준과의 관련성 연구, 효과적인 정보보호시스템 개발을 위한 보안공학방법론 연구, 보안공학방법론의 활용 연구 등 3가지 등이 있다. 정보시스템 개발 방법론은 비용과 품질을 고려한 정보시스템 개발 문제를 주로 다루고 있지만, 보안공학방법론에서는 정보보호시스템의 품질 문제에만 초점을 두고 있는 실정이다. 보안공학방법론과 기준 표준과의 관련성 연구로는 Leach의 연구가 대표적이다(Leach[11]). Leach는 ISO 9000의 보안공학방법론과 기존의 정보보호대책을 결합하면 정보보호를 강화할 수 있다고 주장한다. 효과적인 정보보호시스템 개발을 위한 보안공학방법론 연구로는

Lee 등의 연구가 대표적이다(Lee et al.[12]). 이 연구는 정보보호시스템 개발 이전에 취약성 및 위협을 분석하고, 정보보호시스템이 운영되는 환경을 고려하여, 분석된 취약성 및 위협을 대처할 수 있는 정보보호시스템을 개발해야 한다고 주장하고 있다. 조직의 보안대책 강화를 위한 대표적인 보안공학방법론의 활용 연구로는 Eloff(Eloff and Solms[8]) 등이 있다. 이 연구에서는 조직의 보안 관리를 위해서 프로세스 평가와 평가 받은 제품의 적절한 사용을 주장하고 있다.

2. ISEM 개발방법론

정보보호시스템 개발방법론은 두 가지 접근법으로 나눌 수 있다(김중기 외[1]). 첫 번째 접근법은 제품보증접근법(product assurance approach)이다. 제품보증접근법은 제품설계 프로세스에서 사용자 인도 프로세스까지 제품의 완전성을 평가한다. 국제공통평가기준(CC), ITSEC, TCSEC 등은 제품보증접근법으로 분류될 수 있다. 제품보증접근법은 높은 품질의 정보보호시스템을 개발하는데 적합하지만, 개발과 엔지니어링의 정확성 평가에 소요되는 비용이 높다. 반면 두 번째 접근법은 개발프로세스접근법(development process approach)으로써 이 접근법은 개발 프로세스의 최적화를 통해 산출물인 제품의 품질을 확보하는 접근법이다. SSECMM, SPICE, ISO-9000(guideline for the development supply and maintenance of software) 등은 개발프로세스접근법으로 분류된다(Pijl et al.[15], Eloff and Solms[8]). 개발프로세스접근법은 제품의 개발·평가 비용이 저렴하지만, 엔지니어링 결과 획득되는 제품의 품질 수준이 제품보증접근법보다 낮다. 따라서 제품보증접근법은 높은 수준의 품질을 요구하는 정보보호시스템 개발에 적합하다(Choi et al.[6]). 그러나 엔지니어링에 소요되는 비용과 엔지니어링 품질수준 간에는 트레이드오프(trade-off) 관계가 있다고 할 수 있다. 따라서 ISEM은 낮은 엔지니어링 비용을 투입하면서, 통합정보보호시스템의 품질 수준을 향상시키기 위해서 제안된 방법론이라고 할 수 있다(Choi et al.[6]; Choi et al.[7]). ISEM은 고품질의 제품을 확보할 수 있는 제품보증접근법의 장점과 낮은 엔지니어링 비용이 소요되는 개발프로세스 접근법의 장점을 동시에 가지고 있는 일종의 정보시스템 개발방법론이다. <그림 1>은 설계 프로세스, 프로토타입 개발 프로세스, 시험 프로세스 등 3개의 프로세스로 구성된 ISEM 방법론이다.



<그림 1> ISEM 개발방법론

3. 품질요소 식별 및 중요도 측정

본 연구에서 통합정보보호시스템은 개발생명주기로 ISEM 정보보호 엔지니어링을 사용하고 있다고 가정하고 ISO/IEC 9126의 소프트웨어 품질 특성을 활용하여 (1단계)로 통합정보보호시스템의 품질요소를 식별한다(Côté et al.[5]; ISO/IEC[10]). 품질요소의 식별을 위해서 초점그룹을 구성하였고, 이 초점그룹은 ISO/IEC 9126을 활용하여 통합정보보호시스템의 품질요소를 식별하였다. 또한 초점그룹은 정보보호시스템 연구 및 개발에 5년 이상의 경력이 있는 4명의 정보보호연구자, 3명의 정보보호시스템 개발자 3명, 3명이 정보보호분야 교수 등으로 구성하였고, 이 초점그룹은 ISEM 정보보호 엔지니어링상에서 통합정보보호시스템의 품질요소를 <표 1>과 같이 식별하였다. 실제 ISO/IEC 9126이 제시하는 품질요소 및 하위 품질요소는 각각 6개 및 27개이지만, 초점그룹은 통합정보보호시스템의 특성에 적합한 4개의 품질요소와 13개의 하위품질요소를 선정하였다. 따라서 품질요소 및 하위 품질요소의 범위 및 숫자가 적을 수 있다.

(2단계)에서는 품질요소의 상대적 중요도를 측정하기 위하여 계층적 의사결정기법(analytical hierarchy process : AHP)을 활용하고(Satty[16]), 품질요소와 하위 품질요소를 계층화시킨 설문지를 이용하여 품질요소와 하위 품질요소의 중요성을 상대적으로 비교한다. 본 연구에서는 품질요소와 하위품질요소간의 중요성을 측정하기 위해서, 20명의 개발자 및 연구자에게 설문지를 송부하였고, 11개의 설문지가 회신되었다. 설문에 응답한 연구자의 숫자가 11명이지만, 통합정보보호시스템의 모든 수명주기를 체득한 연구자의 숫자가 적고, 또한 국내외적으로 통합정보보호시스템의 개발수명주기와 관련된 연구자의 숫자가 적음을 감안할 필요가 있다. 따라서 본 연구가 제시하는 데이터는 통합정보보호시스템의 품질요소에 한정시킬 필

요가 있다. <표 2>은 품질요소간의 가중치를 나타내고 있고 품질요소가중치는 통합정보보호시스템의 개발수명주기사이에서 자원(비용)을 할당하는 기준으로 사용된다.

Satty는 CR(consistency ratio)값이 0.1이하이면 AHP의 쌍쌍비교결과가 일관성이 있다고 제시하고 있다. GCI(Geometric Consistency Index)는 전통적인 AHP의 CR 값을 대신하여 사용할 수 있는 일관성 검사값으로 제시되었다. GCI는 CR 값을 0.01, 0.05, 0.1, 0.15에 대응하는 값을 쌍쌍비교행렬의 개수(n=3, n=4, n>4)에 따라 일관성을 점검할 수 있는 기준값을 제시하고 있다. 본 연구에서 사용한 표본의 GCI 값은 쌍쌍비교 행렬이 n=4, n=3, con-

<표 1> 품질 요소 및 하위 품질 요소의 정의

품질 요소	기능성 (functionality)	정보보호시스템이 명시된 조건하에서 사용될 때, 명시적 또는 묵시적으로 요구되는 기능을 제공해주는 능력
하위 품질 요소	적절성 (suitability)	정보보호시스템이 명시된 과업(tasks)과 사용자 목적에 적합한 기능을 제공하는 능력
	정확성 (accuracy)	정보보호시스템이 정확한 규격, 일치된 결과, 정확한 효과를 나타내는 능력
	상호운영성 (interoperability)	정보보호시스템이 명시된 하나 이상의 시스템들과 상호 운영 될 수 있는 능력
	보안성 (security)	정보보호시스템이 비의도적 접근을 방지하고, 비인가자의 정보 접근을 차단하는 능력
품질 요소	신뢰성 (reliability)	정보보호시스템이 명시된 조건하에서 성능이 일정 수준으로 유지되는 능력
하위 품질 요소	성숙성 (maturity)	정보보호시스템의 결함(fault)으로 인한 오류(failure)를 회피하는 능력
	오류저항성 (fault tolerance)	정보보호시스템의 오류 발생시 명시된 수준으로 성능을 유지하는 능력
	복구성 (recoverability)	고장시에 정보보호시스템이 피해를 입은 데이터 및 성능 수준을 복구하는 능력
품질 요소	사용성 (usability)	정보보호시스템이 명시된 조건하에서 사용될 때, 사용자가 이해하고, 배우고, 사용하고, 선호하게 하는 능력
하위 품질 요소	이해성 (understadability)	정보시스템이 사용자로 하여금 과업(task), 사용방법 및 적합성 등을 이해시키는 능력
	운용성 (operability)	사용자가 운영하고 통제하도록 하는 정보시스템의 능력
품질 요소	운용유지성 (maintainability)	정보보호시스템이 수정(modification)을 수용하는 능력
하위 품질 요소	분석성 (analyzability)	정보보호시스템의 고장 원인 또는 결함을 진단 또는 수정할 할 부분을 찾아내는 능력
	변화성 (changeability)	정보보호시스템이 명시된 수정(specified modification)을 이행하는 능력
	안전성 (stability)	정보보호시스템의 수정에 의해 발생하는 예기치 못한 영향의 최소화 능력
	시험성 (testability)	수정된 정보보호시스템의 타당성을 시험하는 능력

sistency ration=0.1일 때 모두 0.3526, 0.3147이하임으로 AHP 수행 결과는 의미가 있다고 할 수 있다(Aguarón et al.[4]).

<표 2>에서와 같이 이해성, 적합성, 성숙성, 상호운용성, 보안성 등의 하위 품질요소가 설계 프로세스에서 1위에서 5위를 차지하고 있다. 정확성, 적합성, 상호운용성, 이해성, 보안성 등의 하위 품질요소가 프로토타입 개발 프로세스에서 1위에서 5위를 차지하고 있다. 이해성, 오류저항성, 성숙성, 안정성, 및 운용성 등의 하위품질요소가 시험 프로세스에서 1위에서 5위를 차지하고 있다. 개별 프로세스에서 하위품질요소간의 가중치 순위는 다르지만, 이해성, 적합성, 성숙성, 상호운용성, 보안성 등의 하위품질요소는 중요한 요소로 식별되고 있다. 따라서 하위품질요소의 가중치는 통합정보보호시스템의 개발에 필요한 자원 배분의 기준이므로 개발 관리자와 하위품질요소의 가중치를 고려하여 자원을 하위품질요소에 배분해야 한다.

<표 2> ISEM 개발수명주기상의 품질요소 가중치

품질요소	하위 품질요소	설계 프로세스		프로토타입 개발프로세스		시험 프로세스	
		전역 가중치	순위	전역 가중치	순위	전역 가중치	순위
기능성	적합성	0.1670	2	0.1386	2	0.0392	12
	정확성	0.0716	6	0.1689	1	0.0346	13
	상호운용성	0.0799	4	0.1168	3	0.0505	9
	보안성	0.0793	5	0.0843	5	0.0439	10
신뢰성	성숙성	0.0993	3	0.0746	7	0.1018	3
	오류저항성	0.0672	9	0.0590	9	0.1359	2
	복구성	0.0732	8	0.0644	8	0.0885	7
사용성	이해성	0.1968	1	0.1152	4	0.1580	1
	운용성	0.0793	7	0.0765	6	0.0888	5
유지 보수성	분석성	0.0265	10	0.0269	10	0.0418	11
	변화성	0.0212	11	0.0254	12	0.0563	8
	안정성	0.0195	12	0.0201	13	0.0979	4
	시험성	0.0193	13	0.0293	11	0.0866	6

4. 최적품질수준 결정 및 최소비용 탐색

4.1 최적품질수준 결정

개발관리자는 통합정보보호시스템의 품질 수준을 향상을 위해서 개발 자원을 투입하려고 하지만, 개발 비용은 한정적이다. (3단계)에서는 ISEM 엔지니어링 상에서 통합정보보호시스템의 최소품질은 확보하면서, 투입 자원(비용)을 최소화하는 방안을 탐색한다. 통합정보보호시스

템의 하위 품질요소에 할당되는 자원을 선형함수로 표현할 수 있다면 ISEM의 개별 프로세스의 품질 수준(quality level)을 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^3 g'_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^3 X_i} \tag{1}$$

g 는 <표 2>의 AHP를 통하여 도출된 전역 가중치벡터(global weight vector)로서 하위품질요소의 상대적 가중치이다. X_i 는 i 번째 프로세스를 수행에 필요한 자원(또는 비용)이다. 따라서 통합정보보호시스템의 품질 수준(Q)은 개별프로세스에서 하위품질요소의 전역 가중치와 해당 프로세스 수행에 필요한 자원(비용)을 곱한 후, 총 비용으로 나누면 얻어진다. 따라서 해당 프로세스에서 획득할 수 있는 최대화된 통합정보보호시스템의 품질 수준은 식 (2)와 같은 최적화 모형으로 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \quad & TC = \sum_{i=1}^3 X_i \\ \text{s.t.} \quad & LQL_i \leq \frac{\sum_{i=1}^3 g'_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^3 X_i} \end{aligned} \tag{2}$$

TC 는 시스템의 개별 프로세스에 투입되는 총자원(총 비용)을 나타내고, LQL_i 는 각 프로세스에서 요구되는 최소품질수준(lower bound)이다. 즉, 투입된 자원(또는 비용)으로 모든 개별 프로세스의 품질수준을 사전에 정해진 어떠한 기준을 만족시켜야 된다는 의미이다.

개별 프로세스에 소요되는 총비용(TC)은 식 (3)과 같이 프로세스를 진행에 필요한 비용($Cost$)과 본 논문이 가정하고 있는 프로세스중심 접근법 보다 높은 수준의 품질을 보장할 수 있는 제품보증 접근법의 일종인 국제공통기준을 사용하지 않을 경우 발생할 수 있는 기회비용인 품질손실비용(QL)으로 구성된다. 품질손실비용은 높은 수준의 품질을 보증하기 위해서 제품보증접근법을 사용할 경우 추가적으로 투입되는 비용을 의미한다.

$$TC = Cost + QL \tag{3}$$

본 논문은 ISEM만을 고려한 경우에 발생할 수 있는 프로세스 수행비용($Cost$)을 최소비용으로 산출하였고, ISEM을 보완해 줄 수 있는 국제공통기준을 적용할 경우 추가적으로 발생할 수 있는 품질손실비용을 고려할 때 발생할 수

있는 비용을 최대비용으로 산출하였다. 또한 본 논문이 제시하는 비용은 ISEM 방법론과 국제공통기준방법론에 따라 개발된 가상사설망(VPN : Virtual Private Network) 개발비용에 산출에 근거를 두고 있다.

<표 3>은 침입차단시스템, 가상사설망 등의 기능을 탑재한 통합정보보호시스템 개발시에 각 프로세스가 가져야 하는 최소한의 품질수준(quality level)을 나타내고 있다. 이 값들은 AHP를 통해서 도출된 품질 요소의 가중치를 고려하여 DF(desirability function)을 사용하여 도출한 값이다. 따라서 동 값은 각 프로세스에서 아래와 같은 품질수준이 최소값이라고 판단되어 통합정보보호시스템의 최소품질 수준으로 정하였다(Choi and Shin[7]).

<표 3> 통합정보보호시스템의 최소품질 수준

프로세스 품질수준	설계 프로세스	프로토타입 개발프로세스	시험 프로세스
최소품질 수준	0.08	0.09	0.09

따라서 본 연구는 통합정보보호시스템에서 각 프로세스의 최소품질 수준(minimum quality level)을 만족시키면서 투입되는 자원을 최소화하는 최적 자원(또는 비용) 할당에 관한 문제를 다룬다.

4.2 유전자알고리즘을 이용한 최저개발비용 탐색

(3단계)에서는 개발생명주기 동안에 주어진 최소품질 수준을 고려하고 이를 만족시키는 최소비용을 탐색한다. 본 연구에서는 최적화 모형으로 표현된 통합정보보호시스템의 총자원을 최소화하기 위해서 탐색적(Heuristic) 접근법의 일종인 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 사용한다. 생물학에서 적용되는 진화와 유전의 개념을 컴퓨터에 구현한 유전자 알고리즘(genetic algorithm)은 현실의 복잡다양한 문제를 해결하는 확률적 탐색기법이다. 유전자 알고리즘에서는 유전자 염색체(gene)가 정의되고, 다른 염색체들의 조합으로 생성되는 특정 프로세스를 거치면서 새로운 개체들(실제 문제에서는 solution)이 계속적으로 변형되어 좋은 염색체를 지닌 개체가 반복적으로 생산되게 한다. 즉, 유전자 알고리즘은 여러 세대를 거치면서 환경에 적응도가 높은 개체를 많이 발생시킨다는 유전과 진화의 원리를 내포하고 있다.

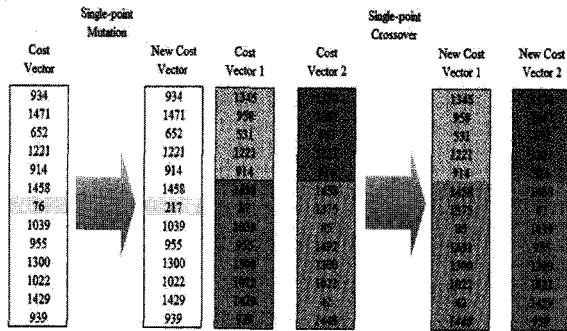
유전자 알고리즘을 최적화 문제에 적용하는 과정은 인공진화를 이용하여 새로운 개체들을 연속적으로 생성하고, 주어진 평가함수(evaluation function) 또는 적합함수(fitness function)를 이용하여 생성된 개체들의 특성이나 성

능을 평가한다. 이러한 과정을 반복적으로 시행하여 최적 개체(optimal solution)를 찾을 수 있다. 따라서 유전자 알고리즘의 적용관건은 우수한 개체의 발견 가능성을 높이고, 부분 최적해(local optimal solution)를 발견하여 해 탐색을 중단하지 못하게 하는 것이다. 그 이유는 유전자 알고리즘을 적용할 경우, 다른 휴리스틱 기법과 같이 부분 최적해(local optimal solution)를 찾거나 혹은 계산 시간이 길어질 가능성이 여전히 존재하기 때문이다. 그러나 유전자 알고리즘의 개념과 이론은 매우 단순하고, 확률적인 요소를 다양하게 고려하므로 넓은 해공간(solution space)을 탐색하여 최적해를 찾을 수 있다는 장점이 있다. 따라서 유전자 알고리즘은 시간과 탐색 효율성에서 우수하고, 다양한 의사결정 분야에 적용될 수 있고, 더욱이 제약식을 첨가하거나 목적 함수를 변경할 수 있는 등 최적화 모형에 유연하게 적용될 수 있다(Park et al[13]; Goldberg[9]; Pham and Karaboga[14]). 본 연구에서 개별 프로세스 단위로 통합정보보호시스템의 품질을 최적화하기 위하여 유전자 알고리즘을 다음과 같이 적용한다.

<표 4> 유전자 알고리즘을 이용하여 프로세스의 최소 품질 수준을 만족시키는 최적해(최소비용)를 구하는 과정

적용 단계	적용 내용
1단계	유전자 알고리즘에 사용되는 파라미터를 정의한다. 즉 초기해의 개수, 반복 숫자, cloning 비율, mutation 비율, crossover 비율 등을 정의한다. 본 연구는 1,000개의 초기해를 생성시키고, 10번의 반복을 수행하여 최적값을 찾는다.
2단계	13개의 비용 즉, 13개의 하위 품질요소에 할당되는 비용으로 구성되는 초기해를 생성한다.
3단계	모든 초기해의 실현 가능성 즉, 각 프로세스에서 필요로 하는 최소품질 수준을 만족시키는지를 검사한다.
4단계	3단계를 통과한 모든 초기해의 성능 즉, 각 프로세스에 할당되는 총비용을 평가한다.
5단계	현재의 최적해(개별 프로세스의 최소품질 수준을 만족시키는 비용 벡터 중 최소비용을 가지는 벡터)를 구한다.
6단계	4단계에서 초기해의 성능을 바탕으로 3가지 genetic operation인 cloning, mutation, crossover를 수행한다. genetic operation 파라미터로 cloning 비율, mutation 비율, crossover 비율을 각각 0.4, 0.4, 0.2로 정한다.
7단계	정해진 반복 횟수를 만족할 때까지 최적해를 갱신한다.

일반적으로 최적화 문제에 유전자 알고리즘을 적용하기에 앞서, 보다 빠르게 최적해를 구하기 위해서는 적절한 Genetic operation 파라미터 값들을 미리 정해야 한다. 따라서 본 연구에서는 보다 빠르게 최적해를 구하기 위해 Screening experiment의 한 방법으로 2⁸ 실험계획법을 이용하여 Cloning 비율, Mutation 비율, Crossover 비율을 각각 0.4, 0.4, 0.2로 구하였다. 또한 6단계에서 최적해를 구하기 위해 적용한 Artificial evolution 중, Mutation과 Crossover operation은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 최적해를 구하는 과정

본 연구는 유전자 알고리즘이 개별 프로세스별 최소 품질 제약 조건하에서 프로세스 단위로 통합정보보호시스템에 투입되는 총자원의 최적화(최소화)를 증명하기 위해서 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 사용한 결과와 무작위생성방법(random-generation)을 사용한 결과를 비교하였다. 일반적으로 무작위생성방법은 최소 품질수준을 만족시키는 해(비용 벡터의 합)을 최소화시키기 위해 해(비용 벡터)를 무작위로 생성하기 때문에 품질 수준의 최적성에 대한 보장은 없지만 유전자 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 사용하는 일반적인 방법이다. 즉, 통합정보보호시스템에 투입되는 총자원의 최적화를 위한 연구에 유전자 알고리즘과 같은 경영과학적인 접근법이 기존에 사용되지 않았으므로 최적해를 찾기 위한 일반적인 방법인 Random search 방법을 채택하였다. 따라서 본 연구는 유전자 알고리즘과 무작위생성방법이 제시하는 해와 해 도출시간을 시간을 비교하여 유전자 알고리즘을 우수성을 입증한다. 무작위생성방법은 개별 프로세스의 비용제약조건을 만족시키는 10,000개의 비용 벡터들을 무작위로 발생시켜 5번씩의 반복 수행 후 각 프로세스의 품질 수준을 계산한다. 유전자 알고리즘과 무작위생성방법으로 구한 최적해들은 <표 5>와 같다. <표 5>에서 3번째, 5번째, 7번째 열의 값을 보면 위에서 정의한 최소 품질수준을 모두 만족시키는 것을 알 수 있다. 하지만, 유전자 알고리즘과 무작위생성법을 통해 나

온 비용의 합(8번째 열)과 계산시간(9번째 열)을 비교해 보면, 각 반복수행(iteration)에서 유전자 알고리즘이 제시한 비용의 합과 계산시간은 무작위생성방법이 발생시킨 비용의 합과 계산시간보다 모두 우수함을 알 수 있다.

<그림 3>은 유전자 알고리즘과 무작위생성방법이 생성한 비용의 합을 나타내고 있고 <그림 4>는 최적해를 도출하는데 걸린 시간을 나타낸 것이다. 유전자 알고리즘이 무작위생성방법보다 비용측면과 계산시간의 측면에서 모두 매우 우수함을 알 수 있다.

<표 5> GA와 무작위생성방법이 생성한 해(비용 벡터의 합)와 계산시간

유전자 알고리즘								
회수	프로세스 1 비용	품질 1	프로세스 2 비용	품질 2	프로세스 3 비용	품질 3	비용합	계산 시간
1	38843	0.0871	1.13E+05	0.1195	91011	0.0978	2.43E+05	21.4489
2	26857	0.0939	1.61E+05	0.1034	59769	0.1085	2.48E+05	19.1241
3	27947	0.0910	1.20E+05	0.1085	83456	0.0923	2.31E+05	19.3677
4	31521	0.0875	1.09E+05	0.0966	91421	0.1014	2.32E+05	19.5874
5	30857	0.0905	99775	0.0919	11941	0.0913	2.50E+05	19.9140

무작위생성법								
회수	프로세스 1 비용	품질 1	프로세스 2 비용	품질 2	프로세스 3 비용	품질 3	비용합	계산 시간
1	22515	0.0959	1.77E+05	0.1018	1.24E+05	0.0925	3.23E+05	194.8600
2	33448	0.0838	1.97E+05	0.0930	9.39E+04	0.0929	3.24E+05	190.7674
3	36279	0.0872	2.02E+05	0.0979	1.18E+05	0.0911	3.56E+05	194.9098
4	33769	0.0830	1.86E+05	0.0923	1.22E+05	0.1013	3.42E+05	190.4091
5	29288	0.0820	1.63E+05	0.0927	1.08E+05	0.0970	3.00E+05	184.7946

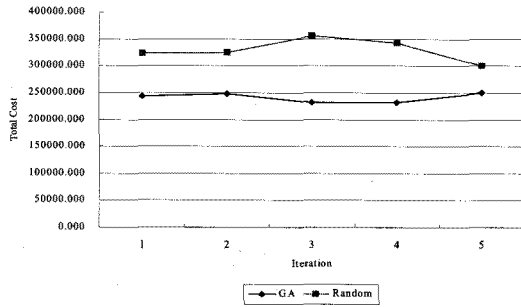
<표 6>과 <표 7>은 위 <표 5>에서 제시된 유전자 알고리즘과 무작위생성방법에서 탐색된 최적해 즉, 개별 프로세스의 최소품질 수준을 만족시키는 할당 자원에 대한 정보를 보여준다. <표 6>에서 보듯이 유전자 알고리즘에 의해 탐색된 최적해(각 프로세스의 품질 수준을 만족시켜주는 최소할당자원의 합) 중에서 5번째 Iteration의 최적해는 250,046이다. 반면 무작위생성방법이 탐색한 최적해는 300,360으로 나타났다. <표 6>과 <표 7>에서 나타나 있듯이 각 프로세스에 할당된 비용을 비교해 보면 첫 번째 프로세스보다 두 번째와 세 번째 프로세스에 더 많은 비용이 할당되었음을 알 수 있다.

<표 6> 유전자 알고리즘이 생성한 최적해에 의한 하위품질요소에 할당된 비용

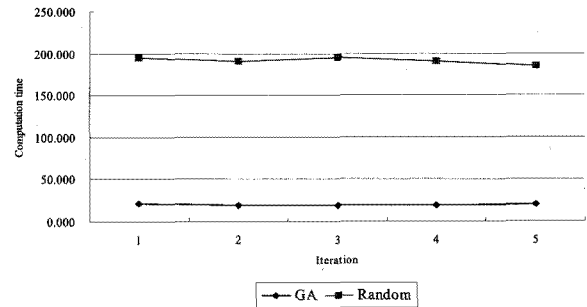
유전자 알고리즘															
하위품질 요소	Cost of Iteration 1			Cost of Iteration 2			Cost of Iteration 3			Cost of Iteration 4			Cost of Iteration 5		
	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3
적합성	4858	25197	6524	4884	18384	6973	809	6950	13527	175	27510	401	2126	26204	10873
정확성	4221	40331	4247	208	31847	103	2162	45791	5577	980	9227	2768	5140	1241	15335
상호운용성	1378	1384	313	3838	37727	195	5029	6169	5520	4163	6985	13443	3956	1663	7051
보안성	2351	14050	4544	694	4409	2393	1293	1097	3458	4169	13387	470	1196	5392	4195
성숙성	1549	3236	10722	2442	7287	10690	2659	7082	5525	296	11504	1530	481	1932	10532
오류저항성	4920	1579	9423	1302	24785	3484	1893	13483	9013	3293	4271	13946	1365	9572	18675
복구성	2181	813	1848	4283	6786	205	1423	6454	1499	2278	8817	11746	2100	12775	33
이해성	3905	5230	20154	2404	6337	21851	5320	8612	20466	5371	7169	18142	4538	15945	18910
운용성	4782	6285	7691	1329	3827	5074	954	3748	6289	5104	3457	423	4444	13964	5184
성숙성	1094	6935	5348	199	469	615	912	4478	2358	466	848	4723	1141	955	5336
변화성	3269	1911	3570	41	3902	4337	269	2184	5610	2047	1033	27	2652	474	2680
안전성	1930	340	1551	4476	4958	853	1065	10282	1735	1498	4887	18439	1319	8893	16089
시험성	2405	6061	15076	757	10676	2996	4159	3661	2879	1681	9793	5363	399	765	4521
비용	38843	113352	91011	26857	161394	59769	27947	119991	83456	31521	108888	91421	30857	99775	119414
총비용	243204			248016			231393			231832			250042		

<표 7> 무작위생성이 생성한 최적해에 의한 하위품질요소에 할당된 비용

무작위 생성방법															
하위품질 요소	Cost of Iteration 1			Cost of Iteration 2			Cost of Iteration 3			Cost of Iteration 4			Cost of Iteration 5		
	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3	프로 세스 1	프로 세스 2	프로 세스 3
적합성	4948	23225	19586	1301	4459	1658	3610	21309	3254	2926	17727	19073	3668	9948	10217
정확성	105	3717	10686	4356	10028	662	5008	20561	20754	616	1860	10642	4984	15480	19596
상호운용성	1030	8587	5169	32	12889	3142	5100	43067	4950	2348	16793	1459	547	17963	1811
보안성	295	9378	4872	5096	35779	1924	2096	6432	18567	3399	15180	3050	3635	2064	9915
성숙성	3473	30245	985	4716	7477	2584	717	23484	11429	1931	28005	10534	511	22894	10779
오류저항성	2496	7050	7931	189	4042	14947	2310	15199	13667	1684	1858	1912	417	21314	918
복구성	1690	7896	8337	3425	18382	11829	4147	10139	1506	486	17484	19057	417	14045	4335
이해성	1943	35134	16840	3076	37637	20194	3570	29074	18782	4708	29554	22473	2572	25907	15954
운용성	1091	7011	16259	5117	29891	18825	3209	4880	7827	3434	7122	5481	3871	2998	18909
성숙성	242	1220	14954	593	17860	6403	1192	3974	4291	5027	231	8864	149	13577	3710
변화성	3541	8580	3326	659	1789	2703	2906	1009	5190	540	8539	8533	4323	6388	1555
안전성	1112	28595	5771	3097	10179	341	1021	20781	6213	4290	13879	7225	2516	6951	7854
시험성	549	5974	8836	1791	6362	8661	1393	1974	1692	2380	28165	3663	1678	3771	2221
비용	22515	176612	123552	33448	196774	93873	36279	201883	118122	33769	186397	121966	29288	163300	107774
총비용	322680			324100			356280			342130			300360		



〈그림 3〉 유전자 알고리즘과 무작위생성방법이 생성한 비용의 합



〈그림 4〉 유전자 알고리즘과 무작위생성방법의 최적해 도출 시간

5. 결 론

통합정보보호시스템의 품질의 우수성은 통합정보보호시스템이 내재하고 있는 품질 요소의 취약성이 제거된 정도에 의해서 결정된다. 따라서 완전한 품질을 갖춘 통합정보보호시스템을 확보하기 위해서는 조직은 개발 자원을 효과적으로 배분해야 한다. 본 연구는 통합정보보호시스템의 개발자원을 통합정보보호시스템의 개발 단계별로 개별 품질요소에 전략적 자원 배분을 위한 전략을 다음과 같이 제안한다. 첫째, 본 연구가 제시하고 있는 13개의 하위품질 요소를 활용하여 통합정보보호시스템의 품질요소를 정의할 수 있다. 둘째, 통합정보보호시스템 개발 관리자는 개발 단계별 최적 비용을 탐색하고, 개발 단계 내에서 하위 품질 요소에 할당할 수 있는 최적 비용을 탐색한다. 통합정보보호시스템 개발 관리자는 하위 품질 요소의 가중치는 본 연구 결과를 그대로 활용하고, 개발 비용만 변경하여 유전자 알고리즘 시뮬레이션을 통해서 최적 비용을 할당할 수 있다. 셋째, 정보보호시스템의 개발 관리자는 하위 품질 요소를 개발 단계별로 반영해야 한다. 표에서 제시된 정보시스템 하위 품질 요소는 기능으로 구현되어 할 부분도 있고, 문서로 서술되어 할 부분이 있다. 만약 통합정보보호시스템은 정해진 목표의 성능과 기능을 효율적으로 운용하지 못하면, 조직내 정보시스템의 정상적인 운영을 방해할 수 있고, 외부의 위협에 대응하지 못하게 되므로 결국 조직은 외부 위협에 취약해질 수 있다.

따라서 통합정보보호시스템의 품질 확보는 전체 정보시스템의 정상적인 운영에 있어서 중요하다. 그러나 통합정보보호시스템의 개발 자원(또는 비용)에 제약이 있는 경우, 통합정보보호시스템의 품질 향상을 위해서는 자원(또는 비용)의 효과적인 할당이 필요하다. 본 연구가 제시하는 유전자 알고리즘을 활용한 자원할당 최적화 방법론은 통합정보보호시스템 외에도 품질에 민감한 정보시스템 개발 시에 발생할 수 있는 품질과 비용간의 트레이드오프 문제를 효율적으로 해결할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김종기 외; 시스템 보안공학 능력 성숙도 모델 고찰, 정보보호학회지, 11(6) : 2001.
- [2] 국가사이버안전센터; http://www.ncsc.go.kr/the_list_of_certified_products.
- [3] 산업기술인터넷방송; http://www.itstv.net/broad/news_list.asp?opt=contents&wrdr=보안&page=2&status=list.
- [4] Aguarón, J., et al.; "The Geometric Consistency Index : Approximated Threshold," *European Journal of Operation Research*, 147 : 137-145, 2003.
- [5] Côté, et al.; "The Evolution Path for Industrial Software Quality Evaluation Methods Applying ISO/IEC 9126," *Software Quality Journal*, 17-39, 2001.
- [6] Choi, M. G., Lee, S. Y., and Jung, T. M.; "An Empirical Study of Quality and Cost Balanced Security Engineering," *Lecture Notes in Computer Science*, 3903 : 379-389, 2006.
- [7] Choi, M. G. and Shin, S. M.; "Optimizing Quality Levels and Development Costs for Developing an Integrated Information Security System," *Lecture Notes in Computer Science*, 4867 : 359-370, 2007.
- [8] Eloff, M. and Solms, S. H.; "Information Security Management, Hierarchical Framework for Various Approaches," *Computers and Security*, 19 : 243-256, 2000.
- [9] Goldberg, D. E.; *Genetic Algorithms in Search Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley Professional, 1989.
- [10] ISO/IEC, *Software Engineering-Product QualityPart1 : Quality Model*, 2001.
- [11] John Leach; "Security Engineering and Security Rol," *Computers and Security*, 22(6) : 482-486, 2003.
- [12] Y. Lee, J. Lee and Z. Lee; "Integrating Software Lifecycle Process Standards with Security Engineering," *Computers and Security*, 21(4) : 345-355, 2002.

- [13] Park, Y. J., Montgomery, D., Fowler, J., and Borrer, C.; "Cost-Constrained G-efficient Response Surface Designs for Cuboidal Regions," *Quality Reliability Engineering International*, 22(2) : 121-139, 2006.
- [14] Pham, D. T. and Karaboga, D.; *Intelligent Optimisation Techniques : Genetic Algorithms, Tabu Search, Simulated Annealing and Neural Networks*, Springer, 2000.
- [15] Pijl, G., Swinkels, G., and Verijdt, J.; "ISO 9000 versus CMM : Standardization and Certification of IS Development," *Information and Management*, 32 : 267-274, 1997.
- [16] Satty, T. L.; *Decision Making for Leaders : The Analytical Hierarchy Process for Decision in a Complex World*, RWS Publications, 1995.
- [17] Wood, C. and Snow, K.; "ISO 9000 and information, Security, Computer and Security," 14(4) : 287-288, 1995.
- [18] 3com, http://www.3com.com/en_US/jump_page/em.