

RGC-링의 신드롬 분석을 이용한 하이퍼큐브 진단 알고리즘

(Hypercube Diagnosis Algorithm using Syndrome Analysis
of RGC-Ring)

김 동 군 [†] 조 윤 기 ^{**} 이 경 희 ^{***} 이 충 세 ^{****}
(Dong-Kun Kim) (Yoon-Ki Cho) (Kyung-Hee Lee) (Chung-Sei Rhee)

요 약 하이퍼큐브의 정규적이며 계층적인 구조적 특성을 갖고 있기 때문에 진단 알고리즘 개발에 효율적으로 적용될 수 있다. Kranakis와 Pelc[1]은 HADA/IHADA와 적응적 큐브분할 방법과는 다르게 결합을 모두 포함할 수 있는 최소의 RGC-링으로 임베딩 하여 진단을 수행하는 HYP-DIAG 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 HYP-DIAG의 첫 번째 단계에서 얻어진 RGC-링들의 신드롬을 분석함으로써 테스트 라운드를 줄일 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하고 이를 분석하였다.

키워드 : 하이퍼큐브, 결합, 적응적 진단

Abstract Hypercube has a regular and hierarchical structure, therefore it can be applied to the development of efficient diagnosis algorithm. Kranakis and Pelc [7] have proposed HYP-DIAG algorithm to implement different method of HADA/IHADA and adaptive cube partition method after embedding the small size of ring that includes all the faulty nodes. In this paper, we propose new method to reduce testing rounds by analyzing the syndrome of RGC-rings gained in the first step of HYP-DIAG and analyze the proposed algorithm.

Key words : Hypercube, fault, adaptive diagnosis

1. 서 론

병렬처리 시스템은 규모가 커짐에 따라 시스템 내에서 발생하는 결합의 빈도가 높아지고 있다. 결합의 발생으로 인하여 시스템이 다운되고 이것을 복구하는데 소요되는 비용은 시스템의 성능을 저하시키는 가장 큰 요인이 되고 있다. 이런 시스템에서 가장 중요한 문제는 시스템 내에 있는 모든 결합 프로세서의 위치를 정확하게 확인하는 것이다. 그래서 시스템의 신뢰성과 가용성을 향상시키기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다.

다양한 형태의 병렬처리 시스템이 개발되어 왔으며, 그 중에서도 많은 프로세서들을 서로 연결하기 위하여

규칙적인 토폴로지를 사용하는 메쉬나 하이퍼큐브를 가장 널리 사용하고 있다. 학술연구나 상업적인 시스템은 하이퍼큐브를 사용하여 개발되어 왔으며, Intel iPSC [2]와 nCUNE[3]은 이미 상용화되어 있다. 이러한 하이퍼큐브는 정규성과 계층성을 갖고 있어 효율적인 진단 알고리즘을 개발할 수 있다.

시스템에서 결합을 진단하기 위해서 PMC 모델을 사용하였다[4]. 시스템 내에 있는 각 프로세서는 자신과 이웃한 프로세서들의 테스트를 수행하고 이들의 테스트 결과를 분석하여 진단을 수행한다. 결합이 없는 프로세서들은 항상 정확한 테스트 결과를 주는 반면에 결합이 있는 프로세서들의 테스트 결과는 테스트를 받는 프로세서의 상태와는 무관하게 임의의 테스트 결과를 생성하기 때문에 신뢰할 수가 없다. 결합은 영구적이며 테스트를 수행하고 진단하는 동안 변하지 않는다고 가정한다. 시스템 안에 있는 노드는 진단되지 않거나, 결합 또는 결합이 아닌 세 가지 상태로 나타낼 수 있다. 시스템을 진단할 때, 결합이 아닌 노드를 결합이라고 진단하지 않고 결합인 노드를 결합이 아니라고 진단하지 않은 경우를 정확한 진단이라고 한다.

[†] 정 회 원 : 천안대학교 정보통신공학부 교수
tnt200202@empal.com

^{**} 정 회 원 : 주성대학 인터넷가상현실과 교수
ykcho@jsc.ac.kr

^{***} 정 회 원 : 서원대학교 컴퓨터정보통신학부 교수
khlee@seowon.ac.kr

^{****} 통신회원 : 충북대학교 컴퓨터과학과 교수
csrhee@cbucc.ac.kr

논문접수 : 2002년 2월 18일

심사완료 : 2005년 11월 10일

진단 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 척도로서 진단 알고리즘의 수행시간과 진단을 하기 위해 사용되는 테스트 링크의 수를 사용한다. 진단은 병렬로 수행되므로 수행 시간은 테스트 라운드의 수를 이용한다. [4]에서는 모든 링크들을 테스트해야 하는 반면에 Nakajima [5]는 이전에 테스트 결과를 이용하는 적응적 진단 방법을 제안하였다. HADA/IHADA[6]와 적응적 큐브분할 방법[7]은 하이퍼큐브의 구조적인 특징과 링의 진단 특성을 이용하여 병렬로 수행함으로써 테스트 라운드를 줄였다. 이러한 방법은 시스템을 링으로 임베딩한 후에 노드를 테스트하기 위하여 양방향으로 테스트하여 진단을 수행한다. [1]에서 제안된 HYP-DIAG는 한쪽 방향의 테스트 결과만으로 노드를 테스트 하는 방법을 제안하였다. 하지만 하이퍼큐브가 갖는 규칙적인 특징을 이용하지 못하였다.

본 논문에서는 HYP-DIAG 알고리즘의 첫 번째 단계를 실행하여 테스트된 RGC-링들의 신드롬을 분석하여 테스트 라운드의 수를 줄일 수 있는 새로운 방법을 제안한다. 2장과 3장에서는 각각 관련용어와 관련연구를 알아본다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 제시하고 성능을 분석하였다. 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 용어

결합진단 시스템은 방향 그래프 $G(V, E)$ 로 표현되며, 여기서 V 는 시스템 내의 각 프로세서를 나타내고, E 는 프로세서들 사이의 테스트 수행 관계를 나타낸다. 테스트를 수행하고 난 후에 각 간선은 0이나 1의 값을 갖게 된다. 즉, 간선 (u, v) 가 존재하면 프로세서 u 가 프로세서 v 를 테스트할 수 있음을 의미한다. 간선의 값이 0일 경우에는 프로세서 v 가 프로세서 u 에 의해 결함이 없는 노드로 테스트되었음을 나타내고, 간선의 값이 1인 경우는 프로세서 v 가 프로세서 u 에 의해 결함이 있는 노드로 테스트되었음을 나타낸다. 또한 각 간선이 테스트를 수행한 후에 갖는 값들의 집합을 신드롬이라 한다. 결과적으로, 신드롬을 함수 $S: A \rightarrow 0, 1$ 로 표현할 수 있다. 시스템에 있는 모든 결합 프로세서들의 집합을 결합 집합이라 한다.

임의의 정수 n 에 대하여, n 차원 하이퍼큐브 (n -큐브)는 그래프 $H_n = (V_n, E_n)$ 으로 표현한다. 여기서, V_n 은 길이가 n 인 이진수 집합이고, E_n 은 $\{\{u, v\} : u, v \in V \text{이고, } u \text{와 } v \text{는 정확히 하나의 위치만 다르다}\}$ 인 집합이다. n -큐브는 각 노드가 차수 n 을 갖는 2^n 개의 노드로 구성된다. 결과적으로, n -큐브에서 진단될 수 있는 노드의 수는 최대 n 이다. 본 논문에서는 많아야 n 개의 결함이 있는 것으로 가정하였다. n -큐브의 비적응적 진단은

2^n 개의 테스트를 수행하여야 한다. 즉, 양방향으로 n -큐브의 모든 간선에 대하여 테스트가 수행되어야 한다 [8]. 2^n 개의 노드와 많아야 n 개의 결함을 갖는 시스템의 모든 적응적 진단은 적어도 $2^n + n - 1$ 개의 테스트를 수행하여야 한다 [9]. $2^n + n - 1$ 은 임의의 n -큐브를 진단하는 테스트 수에 대한 이론적인 하한 값이다.

$n > 1$ 에 대한 n -큐브에는 해밀턴 그래프가 존재한다. 이것은 모든 노드들을 포함하는 원소들의 사이클이 존재하며, RGC(Reflected Gray Code)를 사용하여 효율적으로 해밀턴 사이클을 구성할 수 있음을 의미한다[10]. 이러한 사이클을 RGC-링이라 한다.

n -큐브는 $0 < k < n$ 에 대하여 두 그래프의 곱 형태인 $H_k \times H_{n-k}$ 로 표현될 수 있으며, 그래프 $H_k \times R_{n-k}$ 로 임베딩 할 수 있다. 여기서, R_{n-k} 는 H_{n-k} 에 있는 노드로 구성된 RGC-링이다. 즉, n -큐브 H_n 은 그래프 R_{n-k} 를 하나의 노드로 하는 2^k 개의 서로 다른 그래프로 이루어진 k -큐브 H_k 를 구성할 수 있다. H_k 와 인접한 노드에 대응하는 RGC-링들을 인접(*adjacent*)이라 한다. RGC-링 R 에 있는 임의의 노드 v 에 대하여, R 에 인접하는 서로 다른 RGC-링 속에 있는 v 에 대한 k 개의 이웃들을 v 의 *foreign neighbors*라 한다.

알고리즘은 R_{n-k} 에 있는 노드를 테스트 할 때, 한쪽 방향(시계방향)으로 모든 노드들의 테스트를 수행한다. 이것은 한쪽 방향의 테스트 결과만으로 각각의 링이 결합 노드를 포함하고 있는지 아니지를 확인할 수 있음을 의미한다. 얻어진 신드롬 속에 1을 하나도 포함하고 있지 않은 RGC-링들을 *healthy* RGC-링이라고 하고, 그렇지 않으면 *unhealthy* RGC-링으로 정의한다. 만약 *unhealthy* RGC-링이 *healthy* RGC-링과 인접한다면 *guarded* RGC-링이고, 그렇지 않으면 *unguarded* RGC-링이다.

3. 관련 연구

대부분의 진단 알고리즘은 [4]에서 제안된 PMC 모델을 사용하여 전체의 링크를 테스트하여야 한다. Nakajima는 적응적 진단 방법을 이용한 시스템의 진단 알고리즘을 제안하였다[5]. 적응적 진단 방법을 이용하여 시스템을 진단하기 위해서 수행되는 테스트가 동적인 방법에 의하여 선택적으로 수행된다. 따라서 기존의 방법에서 모든 테스트 링크를 사용하는 방법에 비하여 적은 수의 테스트 링크들만을 이용하여 진단을 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 Nakajima에 의한 적응적 진단 방법은 모든 노드들 사이에 링크가 존재한다는 완전 연결된 시스템에서만 사용될 수 있다는 단점이

이다.

Vaidya와 Pradhan은 [5]에서 이용했던 노드간의 완전 연결에 대한 가정을 완화시킨 방법으로써 ASDA (Adaptive Safe Diagnosis Algorithm)[11]을 제안하였다. 그러나 [11]의 방법을 적용할 경우 각 테스트 단계에서 불필요한 테스트가 수행될 수 있으며, 최악의 경우에는 모든 테스트가 수행되어야 한다.

Feng, Bhuyan과 Lombardi [6]은 시스템-레벨의 하이퍼큐브를 진단하는 적응적 알고리즘으로서 HADA/IHADA를 제안하였다. HADA/IHADA는 [11]의 결과와 하이퍼큐브의 구조적인 특징을 이용하는 분할 및 정복 방법을 이용하였다. 하지만 링을 분할할 때, 하이퍼큐브의 구조적 특징을 충분히 활용하지 못하였다. 즉, n -큐브가 $(n-1)$ -큐브로 분할이 이루어질 때, 분할할 수 있는 방법은 n 가지의 가능한 경우가 있고, 이러한 n 가지의 분할 방법 중에서 최대 1개의 결합 노드를 포함하는 서브 링을 보다 적은 단계에서 구성할 수 있다. Choi와 Rhee는 [7]에서의 적응적 큐브 분할 알고리즘에서 분할이 이루어지는 차원을 적응적으로 선택하여 테스트하는 라운드를 줄임으로써 전체적인 진단 비용을 줄일 수 있었다. 하지만, 하이퍼큐브를 하나의 링으로 임베딩하여 양방향의 테스트를 모두 수행하여야 한다는 것이다.

Kranakis와 Pelc는 [6]의 방법과는 다르게 전체 하이퍼큐브 H_n 을 $H_k \times H_{n-k}$ 로 분할하여 진단을 수행하는 HYP-DIAG 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 한쪽 방향의 테스트 결과만으로도 서브 링들의 모든 노드의 결합 유무를 확인할 수 있다. 이 결과를 이용하여 진단이 완료된 RGC-링들을 테스트로 이용하여 이웃한 RGC-링들의 진단을 수행한다. 하지만 하이퍼큐브의 구조적인 특징으로 RGC-링으로 분할하는 방법은 n -차원 하이퍼큐브인 경우 n 가지가 존재한다. 이런 n 가지의 분할 방법 중에서 RGC-링들의 신드롬을 분석한다면 가장 적절한 분할 차원을 선택할 수 있고, 하이퍼큐브가 분할되는 횟수를 줄임으로서 전체적인 테스트 라운드를 줄일 수 있다.

4. Enhanced-HYP-DIAG

HYP-DIAG 알고리즘의 단계 1을 수행한 후에 각각의 RGC-링들이 k -큐브 형태를 구성한다. k -큐브에는 많아야 n 개의 *unhealthy* RGC-링이 존재하게 된다. $n > k$ 이므로 k -큐브 안에 임의의 차원에 대하여 2개 이상의 *unhealthy* RGC-링이 인접하게 된다. 따라서 RGC-링들의 신드롬을 분석하여 많아야 한개의 *unhealthy* RGC-링들이 인접하는 차원을 선택한다면 테

스트의 라운드를 줄일 수 있다. 즉, 이미 진단이 이루어진 *healthy* RGC-링들과 *unhealthy* RGC-링들을 일대일로 매핑하는 문제로 해석할 수 있다. 하지만, Kranakis와 Pelc[1]은 분할 및 정복 방법을 이용하였다. 분할이 많이 이루어질수록 테스트의 라운드는 증가한다. 최악의 경우 하나의 *healthy* RGC-링이 7개의 이웃한 *unhealthy* RGC-링을 테스트하여야 한다.

본 논문에서는 RGC-링들의 신드롬을 분석하여 *healthy* RGC-링과 *unhealthy* RGC-링을 최대로 매핑할 수 있는 차원을 선택하여 진단을 수행하며, 아직 진단이 안된 *unhealthy* RGC-링이 남아 있으면 분할을 계속하는 것이 아니라 첫 번째 단계에서 얻어진 *healthy* RGC-링들과 신드롬을 분석하여 진단된 *healthy* RGC-링들을 이용하여 다른 차원을 선택하여 진단을 계속한다.

보조정리 4.1. n -큐브를 크기가 동일한 두 개의 집합으로 이분하는 방법의 수는 n 이다.

증명: 하이퍼큐브의 구조적인 특징으로 명백하다. □

보조정리 4.2. $n \geq 9$ 이고 $r = \lfloor \log n \rfloor + 1$ 로 정의하고 $k = n - r$ 라고 하자. k -큐브를 이분하는 k 가지의 방법 중에서 많아야 한 개의 결합 노드 쌍을 이룰 수 있는 방법의 가지 수가 적어도 하나 존재한다.

증명: 적어도 2개의 *unguarded* RGC-링들이 존재한다고 가정하자. 만약 이들이 이웃하고 있다면 공통적으로 이웃하는 RGC-링을 갖지 못한다. 이런 *unguarded* RGC-링에 인접한 모든 RGC-링들은 *unhealthy* RGC-링이기 때문에 이것은 적어도 $2k$ 개의 *unhealthy* RGC-링이 있게 된다.

2개의 *unguarded* RGC-링들은 H_k 에 있는 모든 2개의 노드들이 많아야 2개의 공통적인 이웃들을 가질 수 있기 때문에 많아야 2개의 공통적으로 인접하는 링들을 가질 수 있다. 만약 2개의 *unguarded* RGC-링들이 인접하지 않는다면, *unhealthy* RGC-링들의 전체 개수는 *unguarded* RGC-링들 자신과 그들에 인접한 모든 RGC-링들을 포함한다. 이것은 적어도 $2 + (2k - 2) = 2k$ 개의 *unhealthy* RGC-링이 있다는 것을 의미한다.

따라서, 적어도 2개의 *unguarded* RGC-링들의 존재는 적어도 $2k$ 개의 *unhealthy* RGC-링들이 존재한다는 것을 의미한다. 즉, 임의의 한 차원에 대하여 2개의 결합 노드 쌍이 존재한다는 것은 2개의 *unguarded* RGC-링들이 존재한다는 것을 의미한다. 이것은 $n > 8$ 에 대하여 $2k = 2(n - r) = 2n - 2\lfloor \log n \rfloor - 2 > n$ 이므로 모순이다. □

보조정리 4.3. n -큐브 안에 있는 *guarded* RGC-링들은 많아야 $s(n+2)$ 개의 테스트를 사용하여 1라운드 안에 진단될 수 있다. 여기서, s 는 RGC-링 안에 있는 결

함의 개수이다.

증명: [1]에 있는 보조정리 4.1 2)의 증명으로 대신한다. □

Enhanced-HYP-DIAG

단계 1. i) H_n 의 서브그래프 $H_k \times R_k$ 을 구성한다. 여기서, $r = \lfloor \log n \rfloor + 1$, $k = n - r$ 이고, R_k 은 H_r 안에 있는 RGC-링이다. 시계방향으로 R_k 의 모든 노드들의 테스트를 수행한다. healthy 링을 모두 찾는다. healthy 링의 모든 노드를 *fault-free*로 진단한다.

ii) 얻어진 링들의 신드롬을 분석하여 보조정리 4.2를 만족하는 차원을 선택한다.

단계 2. 만약 *unhealthy* RGC-링과 *healthy* RGC-링의 쌍이라면, *healthy* RGC-링이 *unhealthy* RGC-링을 테스트하고 진단을 수행한다. 그렇지 않으면 단계 1의 ii)로 간다.

단계 3. 만약 *unguarded* RGC-링이 존재한다면, *foreign neighbors*가 모두 결함을 갖는 유일한 노드만을 제외하고 유일한 *unguarded* RGC-링의 모든 노드를 진단한다.

단계 4. 만약 이전 단계까지 진단되지 않은 노드가 있다면, 마지막으로 이러한 노드를 진단한다.

정리 5.1. Enhanced-HYP-DIAG 알고리즘은 많아야 $2^n + (n+1)^2$ 의 테스트를 이용하여 최대 5라운드 안에 진단을 수행한다.

증명: 단계 1의 i)은 2번의 테스트 라운드와 2^n 개의 테스트를 수행한다. 단계 1의 ii)는 신드롬의 분석시간으로서 본 논문에서는 고려하지 않았다. 단계2와 단계 3은 각각 *unguarded* RGC-링들과 유일한 *unguarded* RGC-링의 진단으로서 보조정리 4.2와 보조정리 4.3을 이용하여 $n(n+2)$ 개의 테스트를 사용하여 2라운드 안에 수행된다. *unguarded* RGC-링의 진단은 *guarded* RGC-링의 진단과 비슷하다. 단계 4는 1라운드와 한번의 테스트를 수행한다. 테스트의 총 수는 $2^n + n(n+2) + 1 = 2^n + (n+1)^2$ 이다. □

표 1은 HYP-DIAG 알고리즘을 개선하여 병렬로 테스트를 수행함으로써 수행 시간을 테스트 라운드의 수를 이용하는 EXPRESS-HYP-DIAG 알고리즘과 본 논문에서 제안한 Enhanced-HYP-DIAG 알고리즘의 성능

을 이론적으로 비교한 것이다. 제안한 방법을 적용하면 보조정리 4.2로부터 하이퍼큐브의 크기에 관계없이 5번의 테스트 라운드 이내에 진단을 수행할 수 있다.

본 논문에서는 HYP-DIAG 알고리즘의 첫 번째 단계에서 테스트된 RGC-링들의 신드롬을 분석하는 시간은 고려하지 않았지만, EXPRESS-HYP-DIAG 알고리즘의 성능보다 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 HYP-DIAG 알고리즘의 첫 번째 단계에서 테스트된 RGC-링들의 신드롬을 분석하여 하이퍼큐브를 분할하는 적절한 차원을 선택하고 이미 진단된 RGC-링들을 이용함으로써 테스트 라운드 수를 줄일 수 있는 Enhanced-HYP-DIAG를 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 최악의 경우 $2^n + (n+1)^2$ 의 테스트 수를 사용하여 많아야 5번의 테스트 라운드를 사용한다.

하이퍼큐브의 차원이 높을수록 결함이 없는 프로세서보다 결함이 있는 프로세서의 수가 상대적으로 적은 수이기 때문에, 제안하는 알고리즘을 적용하면 효율적으로 진단할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 테스트 라운드만을 고려하였지만, 앞으로의 연구 방향은 테스트 라운드뿐만 아니라 테스트 수도 동시에 감소시킬 수 있는 알고리즘과 결함의 수가 n 개를 초과하는 경우에 효율적인 진단 알고리즘을 개발하고자 한다.

참고 문헌

[1] E. Kranakis and A. Pelc, "Better Adaptive Diagnosis of Hypercubes," *IEEE Trans. Computers*, vol 49, no. 10, pp. 1013-1020, Oct. 2000.
 [2] J. Rattner, "Concurrent Processing: A New Direction in Scientific Computing," *AFIPS Conf. Proc.*, pp. 157-166, 1985.
 [3] "nCUBE 2 Processor Manual," nCUBE Corp., 1990.
 [4] F.P. Preparata, G. Metze, and R.T. Chien, "On the Connection Assignment Problem of Diagnosable Systems," *IEEE Trans. Electronic Computers*, no. 12, pp. 848-854. Dec. 1967.
 [5] N. Nakajima, "A New Approach to System Diagnosis," *Proc. 19th Allerton Conf. Comm., Control, and Computing*, pp. 697-706, 1981.
 [6] C. Feng, L.N. Bhuyan, and F. Lombardi, "Adap-

표 1 EXPRESS-HYP 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능비교

알고리즘	차원	9	10	11	12	13	14	15	16
Enhanced-HYP-DIAG	라운드 수	5	5	5	5	5	5	5	5
	테스트 수	612	1145	2192	4265	8388	16609	33024	65825
EXPRESS-HYP-DIAG	라운드 수	9	10	11	10	11	9	9	10
	테스트 수	612	1145	2192	4265	8388	16609	33024	65825

tive System-Level Daignosis for Hypercube Multiprocessors," IEEE Trans. Computers, vol. 45, no. 10, pp. 1157-1170, Oct. 1996.

- [7] 최문욱, 이충세, "적용적 큐브 분할을 이용한 하이퍼큐브 진단 알고리즘", 정보과학회논문지, 제27권, 제4호, pp. 431-439, 2000년 4월.
- [8] J. Armstrong and F. Gray, "Fault Diagnosis in a Boolean n-Cube Array of Microprocessors," IEEE Trans. Computers, vol. 30, pp. 587-590, 1981.
- [9] P.M. Blecher, "On a Logical Problem," Disctete Math., vol. 43, pp. 107-110, 1983.
- [10] D.P. Bertsekas and J.N. Tsilisklis, Parallel and Distributed Computation, Numerical Methods, Prentice-Hall Int'l, 1989.
- [11] N.H. Vaidya and D.K. Pradhan, "Safe System Level Diagnosis," IEEE Trans. Computers, vol. 43, no. 3, pp. 367-370, Mar. 1994.

학과 교수. 관심분야는 알고리즘, 결합허용, 전문가시스템, 정보검색, 보안



김 동 군

1996년 충북대학교 통계학과 학사. 1998년 충북대학교 대학원 통계학과 석사. 1998년~현재 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사 과정. 관심분야는 결합허용, 분산알고리즘, 데이터마이닝, 무선네트워크, 유비쿼터스



조 윤 기

1994년 충북대학교 컴퓨터과학과 학사. 1996년 충북대학교 대학원 전자계산학과 석사. 2002년 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사. 2002년~현재 주성대학 인터넷가상현실과 조교수. 관심분야는 XML 문서관리, 소프트웨어 테스트, 정보검색, 임베디드시스템



이 경 화

1995년 충북대학교 컴퓨터과학과 학사. 1999년 충북대학교 대학원 전자계산학과 석사. 2004년 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사. 2002년 9월~현재 서원대학교 컴퓨터정보통신학부 교수. 관심분야는 XML, 객체데이터베이스, 데이터마이닝, 바이오인포매틱스



이 충 세

1979년 Univ. of Carolina 컴퓨터과학 석사. 1990년 Univ. of Carolina 컴퓨터과학 박사. 1983년~1987년 Univ. of Dakota Assistant Professor. 1989년~1991년 동아대학교 경영정보학과 부교수. 1991년 9월~현재 충북대학교 컴퓨터과