

인터넷 지리 정보 시스템에서의 성능 개선을 위한 고정 그리드 기반의 캐쉬 알고리즘

A Fixed Grid Based Cache Algorithm for Performance Improvement in Internet Geographic Information System

문진용* 구용완**
Jin Yong Moon Yong Wan Koo

요약

최근 지리 정보 시스템은 인터넷의 발전과 더불어 사회의 각 분야에서 그 활용성이 증가하고 있다. 그러나, 현실적으로 인터넷 지리 정보 시스템에서는 대용량의 공간 데이터의 전송에 따른 사용자 응답 시간 지연, 네트워크의 트래픽, 그리고 서버 과부하 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 클라이언트 측의 캐쉬 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안된 알고리즘은 단위 시간과 공간 근접성의 개념을 이용하여 기존의 연구를 개선한다. 그리고, 효율성의 향상 정도를 측정하기 위해 성능 평가를 실시하고 결과를 분석한다. 성능 평가 결과, 공간 데이터의 질의 시에 기존의 알고리즘에 비하여 적중률에 있어서 보다 좋은 성능을 나타내었다.

Abstract

Recently, the use of Geographic Information System in each field of our society is on the increase according to the development of the Internet. But, there is a problem of the user access latencies, the network traffic, and the server overload in Internet Geographic Information System because spatial data are transferred in large volumes. In this paper, we propose a cache algorithm on client side to solve the above problems. The proposed algorithm demonstrates the performance improvement over known studies by utilizing unit time and spatial proximity. In addition, this paper conducts a performance evaluation to measure the improvement in algorithm efficiency and analyzes the results of the performance evaluation. When spatial data queries are conducted, according to our performance evaluation, hit rate has been improved over the existing algorithms.

1. 서론

현대 사회는 일반 사용자들에게 PC가 널리 보급되어 인터넷을 비롯한 컴퓨터 통신망의 비약적인 발전을 통하여 교육, 생활, 문화, 사회, 그리고 경제 등 모든 분야에 걸쳐 상호 정보를 교환하고 공유할 수 있게 되었으며, 그에 대한 인터넷 활용 범위는 사회 전분야에 활용하고자 하는 시도가 활발히 진행되고 있는 실정이다 [1,4,6].

따라서, 지리 정보 시스템(Geographic Information System; 이하 GIS) 분야에서도 인터넷 기술을 접목하여 인터넷을 통해 지리 정보 서비스를 제공하기 위한 인터넷 GIS에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다 [2,12]. 인터넷 GIS는 웹을 기반으로 하고 있기 때문에 웹 브라우저만 설치되어 있으면 플랫폼 독립적으로 일반 사용자들은 공간과 시간의 제약을 받지 않고 손쉽게 사용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만, 현재와 같이 폭발적으로 증가하는 네트워크의 트래픽 상황에서 상대적으로 용량이 큰 공간 데이터의 특성 때문에 인터넷 GIS 사용자들에게 응답 시간의 지연, 네트워크의 과도한 트래픽, 그리고 서버의 과부하 문

* 정 회 원 : 수원대학교 전자계산학과
igis152@yahoo.com

** 종신회원 : 수원대학교 전자계산학과 교수
ywkw@mail.suwon.ac.kr

제가 발생하게 된다.

본 논문에서는 인터넷 GIS의 문제점 중에서 위와 같은 문제를 해결하기 위해 적중률을 높일 수 있는 캐쉬 알고리즘을 제시하고자 한다. 사용자 응답 시간의 지연은 인터넷 GIS 클라이언트에서의 캐쉬의 적중률을 높임으로써 서버와 클라이언트간의 통신 트래픽 문제를 효과적으로 개선할 수 있다 [4,7,9].

제시하는 알고리즘은 기존의 방식에 비해 공간 근접성(Spatial proximity)과 단위 시간(Unit time)의 개념을 이용한다는 점에서 차별화 될 수 있다. GIS 분야에서 이미 잘 알려진 특성으로 접근되는 객체들간의 지역성이 있다는 점이다. 인터넷 GIS를 위한 캐쉬를 설계할 때, 공간 근접성에 대한 추가 정보를 이용하면 기존의 방식에 비해 캐쉬 적중률을 높일 수 있다. 캐쉬 적중률의 향상은 결과적으로 클라이언트와 서버간의 접속 회수 및 통신량을 줄임으로써 사용자 응답 시간 지연을 효과적으로 개선할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 인터넷 GIS에서 사용되고 있는 공간 데이터의 특성과 기존의 대체 알고리즘에 대한 연구를 살펴보고, 3장에서 연구 환경 및 제안된 알고리즘을 상세하고, 4장에서는 기존의 알고리즘과의 성능 평가를 통해 기존의 알고리즘에 대한 성능 개선 여부를 검증하여 본다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 언급한다.

2. 관련 연구

2.1 공간 데이터의 특성

인터넷 GIS에서 사용되는 공간 데이터는 공간상의 지리 표현 객체로 복합적으로 표현되는 가변 길이 데이터이다 [2,11,12]. 이 공간 데이터는 기하 데이터와 위상 데이터로 분류된다. 기하 데이터는 공간 데이터를 표현하는 것으로 라스터나 벡터 포맷을 갖는다. 반면 위상 데이터는 이러한

기하 데이터 사이의 공간 관계를 표현하는 것으로 인접, 포함 등의 공간 관련 정보를 갖는다.

이와 같은 공간 데이터들은 그 형태와 무관하게 대부분이 비정형이며 그 크기가 방대하다는 특성을 가진다. 또한, 인터넷 GIS는 공간 데이터 외에 이에 관련된 특징을 포함하는 속성 데이터를 관리해 주어야 한다.

인터넷 GIS에서 사용되는 공간 데이터의 특성을 정리하면 다음과 같다 [11]. 첫째, 공간 데이터는 단순 객체가 아닌 복합 객체이다. 둘째, 공간 데이터들은 그 크기가 가변적이며 일반적으로 방대하다. 따라서, 인터넷 GIS에서의 캐쉬는 사용자의 지연 시간 감소와 네트워크 트래픽의 경감을 위해 이러한 공간 데이터의 특성을 고려해야 한다.

2.2 대체 알고리즘

현재 인터넷 캐쉬를 위해 연구된 기존의 알고리즘들은 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 제안된 알고리즘과의 성능 평가를 4장에서 하여본다.

첫째, LRU(Least recently used), LFU(Least frequently used)와 같은 기존의 대체 알고리즘들을 가변크기 객체라는 특수성을 갖는 인터넷 분야에 응용·적용하는 것이다.

LRU는 크기가 서로 다른 객체를 처리하기 위해 기존의 LRU 기법의 확장이라 할 수 있다 [8]. 이 기법은 새롭게 들어오는 인터넷 객체의 여유 공간을 마련하기 위하여 가장 최근에 사용되지 않은 객체부터 삭제하는 방식이다. 이렇게 하면, 삭제되는 객체는 0개에서부터 수많은 객체들이 캐쉬에서 삭제될 수 있다.

캐쉬 교체 알고리즘에 대한 지금까지의 연구에서 LRU에 대하여 다음의 두 가지의 문제점을 제시하고 있다 [5]. 첫째, 캐쉬 데이터를 교체할 때 이용되는 정보가 너무 적다는 점이다. LRU에서는 가장 최근에 참조된 시간만을 이용해서 캐쉬 데이터를 교체하기 때문에 특정 응용에 따라 추가

로 제공될 수 있는 정보를 활용하지 못한다는 단점이 있다. 둘째, 접근 빈도가 다른 데이터를 동일하게 다룬다는 점이다. 자주 요청되는 데이터도 자주 사용되지는 않지만 최근에 사용된 데이터에 비해 교체될 우선 순위가 높다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 특정 응용 분야에서 추가로 이용할 수 있는 정보로써 사용자의 데이터의 접근 유형, 접근 빈도, 그리고 객체의 시멘틱 등을 이용하는 것이 바람직하다.

LRU-K는 각 객체의 마지막 K번의 참조 시간을 기억한다. 그리고, 잦은 사용 빈도를 가진 것과 아닌 것을 구분함으로써 LRU 보다 나은 성능을 제공한다. 즉, 각 객체들의 참조되는 시간 간격을 따로 저장해서 이를 다시 알고리즘에 반영하고, 이렇게 차지적으로 파라미터를 바꿈으로써 능동적으로 동작이 가능하고, 한 객체의 현재의 참조 빈도와 과거의 참조 빈도를 구분함으로써 변화하는 참조의 형태에 적용할 수 있다 [4,7].

둘째, 키에 기반한 대체 알고리즘들이다. SIZE는 인기가 있는 작은 크기의 객체가 큰 객체의 삽입으로 제거되는 상황을 막기 위해 새로 삽입되는 객체의 여유공간이 생길 때까지 크기가 가장 큰 객체부터 차례로 제거하는 전략이다 [1,10].

LRUMIN은 삭제되는 객체의 수를 최소화하기 위하여 크기가 작은 객체에 비중을 두는 전략이다. 예를 들면, 캐쉬에 새롭게 들어오는 객체의 크기를 S로 하고 S보다 큰 여유공간이 없다고 하면 다음과 같은 순서로 처리한다. S/2보다 큰 객체들 중에서 LRU 전략으로 제거하고, S/4보다 큰 객체 중 LRU 방식으로 여유공간이 생길 때까지 이와 같은 전략으로 계속해서 제거한다 [1,4].

셋째, 전송비용, 객체의 유효기간 등과 같은 비용에 기반한 알고리즘이다. GD(Greedy Dual)-Size 알고리즘은 전송비용/객체크기가 가장 낮은 객체를 캐쉬 공간에서 삭제한다 [4]. Bolot와 Hoschka는 [3]에서 전송비용, 객체크기, 그리고 최후 요청 시간의 가중 관계형 함수를 사용하여 삭제될 객체를 선택하였다.

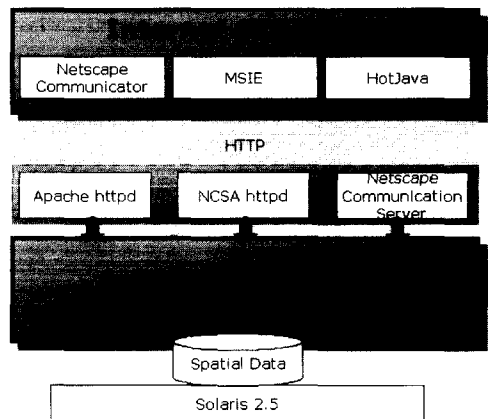
3. 알고리즘의 설계

3.1 연구 환경 및 가정

본 논문에서는 그림 1과 같이 인터넷 기반의 클라이언트/서버 모델의 인터넷 GIS를 연구의 대상으로 한다. 서버에서 관리하는 공간 데이터는 벡터 데이터로써, 클라이언트로 전송되는 데이터 역시 벡터 데이터이다. 서버의 공간 데이터 관리를 위한 공간 인덱스는 고정 그리드 파일(Fixed grid file)이 사용되고 있다고 가정함으로 각 그리드 셀 내의 공간 데이터는 하나의 페이지에 저장되며, 여러 셀에 겹치는 공간 데이터는 객체 자체가 쪼개어져 저장되어 중복 참조되는 공간 데이터는 존재하지 않는다.

클라이언트는 공간 처리 및 분석 등의 복잡한 연산보다는 단순히 지도 보기를 주된 작업으로 하기 때문에, 대부분의 사용자 응답 시간 지연은 지도 출력의 지연으로 발생한다. 클라이언트는 사용자가 화면으로 출력하려는 영역과 겹치거나 포함하는 셀 데이터를 서버에 요청한다. 각각의 셀에 포함된 데이터는 서버에서 하나의 페이지에 할당되어 저장되어 있으므로, 셀 단위의 데이터 전송은 페이지 단위의 전송을 의미한다.

또한, 클라이언트 캐쉬의 도입으로 발생하는



(그림 1) 연구 환경

공간 데이터 중복으로 인한 일관성 유지 문제와 객체 식별자 유지(Swizzling) 문제는 다루지 않는다. 일관성 유지 문제는 기존 연구의 인터넷 캐쉬 일관성 유지 기법 [3,4]을 적용하여 해결하는 것으로 가정한다. 또한, 객체 식별자 유지는 특정 영역의 공간 데이터를 화면에 출력하는 것을 기본 기능으로 하는 인터넷 GIS에서는 중요한 문제가 아니므로 이 논문에서는 언급하지 않는다.

3.2 인터넷 GIS의 캐쉬 알고리즘

본 논문의 알고리즘은 기본적으로 LFU의 개념을 사용한다. 하지만, 단위 시간의 개념을 사용하여 우선 LRU-K처럼 잦은 사용 빈도를 가진 페이지와 그렇지 않은 페이지를 구분하기 위해 각 캐쉬의 참조 회수를 단위 시간 내에 행해진 것과 단위 시간 후에 행해진 것으로 구분해서 저장한 후, 대치될 캐쉬를 찾을 때 먼저 단위 시간 내에 행해진 참조 회수를 가지고 비교한다.

그리고, 이 값이 같을 경우 단위 시간 후에 행해진 참조 회수를 가지고 다시 비교한다. 또한, 이를 위해 사용한 단위 시간을 LFU의 치명적인 단점인 영역 질의에서 캐쉬의 개수가 많아질 때 오히려 성능이 더 떨어지는 것을 보완하기 위해 사용한다. 즉, 단위 시간 내에 행해진 참조 회수를 가지고 비교하기 전에, 캐쉬에 있는 페이지 중 단위 시간 동안 참조되지 않은 것이 있는지를 검사한다. 만일 있다면, 이를 대치 대상으로 결정한다. 이렇게 함으로써 변화하는 참조의 형태에 적응할 수 있게 된다.

이렇게 해서도 대체 대상을 찾지 못하면, 가장 최근에 사용된 페이지를 선택한다. 왜냐하면, 인터넷 GIS에서는 영역 질의의 경우에 가장 최근에 사용된 페이지가 계속해서 참조되는 것이 아니라 과거에 참조된 페이지가 주기적으로 참조되는 패턴을 가지기 때문이다.

이를 바탕으로 본 논문에서 제안하는 인터넷 GIS를 위한 클라이언트 측의 대체 알고리즘을 나

```

if(p is already in the cache)then
  if(t-time(p) > Unit time)then
    increment Uncorrelated_Reference_Counter(p) by 1
  else
    increment Correlated_Reference_Counter(p) by 1
  time(p)=t
//end_if
else
  min=MAX NUMBER
  for(all pages q in the cache)
    if(t-time(q) > Unit time)then
      victim=q
      min=MIN NUMBER
    //end_if
    if(Correlated_Reference_Counter(q) < min)then
      victim=q
      min=Correlated_Reference_Counter(q)
    //end_if
    else if((Correlated_Reference_Counter(q) = min)and
(Uncorrelated_Reference_Counter(victim)
< Uncorrelated_Reference_Counter(q))or(time(victim) <
time(q))then
      victim=q
    //end_for
  fetch p into victim
  if(t-time(p) > Unit time)then
    increment Uncorrelated_Reference_Counter(p) by 1
  else
    increment Correlated_Reference_Counter(p) by 1
  time(p)=t
//end_else
    
```

(알고리즘 1) 고정 그리드 기반의 캐쉬 알고리즘

타낸 것이 알고리즘 1과 같다. 표현을 명료화하기 위해 탐색을 빠르게 하기 위한 추가적인 자료 구조와 각 페이지에 가중치를 주는 부분은 생략했다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 우선 검색해야 하는 공간 데이터를 가진 페이지 p가 캐쉬에 있는지를 검사한다. 그렇다면, 이 참조가 단위 시간 내에 행해진 것인지 아닌지를 검사해서 그에 맞게 참조 계수를 증가시킨다. 캐쉬에 없다면 우선, 캐쉬에 있는 페이지 중 단위 시간 동안 참조되지 않은 페이지를 찾는다. 만일 있다면, 이를 교체시킨다. 하지만, 없다면 단위 시간 내의 참조 회수가 가장 적은 캐쉬나 단위 시간 후의 참조 회수가 가장 적은 캐쉬, 그리고 참조된 시간이 가장 오래된 캐쉬를 찾아서 이 캐쉬에 필요한 페이지를 대체한다. 교체가 끝나면, 이 페이지로의 참조가 단위 시간 내에 행해진 것인지 아닌지를 검사

해서 그에 맞게 참조 계수를 증가시킨다. 마지막으로 대체된 캐쉬의 시간을 참조될 때의 시간으로 지정한다.

4. 성능 평가

4.1 실험 환경

본 논문에서는 성능 평가를 하기 위해서 SUN Sparc (210.123.54.124)에서 운영체제로는 Solaris 2.5를 사용하였고, 컴파일러는 g++ 2.7.2를 사용하였다. 또한, 프로그램 디버깅을 위해서는 gdb 4.3을 이용하였다.

4.2 성능 평가 결과

본 논문에서 비교 대상으로 LRU와 LRU-K 알고리즘을 선택한 이유는 LRU-K가 LRU를 개선한 방법이고, LRU와 LRU-K의 구현이 다른 알고리즘들에 비해 쉽기 때문이다. LFU의 경우, 실험 결과 LRU보다 조금 나은 성능을 보이지만, 영역 질의의 경우에 캐쉬의 개수가 많아질 경우, 오히려 그 성능이 떨어지는 결과를 보였다. LRU-K는 K가 2인 경우를 예를 들었다. LRU-3도 실험해보았으나 LRU-2와 별로 성능 차이를 보이지 않았다.

전체 페이지의 수는 가로×세로, 32×32, 1024로 가정하고, 각 페이지의 크기는 345×345로 가정한다. 이는 우리 나라의 남한 지형만한 크기로써 앞에서 언급한 바와 같이 공간 데이터는 실제로 가변 길이 데이터이지만, 여기서는 실험의 편의를 위해 고정 그리드 인덱스를 사용하는 페이지로 제한한다.

본 논문의 알고리즘의 단위 시간은 캐쉬의 수나 다른 파라미터에 영향을 받지 않고, 단지 반경 r에 해당하는 페이지의 수에만 영향을 받을 수 있었다. 따라서, 단위 시간은 반경 r에 해당하는 페이지 수×1.5로 하였다.

4.2.1 영역 질의의 경우

영역 질의의 경우, 인터넷 GIS에서의 공간 근접성의 특성을 보임으로 중심점에서 먼 객체일수록 그 참조 확률이 떨어진다. 즉, 식 1이 성립하게 된다.

$$\text{참조 확률} = \frac{\alpha}{\text{중심점과 공간 객체 사이의 거리}} \quad (\text{식 1})$$

여기서, α 는 임의의 상수이다.

따라서 각 공간 객체에 할당할 수 있는 가중치는 식 2와 같다.

$$\text{가중치} = \beta(r - \text{중심점과 공간 객체 사이의 거리}) \quad (\text{식 2})$$

여기서, β 는 임의의 상수이다.

이 가중치를 각 객체에 할당할 경우, 더 높은 성능을 보일 수 있다. 여기에서의 거리는 유클리드(Euclidean) 거리이며 아주 정확한 가중치가 필요한 것이 아니라, 근사한 가중치만이 필요하고, 또한 수행 속도를 빠르게 하기 위해 중심점이 (X, Y)이고, 객체의 첫 번째 데이터의 좌표가 (x, y)라면, 거리 = $|X - x| + |Y - y|$ 가 된다. 따라서, 이를 각각의 알고리즘에 모두 반영하면 보다 나은 성능을 보일 수 있다.

영역 질의시, 가장 최소한으로 필요한 캐쉬의 크기는 반경 r을 포함하는 객체의 수이다. 만약 이 최소한의 캐쉬의 크기보다 작게 할당을 하게 되면, 실험 결과는 많게는 15%까지 떨어지는 결과를 보였다. 따라서, 최소한의 캐쉬의 크기는 식 3과 같다.

$$\text{캐쉬의 수} = \lceil \frac{\text{반경 } r}{\text{한 블럭의 가로의 크기}} \rceil + \delta \quad (\text{식 3})$$

여기서 δ 는 임의의 상수이다.

하지만, 본 논문에서는 같은 크기의 캐쉬에 대해 여러 반경에서 실험을 했으므로, 위의 수식을 적용하지는 않았다. 표 1은 반경 r을 변경시켜 가

(표 1) 영역 질의시의 성능 평가 결과

캐쉬의 수 \ 알고리즘	9	11	13	15	17	21	24	27
LRU	2.9	4.9	4.3	6.8	7.5	9.8	9.6	11.9
LRU-K	11.1	44.8	61.6	70.9	70.2	70.1	70.2	70.2
제안된 알고리즘	41.3	53.1	62.8	71.2	70.4	70.9	70.3	71.1

(표 2) 점 질의시의 성능 평가 결과

캐쉬의 수 \ 알고리즘	9	19	29	39	49	59	69
LRU	10.1	19.8	23.4	31.5	42.0	51.2	58.9
LRU-K	15.6	21.4	26.2	35.2	45.3	55.4	61.2
제안된 알고리즘	19.2	24.4	28.5	39.0	49.7	56.6	62.1

면서 측정된 영역 질의시의 적중률의 평균치를 나타낸다. 본 논문의 알고리즘은 캐쉬의 수가 적을 때는 다른 알고리즘에 비해 성능이 월등히 우수했지만, 캐쉬의 수가 많아지면 LRU-K와 비슷해졌다. 또한, 영역 질의를 처리할 때, 캐쉬의 수에 크게 영향을 받지 않고, 거의 비슷한 성능을 나타내었다.

4.2.2 점 질의의 경우

점 질의 경우에는 임의의 좌표의 데이터를 검색하는 질의가 연속적으로 들어오는 경우를 가정하여 실험하였다. 표 2는 실험 결과를 나타내고, 각 알고리즘마다 그 차이가 영역 질의시보다 거의 없었다. 이것은 점 질의의 경우, 참조의 형태가 난수적인 형태라서 어떤 알고리즘이든지 최적의 상황이 될 수 없기 때문이다.

5. 결 론

본 논문에서는 인터넷 GIS를 위한 캐쉬 알고리즘을 제안하였다. 성능 평가 결과 제안된 알고리즘은 LRU나 LRU-K에 비해 보다 나은 성능을 발

휘하였다. 본 논문의 알고리즘은 클라이언트 측 캐쉬의 크기나 다른 파라미터에 따라 그 성능이 크게 차이가 나지 않았다. 즉, 영역 질의의 경우, 반경을 더 크게 해도 차이가 별로 나지 않았다. 하지만, LRU-K는 캐쉬의 개수나 반경에 따라 그 성능의 차이가 현저히 나타났다. LRU는 다른 알고리즘에 비교하여 그 성능 차이가 너무 심해서 인터넷 GIS와 같은 대용량의 공간 데이터를 처리해야 하는 상황에서는 적합하지 않음을 알 수 있었다.

향후 연구 과제로는 본 논문에서는 두 가지 형태의 질의만으로 성능 평가를 실시하였는데, 인터넷 GIS에서는 이외에도 많은 형태의 질의가 있으므로 향후 모든 질의에 적용할 수 있고, 자치적으로 동작할 수 있는 능동적인 캐쉬 알고리즘의 연구가 필요하리라 생각된다. 또한, 인터넷 GIS에서의 참조의 특성인 공간 근접성을 이용하여 단위 시간을 반경 r에 해당하는 페이지의 수×1.5로 일정하게 정의하였는데, 이 파라미터를 조정하여 능동적으로 동작할 수 있는 연구가 진행되어야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] M. Abrams, C. Standridge, G. Abdulla, S. Williams, and E. Fox, "Caching Proxies: Limitations and Potentials," Proc. 4th Int'l World Wide Web Conf., 1995.
- [2] J. P. Alexander and V. J. Warwick, "Writing GIS Applications for the WWW," Proc. of the 1997 ESRI User Conf., 1997.
- [3] J. C. Bolot and P. Hoschka, "Performance Engineering of the World-Wide Web: Application to Dimensioning and Cache Design," Proc. of the 5th Int'l WWW Conf., 1996.
- [4] H. J. Bekker, I. Melve, and T. Verschuren, "Survey on Caching Requirements and Specifications for Prototype," DESIRE European Project

Deliverable D4.1

- [5] E. J. O'Neil, P. E. O'Neil, and G. Weikum, "The LRU-K Page Replacement Algorithm for Database Disk Buffering," In Proc. of the ACM SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data, 1993.
- [6] Z. R. Peng, "An Assessment of the Development of Internet GIS," Proc. of the 1997 ESRI User Conf., pp.8-11, 1997.
- [7] L. Rizzo and L. Vicisano, "Replacement Policies for a Proxy Cache," Technical Report RN/98/13, UCL-CS, 1998.
- [8] S. Williams, M. Abrams, C. R. Standridge, G. Abdulla, and E. A. Fox, "Removal Policies in Network Caches for World Wide Web Documents," Proc. ACM SIGCOMM, pp.293-304, 1996.
- [9] C. E. Wills and M. Mikhailov, "Towards a Better Understanding of Web Resources and Server Responses for Improved Caching," Computer Networks and ISDN Systems, Vol.31, No.11, pp.1231-1243, May 1999.
- [10] 문진용, 구용완, "인터넷 캐싱에서의 대체 알고리즘의 설계 및 성능평가", 한국정보과학회 봄 학술발표논문집, 제27권 제1호, pp.127-129, 2000.
- [11] 문진용, 구용완, "인터넷 상에서 PHP를 이용한 학사관리 시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, 제7권 제10호, 2000.
- [12] 문진용, 구용완, "인터넷 GIS에 관한 선진연구 동향의 개관", 한국인터넷정보학회지, 2000.

● 저 자 소 개 ●

문진용

1996년 수원대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1998년 건국대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)
1998년-현재 수원대학교 대학원 전자계산학과 박사과정
관심분야: 인터넷, 데이터베이스, 멀티미디어, 객체지향 기술
E-mail: igis152@yahoo.com

구용완

1976년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)
1980년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)
1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)
1983년-현재 수원대학교 전자계산학과 교수
관심분야: 분산 및 운영체제, 실시간 시스템, 시스템 네트워크 관리, 멀티미디어, 인터넷 등
E-mail: ywkoo@mail.suwon.ac.kr