

Web GIS 클러스터링 시스템에서 질의 영역의 인접성을 이용한 로드 밸런싱 기법

장용일 이찬구* 이충호* 이재동** 배해영*

*인하대학교 전산계산공학과

**단국대학교 전산과

himalia@hownuri.net

Load Balancing Method Using Proximity of Query Region in Web GIS Clustering System

Yong-il Jang Chan-gu Lee* Chung-ho Lee* Jae Dong Lee** Hye-young Bac*

*Dept. of Computer Science, Inha University

**Dept. of Computer Science, Dankook University

요 약

웹 GIS에서의 인터넷 서비스 이용자의 집중 현상으로 발생하는 서버의 과부하 현상을 막고 안정적인 서비스 제공을 위해서는 웹 클러스터링 기술의 도입이 필요하다. 공간 질의는 웹 데이터와는 달리 인접 영역에 대한 질의가 매우 잦으며, 질의 처리 결과가 대용량이라는 특성을 가지고 있다. 이러한 공간 질의의 특성을 고려하지 않을 경우, 서버에서 처리되는 질의들의 지역적 인접성이 낮아지고 낮은 버퍼 재 사용율은 디스크로의 접근 빈도를 높여 질의 처리 비용을 증가시키는 원인이 된다.

본 논문에서는 웹 GIS 클러스터링 시스템을 위한 질의 영역의 인접성을 이용한 로드 밸런싱 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 공간 데이터를 타일을 기반으로 인접한 타일의 그룹을 생성하여 각 서버에 할당하며, 질의 영역 및 공간 연산을 고려하여 서버에서 질의가 처리되는 동안 버퍼 재사용율이 최대가 되도록 클라이언트의 질의 요청을 적절한 서버에 전달한다. 제안하는 기법은 서버의 버퍼를 공간 인덱스 탐색에 최적화함으로써 서버의 버퍼 재사용율을 높이고, 클러스터링 시스템에서 디스크의 접근 횟수를 낮추어, 전체적인 서버 시스템의 처리 능력을 향상시킨다.

1. 서론

인터넷의 급속한 성장은 전문가들 뿐만 아니라 일반인들도 생활 속에서 인터넷을 효율적으로 활용할 수 있도록 하여 보다 편리한 생활 환경을 가능하게 하였다. 그러나 이러한 환경 속에서 인터넷 사용자의 수는 매년 급속하게 증가하고 있으며, 이러한 사용자가 특정 인터넷 서비스에 과도하게 몰릴 경우, 서버에 네트워크 트래픽의 증가와 서버 리소스 사용량의 급격한 증가로 인한 서비스의 중단이라는 문제가 대두되고 있다.

최근 웹을 통하여 다양한 지리정보 서비스가 제공되고 있으며, 서버에서 발생할 수 있는 과부하 문제를 해결하기 위하여 클라이언트와 서버 양 측에서 질의를 처리하는 연구가 진행되었다[9]. 그러나, 이러한 구조는 이용자 증가에 따른 서버의 과부하에 의한 서비스 중단 현상을 근본적으로 해결하지 못한다. 웹 GIS의 서비스 중단 현상의 해결을 위하여 웹 클러스터링 시스템[1, 2]의 도입이 필요하지만, 공간 질의와 웹 데이터 요청의 특성의 차이로 인하여 웹 클러스터링 시스템을 웹 GIS에 바로 적용할 수 없다.

일반적으로, 웹 데이터는 클라이언트들의 요청 사이에 밀접한 연관성을 가지지 않으며, 1개의 요청에 의해 서버에서 반환되는 리소스 역시 많지 않다. 이에 반해 공간 질의는 인접한 영역에 대한 질의가 매우 잦게 발생하며, 1개의 공간 질의에 대해 반환되어야 하는 공간 객체의 수는 매우 많은 특성을 갖는다. 따라서 이러한 공간 질의의 특성을 고려하지 않고 로드 밸런싱을 수행할 경우, 각 서버에서 처리하는 질의들의 지역적 인접성이 낮아지게 된다. 이는 서버에서 공간 질의를 처리하기 위하여 탐색해야 하는 공간 인덱스의 범위가 넓어지게 되며, 이는 서버의 버퍼 재사용율을 낮추는 원인이 된다. 그리고 서버의 버퍼 재사용율이 낮아지게 되면, 디스크로 접근하여 페이지를 가져오는 빈도가 높아지게 되며, 많은 양의 공간 객체를 처리해야 하는 공간 질의에서는 질의 처리 비용이 증가하게 된다.

웹 클러스터링 시스템에서 로컬 네트워크를 이용하여 서버의 버퍼를 공유함으로써, 버퍼의 재사용율을 높여 디스크의 접근 횟수를 낮추기 위한 기존의 연구가 있었다[3, 4]. 그러나 기존의 방법에 따른 버퍼 관리를 할 경우, 공간 질의 처리를 위한 디스크의 접근 횟수는 낮아지지만 각 서버의 단일 버퍼의 재사용율은 여전히 낮기 때문에 공유 버퍼의 참조 빈도가 높아지게 된다. 이는 잦은 버퍼 페이지 전

송을 유발시켜 네트워크 트래픽을 증가시키는 원인이 된다.

본 논문에서는 로드 밸런싱을 이용하여 웹 GIS 클러스터링 시스템의 버퍼 재사용율을 높이고 디스크 접근 빈도를 낮추기 위한 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 공간 질의는 인접 영역에 대한 질의 처리가 잦은 특성을 가지기 때문에 질의가 처리되는 영역을 참조하여 처리 영역이 인접한 질의들을 그룹화 하여 동일한 서버상에서 처리한다면, 해당 서버가 탐색해야 하는 공간 인덱스의 범위는 좁아져 버퍼의 재사용율을 높일 수 있다[5]. 제안하는 기법은 공간 인덱스를 구성 기법 중의 하나인 타일 기반 인덱스의 기본 단위인 타일을 기반으로 클러스터링에 참여한 서버의 구성에 따라 인접한 타일들의 집합을 생성한다. 생성된 타일 집합은 디스패처(Dispatcher)에 의해서 각각의 서버로 할당되며 디스패처는 클라이언트의 요청으로부터 공간 질의가 처리되는 영역에 대한 정보와 질의어에 포함되어 있는 공간 연산을 참조하여 해당 질의가 처리되는 동안 버퍼의 반환 빈도가 최소가 되도록 클라이언트의 요청을 각 서버에 전달한다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구로서 기존 클러스터링 시스템에서의 버퍼 재사용율을 높이기 위한 기법과 공간 객체의 인접도를 계산하기 위한 힐버트 곡선에 대해서 다룬다. 3장에서 무한 분산 스케줄링 기법을 제안하고, 4장에서 제안한 기법을 적용한 디스패처를 구현한다. 5장에서 기존의 기법과의 비교를 통한 성능 평가를 수행하며, 6장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 기존 클러스터링 시스템의 버퍼 관리 기법

기존의 클러스터링 시스템에서 버퍼의 재사용율을 높이기 위한 방법으로 로컬 네트워크를 통하여 각 서버들이 버퍼를 공유하는 방법을 이용한다[4]. 이는 디스크의 접근 빈도를 낮출 수 있기 때문에 클러스터링 시스템에서 발생하는 디스크 병목 현상을 해결하는데 도움을 준다[3]. 버퍼 공유 기법에서는 클라이언트의 요구에 대한 페이지가 서버상에 존재하지 않을 경우 해당 페이지의 소유자인 서버에게 요청하게 된다. 소유자는 해당 페이지가 버퍼 상에 존재하는 다른 서버를 찾아 버퍼 포워딩(Forwarding)을 명령하는데, 만일 어떠한 서버에도 페이지가 존재하지 않을 경우 소유자가 디스크에서 읽어 들인다. 단, 이 페이지는 소유자는 직접 사용하지 않고 외부의 서버에 요청에 의하여 읽어 들인 페이지이기 때문에, 효율적인 버퍼 관리를 위하여 버퍼 반환 시에 가장 먼저 선택되며, Hated Page라 한다

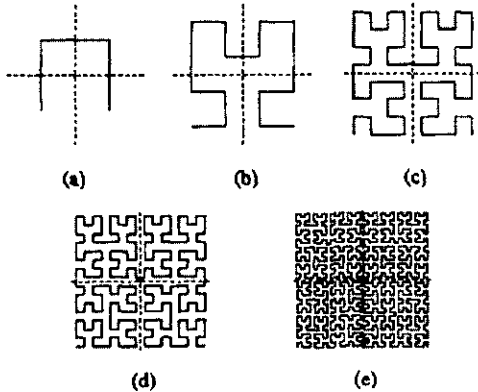
* 본 연구는 정보통신부의 대학 S/W 연구센터 지원사업의 연구 결과임

[7]. Hated Page와는 별도로 각 서버에서 버퍼 반환 알고리즘에 의하여, 디스크로부터 읽어 들인 페이지인 단일 페이지(Single Page)와 공유 버퍼로부터 전송 받은 페이지인 중복 페이지(Duplicate Page) 중 반환할 버퍼를 선택하는 방법에 따라 Client-Server 방식과 Duplicate Elimination 방식으로 나눌 수 있다[3]. 그러나, 이들 방법들은 공통적으로 Hated Page에 대해서는 가장 높은 순위로 페이지 반환을 수행하고 있기 때문에, 서버의 로컬 디스크로부터 읽어 들인 페이지가 아닐 경우 버퍼에 존재하는 확률이 낮아지게 된다. 이러한 특성 때문에 공간 연산을 처리할 경우 오히려 공유 버퍼의 참조 빈도가 높아져 빈번한 네트워크 전송으로 인하여 네트워크 트래픽이 증가하게 된다.

2.2 힐버트 곡선(Hilbert Curve)

차원 n보다 높은 차원인 m차원 공간의 좌표를 인접 좌표에 대한 연관성을 유지한 채 n 차원의 좌표로 매핑하는 것은 불가능하지만 차원 공간이 그리드(Grid)로 분할되어 있을 경우 인접 좌표의 연관성을 유지한 채 보다 낮은 차원의 좌표로 매핑하는 것이 가능하며, 그리드로 분할되어 있는 2차원 공간의 좌표를 1차원 공간의 좌표로 매핑(mapping)하기 위하여 Z-Curve, Gray Coding, 힐버트 곡선(Hilbert Curve)과 같은 연구들이 진행되어져 왔었다[6].

Z-Curve와 Gray code 기법은 공간 탐색 과정에 점프(jumps)현상이 발생하며 이로 인해 2차원 공간의 인접 좌표가 연속적인 선형 좌표로 매핑되지 않는 경우가 발생하는 반면, [그림 2-1]에서 보여지듯이 힐버트 곡선은 좌표 공간 탐색에서 컬럼(column)의 점프는 오직 바로 옆에 존재하는 컬럼으로만 이루어지기 때문에 2 차원 공간의 인접 좌표가 선형 좌표에서 멀어지는 현상을 최소화한다[6].



[그림 2-1] 힐버트 곡선

힐버트 곡선의 이러한 특징은 기존의 공간 데이터베이스에 관한 연구에서 선형 공간으로 매핑된 공간 객체들을 그룹화하거나 역 클러스터링(De-clustering)을 수행함으로써 R-Tree 인덱스나 공간 데이터 클러스터링 시스템에서 병렬성을 높이기 위한 방법으로 이용되어져 왔다[6, 8].

3. 질의 영역의 인접성을 이용한 로드 밸런싱 기법의 제안

본 장에서는 인접 영역에 대한 질의를 그룹화하여 로드 밸런싱을 수행함으로써 서버에서 질의 처리를 위해 사용되는 버퍼의 재사용율을 높이고 있는 타일 기반의 웹 지리 정보 시스템은 이미 서버가 공간 데이터를 타일 단위로 분할하여 관리하고 있으며 이 분할 기준인 타일을 2 차원 공간으로 분할하기 위한 그리드로 고려할 수 있다.

3.1 인접 영역 그룹화

2차원 공간의 좌표를 인접한 좌표의 관계를 유지한 채 1차원 좌표로 매핑(Mapping)하기 위해서는 공간이 그리드로 분할되어 있어야 한다.

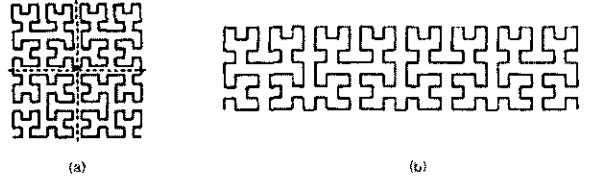
클라이언트와 서버간의 전송 단위가 파일 전체이거나 레이어 단위로 전송을 하는 웹 지리 정보 시스템의 경우 디스패처는 서버로부터 공간 데이터의 영역에 관한 정보를 얻고 그리드 분할을 위한 기준을 정하여 영의대로 공간 분할을 하여야 한다. 그러나 본 논문에서 다루고 있는 타일 기반의 웹 지리 정보 시스템은 이미 서버가 공간 데이터를 타일 단위로 분할하여 관리하고 있으며 이 분할 기준인 타일을 2 차원 공간으로 분할하기 위한 그리드로 고려할 수 있다.

따라서 본 논문에서 제안하는 시스템에서는 웹 GIS 서버에서 관리하는 공간 데이터에 관한 메타(Meta) 데이터가 디스패처에 전달되어야 하며 디스패처는 이 정보를 바탕으로 전체 영역을 타일로 분할하고 인접 타일을 그룹화한다.

힐버트 곡선(Hilbert curve)은 n * n의 그리드로 분할된 정방형 공간에

대해 적용하는 기법이기에 때문에 컴퓨터의 CRT 스크린과 같이 좌표계가 x * y차원인 경우 n * n의 그리드로 분할 할 수 없기 때문에 기존의 힐버트 곡선을 적용할 수 없다. 이 경우 기존의 힐버트 곡선을 변형함으로써 x * y좌표를 갖는 차원에서도 힐버트 곡선을 이용한 인접 공간의 정렬이 가능하다[6].

[그림 3-1]에서는 기존의 힐버트 곡선과 변형된 힐버트 곡선을 보여주고 있다. [그림 3-1]의 (a)는 Order 4인 힐버트 곡선이며, (b)는 x 차원이 4y인 공간에서 Order가 3인 힐버트 곡선을 x차원에 4번 반복한 변형된 힐버트 곡선이다.



[그림 3-1] 힐버트 곡선의 변형

힐버트 곡선을 이용하여 차원 매핑을 수행할 때 힐버트 값을 계산하기 위한 기준정의 선정 방법에는 4-d Hilbert through corners(4D-xy), 4-d Hilbert through center and diameter(4D-cd), 2-d Hilbert through Centers Only(2D-c)등이 있다.

원기 연산만을 고려할 때 2D-c 방법을 이용하여 R-Tree를 정렬한 경우가 다른 방법을 이용하여 정렬한 경우보다 페이지의 접근 회수가 가장 낮으며 R-tree의 응답 시간이 가장 짧다[10]. 따라서 본 논문에서는 그리드의 중심 좌표를 이용하여 힐버트 값을 계산하도록 한다.

디스패처가 클러스터링에 참여하는 서버에 질의 처리 영역을 할당하는 과정은 다음과 같다.

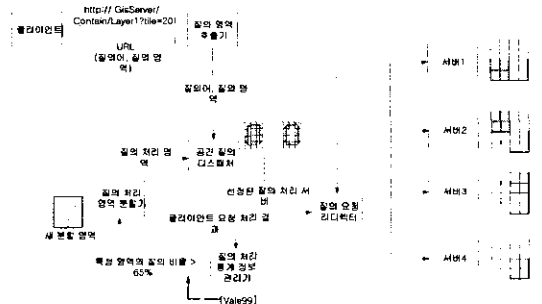
1. 디스패처는 서버로부터 공간 데이터베이스의 메타 정보를 전달 받는다.
2. 서버의 공간 데이터의 타일 관리 구조와 일치하도록 전체 영역을 타일의 크기로 분할한다.
3. 타일 개수에 맞추어 변형된 힐버트 곡선의 계산식을 보정한다.
4. 각 타일의 중심점을 이용하여 각 타일의 힐버트 값을 계산하고 오름차순으로 정렬한다.
5. 정렬한 타일을 클러스터링에 참여한 서버의 개수 만큼 나누어 질의 처리 영역을 생성한다.
6. 질의 처리 영역을 각 서버에 할당하며 각 타일과 타일이 포함되어 있는 질의 처리 영역의 관계 테이블을 작성한다.
- 7.

3.2 디스패처의 질의 처리 서버 선정

본 절에서는 질의 영역과 서버에 할당된 질의 처리 영역과의 포함 관계를 고려하여 디스패처가 3가지 질의 클래스의 질의어를 처리할 서버를 선정하는 방법과 특정 영역에 대한 질의의 집중 현상으로 인하여 특정 서버로 질의가 집중되는 현상을 해결하기 위한 방법에 대해 다룬다.

4. 디스패처의 구현

본 장에서는 질의 영역의 인접성을 고려한 디스패처를 구현한다 다음 [그림 4-1]은 전체 시스템 구조도이다.



[그림 4-1] 전체 시스템 구조도

공간 질의의 디스패처는 통신 관리기의 질의 영역 추출기로부터 전달되는 공간 질의를 질의 분류 테이블을 이용하여 분류하고 질의 영역인 타일들로부터 질의 요청을 처리하기 위한 클러스터링 서버를 결정하여 통신 관리기의 질의 요청 리디렉터(Redirector)로 넘겨준다. 공간 질의의 디스패처는 질의 요청을 서버에 할당한 결과를 질의 처리 통계 정보 관리기로 넘겨 질의 처리 영역 및 각 타일에서 처리된 질의의 통계 정보를 기록하도록 한다. 공간 질의의 디스패처의 처리 알고리즘

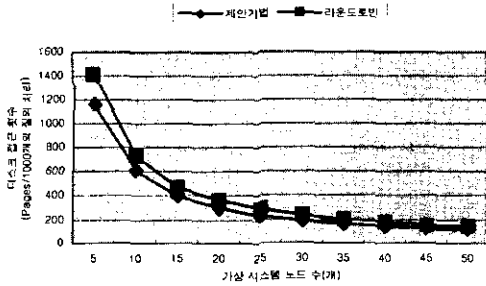
은 다음과 같다.

```

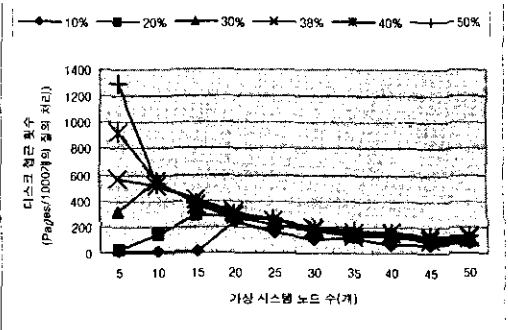
< 알고리즘: 공간 질의 디스패처 >
Input : 레이어, 공간 질의어, 질의 영역 타입
Output : 클러스터링 서버 주소
string SpatialQueryDispatch (Layer, Spatial Query, Tiles of Query Area)
{
switch(Spatial Query) {
영역 내부 질의 :
    질의 영역 내부에 포함된 타일을 가장 많이 포함하는
    질의 처리 영역을 찾음
    해당 질의 처리 영역을 QPA 변수에 저장
영역 경계 질의 :
    질의 영역 경계에 걸친 타일을 가장 많이 포함하는 질
    의 처리 영역을 찾음
    해당 질의 처리 영역을 QPA 변수에 저장
영역 외부 질의 :
    버퍼 사용량이 최소인 질의 처리 영역을 찾음
    이들 질의 처리 영역 중 질의 영역에 포함되는 타일을
    최소로 포함하는 질의 처리 영역을 찾음
    해당 질의 처리 영역을 QPA 변수에 저장
}
QPA를 할당 받은 서버의 주소를 반환.
}
    
```

5. 성능평가

본 장에서는 웹 GIS 클러스터링 시스템에서 본 논문에서 제안한 방식으로 서버에서 처리하는 질의 영역을 인접 영역으로 그룹화한 경우, Round-Robin을 이용한 경우, 버퍼 공유 기법을 이용한 경우를 비교 평가한다. 로드 밸런싱 기법에 따른 디스크 접근 횟수의 측정용 Round-Robin 방법과 본 논문에서 제안한 기법을 적용한 경우, 가상 시스템 노드 수를 증가시킴에 따라 1000개의 임의의 질의를 처리하는 동안 디스크에 접근한 횟수를 측정하였다. 질의 영역의 인접 정도에 따른 디스크 접근 횟수의 측정에는 클라이언트의 질의 영역이 전체 영역의 10%, 20%, 30%, 40%, 50% 이내로 인접할 경우 가상 시스템 노드 수를 증가시킴에 따라 1000개의 인접 영역에 대한 질의를 처리 하는 동안 디스크에 접근한 횟수를 측정하였다



[그림 5-1] 로드 밸런싱 기법에 따른 디스크 접근 횟수 [그림 5-1]의 실험 결과 제안한 기법이 라운드 로빈 기법에 비하여 향상된 성능을 보이나 노드 수가 증가함에 따라 성능의 차이는 점차 감소하고 있다.



[그림 5-2] 질의 영역의 인접도에 따른 디스크 접근 횟수 [그림 5-2]의 실험 결과 질의 영역의 인접도가 38%가 되기 전까지는 전반적으로 노드 수가 충분히 증가하지 않으면 오히려 디스크 접근 횟수가 증가하지만, 질의 영역의 인접도가 38%를 넘은 후에는 노드 수에 관계 없이 디스크 접근 횟수가 감소한다.

6. 결론

인터넷 이용자의 수가 급속하게 증가함에 따라 이용자의 집중 현상으로 인한 인터넷 서비스의 중단 현상이 심각한 문제로 지적되었다. 그러나 웹 GIS에서 발생할 수 있는 서버의 과부하 문제를 해결하기 위한 기존의 연구는 근본적으로 이러한 문제를 해결하지 못하였다.

본 논문에서는 웹 클러스터링 기술을 적용함으로써 안정적인 웹 GIS 서비스를 제공하도록 하였다. 즉, 질의 처리 영역의 인접성을 이용하여 질의 처리 영역이 인접된 질의들을 하나의 서버에서 처리하는 로드 밸런싱 기법을 제안하였다. 또한 제안된 기법을 기존 클러스터링 시스템의 버퍼 관리 방법과 실험 평가를 통해 디스크 접근 비용이 향상됨을 보였으며 클라이언트의 질의 영역이 전체 영역의 38% 이상에 해당하는 영역으로 인접될 경우 클러스터링 시스템의 효율은 노드 수에 영향을 받지 않는다는 것을 보였다.

향후 연구로는 공간 질의어 뿐만 아니라 비공간 질의어에 대해서도 효과적으로 버퍼를 관리하기 위한 방법이 고려되어야 하며, 제안한 기법에 버퍼 공유 기법을 적용하여 디스크의 접근 빈도를 더욱 낮추기 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

7. 참고문헌

- [1] S.M. Baker, B. Moon, Scalable Web Server Design for Distributed Data Management, Proceedings of Fifteenth International Conference on Data Engineering, 1999
- [2] Valeria Cardellini, Michele Colajanni, Philip S. Yu, Redirection Algorithms for Load Sharing in Distributed Web-server Systems, Proceedings of The 19th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, 1999
- [3] Shivakumar Venkataraman, Miron Livny, Jeffrey F. Naughton, Memory Management for scalable Web Data Servers, Proceedings of Thirteenth International Conference on Data Engineering, 1997
- [4] M. Dahlin, R. Wang, T.Anderson, D.Patterson, " Cooperative Caching : Using Remote Client Memory to Improve File System Performance," Proceedings of the First Conference on Oper. Sys. Design and Implementation, 1994.
- [5] Ibrahim Kamel, Christos Faloutsos, " Parallel R-trees," SIGMOD Conference 1992
- [6] H. V. Jagadish, " Linear Clustering of Objects with Multiple Attributes," In Proceedings of the 1990 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 1990
- [7] M. Franklin, M. Carey, and M. Livny, " Global Memory Management in Client-Server DBMS Architectures," Proceedings of the eighteenth International Conference on VLDB, 1992
- [8] Ibrahim Kamel, Christos Faloutsos, " On Packing R-trees," CIKM 1993, 1993
- [9] 강규원, " 클라이언트-서버 환경을 지원하는 GIS에서의 역할 분담 스케줄러," 인하대학교 전자계산공학과 석사학위 논문, 1998
- [10] 조영섭, " 타일 저장구조와 하이브리드 공간 질의 처리기법을 이용하는 클라이언트 중심 웹 지리정보시스템," 인하대학교 전자계산공학과 박사학위 논문, 1999