

Embedding Algorithm between Folded Hypercube and HFH Network

Kim Jongseok[†] · Lee Hyeongok^{**} · Kim Sung Won^{***}

ABSTRACT

In this paper, we will analyze embedding between Folded Hypercube and HFH. We will show Folded Hypercube FQ_{2n} can be embedded into $HFH(C_n, C_n)$ with dilation 4, expansion $\frac{(C_n)^2}{2^{2n}}$ and $HFH(C_d, C_d)$ can be embedded into FQ_{4d-2} with dilation $O(d)$.

Keywords : Interconnection Network, Folded Hypercube, HFH, Embedding

폴디드 하이퍼큐브와 HFH 네트워크 사이의 임베딩 알고리즘

김 종 석[†] · 이 형 옥^{**} · 김 성 원^{***}

요 약

본 논문에서는 폴디드 하이퍼큐브와 HFH 네트워크 사이의 임베딩을 분석한다. 폴디드 하이퍼큐브 FQ_{2n} 는 $HFH(C_n, C_n)$ 에 연장을 4, 확장을 $\frac{(C_n)^2}{2^{2n}}$ 에 임베딩 가능함을 보이고, $HFH(C_d, C_d)$ 를 폴디드 하이퍼큐브 FQ_{4d-2} 에 임베딩하는 비용은 $O(d)$ 임을 보인다.

키워드 : 상호연결망, 폴디드 하이퍼큐브, HFH, 임베딩

1. 서 론

최근 이미지 파일, 동화상, 실시간 처리 등의 많은 응용 분야에서 고성능의 컴퓨터에 대한 요구가 증가하고 있다. 고성능을 얻기 위한 방법으로 병렬처리에 대한 필요성이 크게 증가하여 병렬컴퓨터에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 병렬처리 컴퓨터는 다중프로세서 시스템과 다중컴퓨터 시스템으로 분류한다. 다중컴퓨터 시스템은 자신의 기억장치를 갖는 프로세서들을 상호연결망으로 연결하고, 프로세서들 간의 통신은 상호연결망을 통하여 메시지 전송 방식으로 구동되는 시스템이다. 다중컴퓨터 시스템에서 상호연결망은 전체 시스템의 성능과 시스템의 확장성에 큰 영향을 미친다.

대표적인 상호연결망으로 하이퍼큐브가 있다. 하이퍼큐브는 노드 및 에지 대칭이고, 임베딩 관점에 있어서 링, 트리,

메쉬 등과 같은 다른 연결망 구조들이 효율적으로 임베딩될 수 있다는 장점이 있다. 그렇지만 노드 개수의 증가에 따른 분지수의 증가로 인해 네트워크의 망비용이 증가하는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하고자 폴디드 하이퍼큐브 [1], 폴디드 하이퍼-스타[2], HFH[3] 등이 제안되었다.

다양한 연결망 구조에서 여러 가지 문제들을 풀기 위해 병렬 알고리즘들이 설계되었다. 이 알고리즘들을 원래와는 다른 연결망 구조에서 실행시킬 수 있는 방법이 있다면 이는 이미 개발된 알고리즘을 효율적으로 사용할 수 있는 장점으로 인해 알고리즘 분야에서 의미 있는 연구이다. 이러한 연구방법 중 널리 사용되는 것으로 임베딩이 있다[4-7]. 임베딩은 한 연결망의 프로세서와 통신링크를 다른 연결망의 프로세서와 통신링크들로 사상(mapping)시키는 방법을 일컫는다.

본 논문에서는 하이퍼큐브보다 망비용이 개선된 폴디드 하이퍼큐브와 HFH 사이의 임베딩 알고리즘을 제안한다.

2. 관련 연구

폴디드 하이퍼큐브 FQ_n 은 n 개의 노드로 구성된 연결망으로 각 노드는 n 개의 이진비트스트림 $u_1u_2...u_i...u_n$ 으로 표현된

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012R1A1A4A01014439).

† 정 회 원 : 로체스터대학교 컴퓨터과학과 박사후과정

** 종 신 회 원 : 순천대학교 컴퓨터교육과 교수

*** 종 신 회 원 : 영남대학교 정보통신공학과 부교수

논문접수 : 2012년 12월 26일

심사완료 : 2013년 3월 25일

* Corresponding Author : Lee Hyeongok(oklee@sunchon.ac.kr)

다. FQ_n 의 임의의 두 노드 U 와 V 를 연결하는 에지는 2가지가 있다. u_i 가 보수인 두 노드 $U=u_1u_2...u_i...u_n$ 와 $V=u_1u_2...u_i...u_n$, ($1 \leq i \leq n$) 사이에 에지가 발생한다. 그리고 $U=u_1u_2...u_i...u_n$ 이고 $V=\overline{u_1u_2...u_i...u_n}$ 인 두 노드 사이에 에지가 발생한다. 이 에지를 c -에지라고 하겠다.

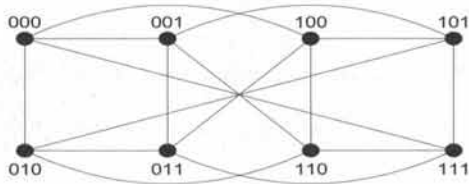


Fig. 1. FQ_3

폴디드 하이퍼스타 $FHS(2n,n)$ 는 2_nC_n 개의 노드로 구성된 연결망으로 각 노드는 $2n$ 개의 이진비트스트링 $u_1u_2...u_i...u_{2n}$ 으로 표현되며, 이진수 비트 1의 개수와 비트 0의 개수는 각각 n 개이다. $FHS(2n,n)$ 의 임의의 두 노드 U 와 V 를 연결하는 에지는 2가지가 있다. u_i 와 u_i 가 보수이고, u_i 와 u_i 가 교환된 두 노드 $U=u_1u_2...u_i...u_{2n}$ 와 $V=u_iu_2...u_1...u_{2n}$, ($2 \leq i \leq 2n$) 사이에 에지가 발생한다. $U=u_1u_2...u_i...u_{2n}$ 이고 $V=\overline{u_1u_2...u_i...u_{2n}}$ 인 두 노드 사이에 에지가 발생한다. 본 논문에서는 2_nC_n 를 C_n 라고 표현하겠다.

계층적 폴디드 하이퍼스타(HFH)는 $FHS(2n,n)$ 를 기본모듈, 즉, 클러스터로 갖는 연결망이다. $HFH(C_a,C_d)$ 은 노드의 주소를 두 개의 요소 (I,J) 로 표현하며, I 와 J 를 구성하는 비트스트링의 각각의 개수는 $2d$ 개이다. 노드 주소 표현 (I,J) 에서 I 는 클러스터 내부의 노드 주소를 나타내고, J 는 클러스터 주소를 나타낸다. $HFH(C_a,C_d)$ 의 에지는 클러스터와 클러스터를 연결하는 외부에지와 클러스터 내부의 노드를 연결하는 내부에지가 있다. $I \neq J$ 인 경우에 두 노드 (I,J) 와 (J,I) 사이에 외부에지가 존재하며, $I=J$ 인 경우에는 외부에지가 존재하지 않는다.

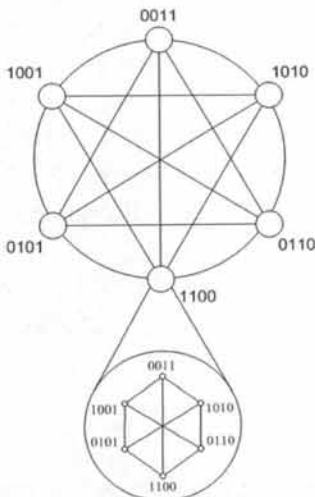


Fig. 2. $HFH(C_2,C_2)$ with $FHS(4,2)$ as a cluster

3. 임베딩

임의의 한 연결망을 G 라고 하고, G 의 노드 집합, 에지 집합과 경로 집합을 $V(G)$, $L(G)$, 그리고 $P(G)$ 라고 표현하겠다. $G(V,L)$ 의 $G'(V',L')$ 로의 임베딩 (ϕ,ρ) 은 $V(G)$ 의 노드들을 $V'(G')$ 의 노드들로 사상하고, $L(G)$ 의 에지들을 $P(G')$ 의 경로들로 사상하는 것을 말한다. 즉, $\phi: V \rightarrow V'$ 이고, $\rho: L \rightarrow P(G')$ 이다. 임베딩의 비용을 나타내는 척도로 연장율과 확장율이 있다. 연장율은 G 의 한 에지가 G' 에 사상되었을 때의 경로 길이를 나타내고, 확장율은 G 의 노드의 개수에 대한 G' 의 노드의 개수의 비율이다.

FQ_{2n} 의 임의의 노드 $S=(s_1s_2...s_n s_{n+1}...s_{2n})$ 에서 가장왼쪽의 n 개 비트열 $s_1s_2...s_n$ 을 I 라 하고, 나머지 n 개 비트열 $s_{n+1}...s_{2n}$ 을 J 라 할 때, 노드 $S=(I,J)$ 로 표현한다.

정리 1 폴디드 하이퍼큐브 FQ_{2n} 는 $HFH(C_n,C_n)$ 에 연장율 4, 확장율 $\frac{(C_n)^2}{2^{2n}}$ 에 임베딩 가능하다($2 \leq n$).

증명 폴디드 하이퍼큐브 FQ_{2n} 의 임의의 한 노드를 $S=(I,J)$ 라고 하고, I 의 첫 번째 비트스트링을 제거한 비트스트링을 $I^1=s_2...s_n$, J 의 첫 번째 비트스트링을 제거한 노드를 $J^1=s_{n+2}...s_{2n}$ 라고 하며, I 의 보수를 $\bar{I}=s_1s_2...s_n$, J 의 보수를 $\bar{J}=s_{n+1}s_{n+2}...s_{2n}$ 라고 하겠다. 노드 S 와 인접한 노드를 $S'=(s'_1s'_2...s'_n s'_{n+1}...s'_{2n})=(K,L)$ 이라 하자. $K=s'_1s'_2...s'_n$, $L=s'_{n+1}...s'_{2n}$ 이다. 노드 S 는 $HFH(C_n,C_n)$ 의 노드에 다음과 같이 임베딩한다. $\phi(S)=(\bar{I},\bar{J})$. 다음의 5가지 경우로 나누어 증명하겠다.

경우 1) S 와 S' 가 보수관계에 있는 경우:

경우 1-1) $I=L$ 이고 $J=K$ 인 경우: $S=(I,J)$ 이고, $S'=(J,I)$ 이다. 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\phi(S)=(\bar{I},\bar{J})$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\phi(S')=(\bar{J},\bar{I})$ 이다. $\phi(S)$ 와 $\phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\phi(S),\phi(S'))=(\bar{I},\bar{J})-(\bar{J},\bar{I})$.

경우 1-2) $I=J$ 인 경우: $S=(I,I)$ 이고, $S'=(\bar{I},\bar{I})$ 이다. 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\phi(S)=(\bar{I},\bar{I})$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\phi(S')=(\bar{I},\bar{I})$ 이다. $\phi(S)$ 와 $\phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\phi(S),\phi(S'))=(\bar{I},\bar{I})-(\bar{I},\bar{I})-(\bar{I},\bar{I})-(\bar{I},\bar{I})$.

경우 1-3) 그 외의 경우: $S=(I,J)$ 이고, $S'=(\bar{I},\bar{J})$ 이다. 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\phi(S)=(\bar{I},\bar{J})$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\phi(S')=(\bar{I},\bar{J})$ 이다. $\phi(S)$ 와 $\phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\phi(S),\phi(S'))=(\bar{I},\bar{J})-(\bar{I},\bar{J})-(\bar{I},\bar{J})-(\bar{I},\bar{J})$.

그러므로 S 와 S' 가 보수 관계에 있는 경우에는 연장율 4로 임베딩 가능함을 알 수 있다.

예 1-1) $S=0011, S'=1100 \rightarrow \Phi(S)=(0011,1100), \Phi(S')=(1100,0011).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(0011,1100)-(1100,0011).$$

예 1-2) $S=0000, S'=1111 \rightarrow \Phi(S)=(0011,0011), \Phi(S')=(1100,1100).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(0011,0011)-(1100,0011)-(0011,1100)-(1100,1100).$$

예 1-3) $S=1110, T=0001 \rightarrow \Phi(S)=(1100,1001), \Phi(T)=(0011,0110).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(1100,1001)-(0011,1001)-(1001,0011)-(0110,0011)-(0011,0110).$$

경우 2) J 와 L 의 첫 번째 비트스트링이 다른 경우 : $L = s_{n+1}J^1$ 이므로 $S=(I,0J^1)$ 와 $S'=(I,1J^1)$ 라고 하자. 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S)=(I\bar{I},0J^1\bar{J}^1)$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S')=(I\bar{I},1J^1\bar{J}^1)$ 이다. $\Phi(S)$ 와 $\Phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(I\bar{I},0J^1\bar{J}^1)-(0J^1\bar{J}^1,I\bar{I})-(1J^1\bar{J}^1,I\bar{I})-(I\bar{I},1J^1\bar{J}^1)$. 그러므로 J 와 L 의 첫 번째 비트스트링이 다른 경우에는 연장을 3으로 임베딩 가능함을 알 수 있다.

예 2) $S=1100, S'=1110 \rightarrow \Phi(S)=(1100,0011), \Phi(T)=(1100,1001).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(1100,0011)-(0011,1100)-(1001,1100)-(1100,1001).$$

경우 3) J 와 L 의 i 번째 비트스트링이 다른 경우 ($n+2 \leq i \leq 2n$) : $S=(I,1v_10v_2)$ 와 $S'=(I,1v_11v_2)$ 라고 하자. v_1 과 v_2 는 임의의 이진비트스트링을 나타낸다($0 \leq |v_1, v_2| \leq n-1$). 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S)=(I\bar{I},1v_10v_2\bar{v}_1\bar{v}_2)$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S')=(I\bar{I},1v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2)$ 이다. $\Phi(S)$ 와 $\Phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(I\bar{I},1v_10v_2\bar{v}_1\bar{v}_2)-(1v_10v_2\bar{v}_1\bar{v}_2,I\bar{I})-(0v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2,I\bar{I})-(1v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2,I\bar{I})-(I\bar{I},1v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2)$. 그러므로 J 와 L 의 i 번째 비트스트링이 다른 경우에는 연장을 4로 임베딩 가능함을 알 수 있다.

예 3) $S=0010, S'=0011 \rightarrow \Phi(S)=(0011,1001), \Phi(S')=(0011,1100).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(0011,1001)-(1001,0011)-(0101,0011)-(1100,0011)-(0011,1100).$$

경우 4) I 와 K 의 첫 번째 비트스트링이 다른 경우 : $K = s_1I^1$ 이므로 $S=(0I^1, J)$ 와 $S'=(1I^1, J)$ 라고 하자. 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S)=(0I^1\bar{I}^1, J\bar{J})$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S')=(1I^1\bar{I}^1, J\bar{J})$ 이다. $\Phi(S)$ 와 $\Phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(0I^1\bar{I}^1, J\bar{J})-(1I^1\bar{I}^1, J\bar{J})$. 그러므로 I 와 K 의 첫 번째 비트스트링이 다른 경우에는 연장을 1로 임베딩 가능함을 알 수 있다.

예 4) $S=0011, S'=1011 \rightarrow \Phi(S)=(0011,1100), \Phi(S')=(1001,1100).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(0011,1100)-(1001,1100).$$

경우 5) I 와 K 의 i 번째 비트스트링이 다른 경우 ($2 \leq i \leq n$) : $S=(1v_10v_2, J)$ 와 $S'=(1v_11v_2, J)$ 라고 하자. v_1 과 v_2 는 임의의 이진비트스트링을 나타낸다($0 \leq |v_1, v_2| \leq n-1$). 그러면 노드 S 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S)=(1v_10v_2\bar{v}_1\bar{v}_2, J\bar{J})$ 이고, 노드 S' 가 임베딩된 노드는 $\Phi(S')=(1v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2, J\bar{J})$ 이다. $\Phi(S)$ 와 $\Phi(S')$ 사이의 경로는 다음과 같다. $\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(1v_10v_2\bar{v}_1\bar{v}_2, J\bar{J})-(0v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2, J\bar{J})-(1v_11v_2\bar{v}_1\bar{v}_2, J\bar{J})$. 그러므로 I 와 K 의 i 번째 비트스트링이 다른 경우에는 연장을 2로 임베딩 가능함을 알 수 있다.

예 5) $S=1000, S'=1100 \rightarrow \Phi(S)=(1001,0011), \Phi(S')=(1100,0011).$

$$\rho(\Phi(S), \Phi(S'))=(1001,0011)-(0101,0011)-(1100,0011).$$

따름정리 2. 폴리드 하이퍼큐브 FQ_{2n} 를 $HFH(C_n, C_n)$ 에 임베딩하는 평균연장은 4 미만이다.

증명. FQ_{2n} 의 c -에지의 개수는 2^{2n-1} 이다. 연장을 1로 임베딩되는 c -에지의 개수는 2^{2n-3} 이고, 연장을 3으로 임베딩되는 c -에지의 개수는 2^{2n-3} 이며, 연장을 4로 임베딩되는 c -에지의 개수는 2^{2n-2} 이다. 그러므로 c -에지의 평균연장은 $\frac{2^{2n-3} + 3 \times 2^{2n-3} + 4 \times 2^{2n-2}}{2^{2n-1}} = 3$ 이다. FQ_{2n} 의 임의의 노드

에 연결되어 있는 에지의 개수는 $2n+1$ 이다. c -에지를 제외한 에지의 개수는 $2n$ 이다. $2n$ 개의 에지 중 연장을 1로 임베딩되는 에지의 개수는 1이고, 연장을 2로 임베딩되는 에지의 개수는 $n-1$ 이며, 연장을 3으로 임베딩되는 에지의 개수는 1이고, 연장을 4로 임베딩되는 에지의 개수는 $n-1$ 이다. c -에지를 제외한 에지의 평균연장은 $\frac{1 + 2n - 2 + 3 + 4n - 4}{2n} < 4$ 이다. c -에지의 평균연장이 3이

고, 나머지 에지의 평균연장이 4 미만이므로 FQ_{2n} 를 $HFH(C_n, C_n)$ 에 임베딩하는 평균연장은 4 미만을 알 수 있다.

정리 3 $HFH(C_d, C_d)$ 를 폴리드 하이퍼큐브 FQ_{4d-2} 에 임베딩하는 비용은 $O(d)$ 이다.

증명 $HFH(C_d, C_d)$ 의 임의의 노드를 $S=(I, J) = (s_1s_2 \dots s_d s_{d+1} \dots s_{2d-1}, t_1t_2 \dots t_{d-1} \dots t_{2d-1})$ 라고 하고, I 의 보수를 $\bar{I} = s_1s_2 \dots s_d s_{d+1} \dots s_{2d-1}$, J 의 보수를 $\bar{J} = t_1t_2 \dots t_{d-1} \dots t_{2d-1}$ 라고 하며, I 의 첫 번째 비트스트링을 제거한 비트스트링을 $I^1 = s_2 \dots s_{2d-1}$, J 의 첫 번째 비트스트링을 제거한 노드를 $I^1 = t_2 \dots t_{2d-1}$ 라고 하겠다. 노드 S 와 인접한 노드를 $S'=(K, L) = (s'_1s'_2 \dots s'_d s'_{d+1} \dots s'_{2d-1}, t'_1t'_2 \dots t'_{d-1} \dots t'_{2d-1})$ 이라 하자. 노드 S 는 FQ_{4d-2} 의 노드에 다음과 같이 임베딩한다. $\Phi(S) = (I^1, J^1)$. S 와 S' 가 외부에지에 의해 연결된 경우의 임베

딩을 통해 $HFH(C_d, C_d)$ 를 FQ_{4d-1} 에 임베딩하는 비용이 $O(d)$ 임을 보인다.

경우 1) S 와 S' 가 외부에지에 의해 연결된 경우: 노드 S 와 S' 가 FQ_{4d-2} 에 임베딩 된 노드는 $\Phi(S)=(I^1, J^1)$ 와 $\Phi(S')=(K^1, L^1)$ 이다. 외부에지에 의해 연결되어 있기 때문에 $I=L$ 이고 $J=K$ 이다. 즉, $\Phi(S)=(J^1, I^1)$ 이다. I^1 와 J^1 의 거리가 $d-1$ 이면 $\Phi(S)$ 와 $\Phi(S')$ 의 거리는 $2d-2$ 이다. 그러므로 $HFH(C_d, C_d)$ 를 FQ_{4d-2} 에 임베딩하는 비용은 $O(d)$ 임을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 폴디드 하이퍼큐브와 HFH 네트워크 사이의 임베딩을 분석하였다. 폴디드 하이퍼큐브 FQ_{2n} 는 $HFH(C_n, C_n)$ 에 연장을 4, 확장을 $\frac{(C_n)^2}{2^{2n}}$ 에 임베딩 가능함을 보였고, $HFH(C_d, C_d)$ 를 폴디드 하이퍼큐브 FQ_{4d-2} 에 임베딩하는 비용은 $O(d)$ 임을 보였다. 이러한 연구 결과는 폴디드 하이퍼큐브에서 개발된 많은 알고리즘을 계층적 폴디드 하이퍼스타 $HFH(C_n, C_n)$ 에서 적은 비용을 추가하여 활용할 수 있음을 의미한다.

참 고 문 헌

[1] A. El-Amawy and S. Latifi, "Properties and performance of folded hypercubes," *IEEE Trans. Parallel Distributed syst.*, Vol.2, No.1, pp.31-42, 1991.

[2] H.-O. Lee, J.-S. Kim, E. Oh, and H.-S. Lim, "Hyper-star graph: a new interconnection network improving the network cost of the hypercube," in *Proceedings of the EurAsia-ICT 2002: Information and Communication Technology*, LNCS 2510, 2002, pp.858-865.

[3] J. Kim and H. Lee, "Hierarchical folded hyper-star network(HFH): a new interconnection network based on folded hyper-star network," *The KIPS Transactions: Part A*, Vol.15, No.4, pp.95-100, 2008.

[4] S. Bettayeb, B. Cong, M. Girou, and I.H. Sudborough, "Embedding star networks into hypercubes," *IEEE Trans. Computers*, Vol.1, No.2, pp.186-194, 1996.

[5] W. Deng and Q. Luo, "Embedding complete binary trees into locally twisted cubes," *Advanced Engineering Forum*, Vol.6-7, pp.70-75, 2012.

[6] Q. Dong, J. Zhou, Y. Fu, and X. Yang, "Embedding a mesh of trees in the crossed cube," *Information Processing Letters*, Vol.112, No.14-15, pp.599 - 603, 2012.

[7] S.-Y. Hsieh, C.-N. Kuo, and H.-L. Huang, "1-vertex-fault-tolerant cycles embedding on folded hypercubes," *Discrete Applied Mathematics*, Vol.157, No.14, pp.3094-3098, 2009.



김 종 석

e-mail : rockhee7@gmail.com

1995년 순천대학교 전산학과(학사)
 2001년 순천대학교 컴퓨터학과(석사)
 2004년 순천대학교 컴퓨터학과(Ph.D.)
 2005년~2008년 오클라호마 주립대학교
 컴퓨터학과 박사후과정

2008년~2012년 영남대학교 정보통신공학과 연구교수
 2012년~현 재 로체스터대학교 컴퓨터학과 박사후과정
 관심분야: 병렬 및 분산처리, 계산이론, 네트워크 설계 및 분석



이 형 옥

e-mail : oklee@sunchon.ac.kr

1994년 순천대학교 전산학과(학사)
 1996년 전남대학교 전산통계학과(석사)
 1999년 전남대학교 전산통계학과(Ph.D.)
 1999년~2002년 한국정보화진흥원
 선임연구원

2006년~2007년 University of Texas at Dallas 교환교수
 2002년~현 재 순천대학교 컴퓨터교육과 교수
 관심분야: 병렬 및 분산처리, 계산이론, 알고리즘, 네트워크 설
 계 및 보안



김 성 원

e-mail : swon@yu.ac.kr

1990년 서울대학교 제어계측공학과(학사)
 1992년 서울대학교 제어계측공학과
 (공학석사)
 2002년 서울대학교 전기컴퓨터공학부
 (공학박사)

2005년~현 재 영남대학교 정보통신공학과 부교수
 관심분야: 무선 네트워크, 모바일 네트워크, 임베디드시스템