

웹 지리정보시스템에서 다중축척에 따른 다중해상도 기법

⁰이상철*, 이충호*, 이순조**, 배해영*

*인하대학교 전자계산공학과

**서원대학교 전자계산공학과

philmap@korea.com

A method of Multi-Resolution as Multi-Scale in Web-GIS

⁰Sang-Cheol Lee*, Chung-Ho Lee*, Soon-Jo Lee**, Hae-Young Bae*

*Dept. of Computer Science & Engineering, Inha University

**Dept. of Computer Science & Engineering, Seowon University

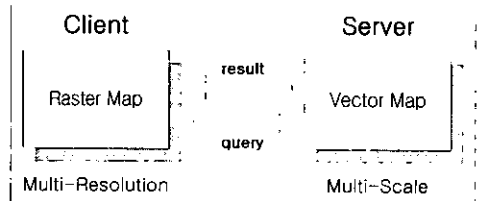
요 약

점차 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)에서 표현의 다양화가 요구되어지며 특히 위성영상의 데이터는 거대하기 때문에, 지리공간의 자세한 연구를 원하는 사용자에게 많은 처리시간과 고가의 비용이 요구된다. 반면 웹에서 성능향상을 위해 공간데이터의 양을 줄이다 보면 공간데이터를 다양하게 표현하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 그러므로 본 논문에서는 사용자의 공간데이터에 대한 양적 부담을 줄이고 공간데이터의 정확도를 유지할 수 있는 Multi-Scale에 따른 Multi-Resolution(MS-MR) 기법을 제안하고자 한다. 즉, 서버에서 축척의 정확화를 통해 레이어가 추가될 지점과 다중 해상도의 구간을 정하여 맵을 점차 확대함에 따라 다중해상도의 래스터맵이 클라이언트에게 점진적으로 전송된다. 이는 인터넷 연결 상태와 GIS 사용목적에 따라 적절한 다중 해상도의 래스터맵을 제공하게 되며, 사용자 친화적 시스템 주기로 빠른 정보습득과 의사결정을 돕는 효과를 기대할 수 있게 한다.

1. 서론

요즘 인터넷기술의 발달의 추세로 보면, 앞으로 인터넷은 점점 데이터의 전송속도의 향상이 이뤄질 것으로 예측된다. 또한 다양한 웹 어플리케이션을 경험한 인터넷 사용자들은 웹GIS에 대한 다양한 욕구가 증가할 것으로 보인다. 즉, 사용자는 고정된 레벨의 축척에서 지리공간 정보를 얻는 단계에서 이제 좀더 다양한 축척에서 지리공간 정보를 얻고[3], 다양한 해상도의 위성영상을 통한 분석이 요구된다. 최근에 들어와서 정보위성 등에서 얻어지는 1m 이하급의 고해상도 데이터의 상업적 이용과 배포의 움직임이 있어 높은 정확도를 갖는 위성영상의 웹에서 서비스 요구가 증가하고 있다. 기존의 Landsat이나 SPOT 위성영상에 비해 보다 정밀한 이들 자료는 정확도 향상과 더불어 지도 제작에 까지 응용될 수 있는 반면 기존의 해상도가 떨어지는 위성영상의 동일 지역에 비해 상대적으로 자료의 양을 증가시키는 문제를 야기한다. 예를 들어 10m정도의 공간해상도를 가진 SPOT 팬크로매틱 영상의 경우 1,000 X 1,000 픽셀 크기의 데이터가 요구된다면, 고해상도의 1m급 위성영상의 경우 10,000 X 10,000 픽셀 크기의 데이터가 요구된다. 이처럼 고해상도/대용량의 위성영상의 웹상의 제공은 프로세싱 과정의 병목지점을 영상압축기술로 처리하며 전체적인 부하를 CPU로 분산시키는 등의 종합적 대처가 요구된다.

이런 입장에서 Multi-Scale과 Multi-Resolution의 의미를 찾을 수 있는데[1], 소축척(Small Scale)에서 나타나는 spatial data의 패턴은 규칙적이다. 즉, 시,도 단위의 영역에서 표현되는 지도의 레이어는 일정하다. 중축척(Middle Scale)에서 나타나는 spatial data의 패턴에는 약간의 다양화가 있을 수 있으나 거의 유사하며, 소축척보다 표현할 수 있는 레이어의 종류는 다양해 질 수 있다. 대축척(Large Scale)에서 나타나는 spatial data의 패턴은 많이 다를 수 있다. 즉, 예를 들어 대축척 범위 내에 나타날 수 있는 웹GIS 디스플레이 창에서 도심지역에는 복잡한 도로와 건물, 백화점, 호텔 등이 나타날 수 있으며, 거주지역에는 아파트, 시장, 관공서 등이 나타날 수 있다. 또한 도시 외곽지역에는 산림, 강 등의 Spatial 패턴이 매우 다를 수 있다. 그러므로, 본 논문에서는 서버에서 Multi-Scale에 따라 다양한 레이어 제어를 하며, 클라이언트에는 Multi-Resolution 기법에 따라 다양한 해상도의 이미지를 제공할 수 있는 MS-MR 기법을 제안하고자 한다. 즉, MS-MR기법이란 Multi-Scale에 따른 Multi-Resolution 기법의 약자로 인터넷 상에서 사용자가 요구하는 다양한 축척을 기준으로, 단계별 다양한 레이어 제어와 클라이언트가 최종적으로 받아볼 지도 이미지의 질적 제어를 의미한다.



[그림1] Multi-Scale과 Multi-Resolution의 관계

2장에서는 벡터의 점진적 전송과 벡터맵의 래스터 화, 공간해상도에 대한 관련 연구를 살펴본다. 3장에서는 MS-MR기법을 위해 축척의 정확화, 서버 측면에서 Multi-Scale, 클라이언트 측면에서 Multi-Resolution에 대한 연구를 진행하며, 4장에서는 MS-MR기법의 구현 알고리즘을 제시하고, 5장에서는 제안한 MS-MR기법의 의의와 기대효과에 대해 논의하였다.

2. 관련연구

2.1 벡터의 점진적 전송

벡터 데이터는 점, 선, 면 형태의 공간 개체(entities)들이 서로 그들 사이에 공간 관계(spatial relations)를 가진 집합으로 구성되어 있다. 이런 벡터 데이터를 점진적으로 전송하기 위한 첫번째 단계에서는 서버에서 오프라인으로 전처리 단계를 수행하고, 두번째 단계에서는 서버에서 클라이언트로 데이터를 전송하는 단계를 거치게 된다[6]. 벡터의 점진적 전송은 서버에서 주어진 레벨의 표현이 전송 완료시 서버는 계속해서 더 자세한 부분에 대해 전송을 계속한다. 이때 이어서 일어나는 레벨 내에 이어서 일어나는 표현들의 일부만이 저장된다. 클라이언트에서는 그 버퍼는 새로운 LOD (Levels Of Detail)에서 표현을 완전히 디스플레이 하기 위해 새로운 버퍼를 사용하여 증가치를 저장한다. 또한 이때 수직적 연결(Vertical Link)을 적용하여 공간 추론(Spatial Reasoning)을 가능케 한다. 이런 벡터의 점진적 전송을 통해 서버에선 공간 절약의 효과와 더불어 클라이언트에게는 속도향상을 지원한다[2].

* 본 연구는 정보통신부의 대학 S/W 연구 센터 지원사업의 결과임

2.2 벡터맵의 래스터화

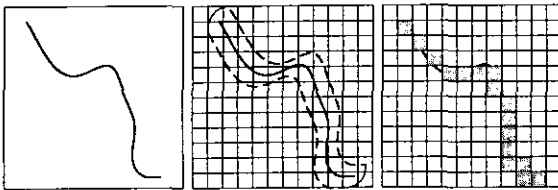
서버의 벡터맵이 클라이언트에 맞추어 래스터화 될 때 픽셀의 해상도와 래스터 이미지의 압축, 지리정보 자료로서 의미를 갖는 Georeferencing 등이 고려되어야 한다[4].

우선 픽셀의 해상도에서는 [표 1]과 같이 수치지도의 축척별 허용오차 한계에 부합되는 래스터 이미지물 얻도록 픽셀 하나가 평면위치 오차에 해당되도록 픽셀 해상도를 설정하게 한다.

[표 1] 수치지도의 축척별 허용오차

축척	평면위치 오차	평면위치 최대오차
1:1,000	+/- 0.2m 이내	+/- 0.4m 이내
1:5,000	+/- 1.0m 이내	+/- 2.0m 이내
1:25,000	+/- 5.0m 이내	+/- 10.0m 이내

[표 1]에서 보듯이 지도는 사용된 축척에 따라 위치 오차는 달라진다. 축척이 소축척 일수록 위치오차는 증가한다[5]. 다음 그림들은 서버의 벡터맵이 그 해당 축척의 허용오차 내에 라인 버퍼링되며 완전히 허용 오차내에 있는 픽셀만이 래스터맵에서 라인(line)화 됨을 나타내고 있다.



[그림2] 벡터맵 [그림3] 버퍼링 [그림4] 래스터맵
이처럼 래스터 GIS에서는 수치지도의 축척별 허용오차를 고려하여 그 허용 범위 내에서 벡터의 래스터화가 진행되어야 한다.

2.3 공간 해상도(Spatial Resolution)

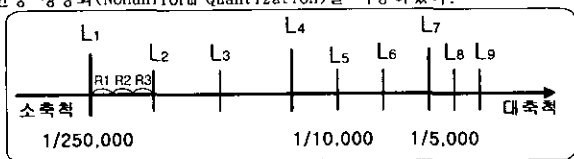
벡터 Resolution은 가장 작은 객체인 점, 선, 면에 대해 최소 맵핑 단위로 MMU(Minimum Mapping Unit)를 사용하여 표현한다면, 래스터 Resolution은 가장 작은 객체인 픽셀에 대해 최소 맵핑단위로 PPU(Pixel Per Unit)를 사용하여 표현하게 된다. 만약 PPU를 작게 할 경우 래스터맵을 화면에 맞게 FitAll된 상태 즉 서버에서 전송된 처음 상래라면 별 차이가 없지만 그 래스터맵을 클라이언트 자체적으로 확대할 경우 대상 지역에 대한 정보 분별하기 어렵다. 또한 PPU를 크게 할 경우 벡터맵과 선형이 거의 일치할 정도의 해상도가 좋아진다. 그러나 PPU를 크게 하면 할수록 데이터의 크기가 커지며 래스터맵의 생성 시간 또한 길어지게 된다[4]. 그러므로 본 시스템에서는 사용자로 하여금 인터넷 사용환경과 사용목적에 따라 PPU를 선택하여 사용자의 선택의 폭을 넓히고자 한다. 이런 배경에서 Multi-Resolution 기법이 도입되게 되었다.

3. 웹 지리정보시스템에서 MS-MR 기법의 고려

본 장에서는 축척의 정량화를 통해 서버에서 Multi-Scale를 적용하고 이때 클라이언트에서 갖는 한계를 제시하며, 이를 해결하기 위해 클라이언트에서 Multi-Resolution을 적용하여, MS-MR기법의 핵심인 서버와 클라이언트 사이에 상호관계를 정의하였다.

3.1 축척 정량화(Scale Quantization)

원본 데이터를 데이터의 특성을 고려하여 작은 단위로 나누는 정량화(Quantization) 개념을 도입하여 축척을 일정단위로 나누어 그 지점에서 레이어가 추가되는 지점을 결정하였다. 웹GIS의 사용목적에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나 레이어의 특성상 소축척이나 중축척, 대축척에서 반드시 보여질 레이어는 정하여져 있다. 또한 사용자의 맵에 대한 확대는 소축척보다 대축척에서 빈도가 많이 발생하므로 그 구간은 정밀도를 높여야 할 필요성이 있다. 그러므로 축척 정량화에는 비균등 정량화(Nonuniform Quantization)를 적용하였다.



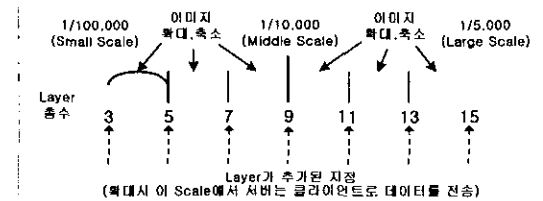
[그림5] Web-GIS에서 축척의 정밀도를 고려한 정량화

[그림5]에서처럼 소축척에서 대축척으로 갈수록 정밀도를 높여 레벨의 크기는 좁게 나타나는데, 이는 웹에서 제공하는 윈도우는 일정한 맵이 확대되어 대축척으로 갈수록 지형, 지물의 다양화로 사용자의 확대하는 빈도는 높아지기 때문이다. 또한 레이어가 추가되지 않는 구간마다 클라이언트에서 발생할 다중해상도 구간 R1, R2, R3에는 균등

정량화(uniform Quantization)를 적용하게 된다.

3.2 서버(제공자) 측면에서의 Multi-Scale

본 시스템은 GIS를 많이 다뤄보았던 GIS 시스템 설계자가 Scale에 따라 레이어를 분별하여 점진적으로 추가 구축하여 GIS에 친숙하지 않은 일반 사용자에게 점차 지도를 확대함에 따라 필요한 레이어들을 선별하여 제공함으로써 정보의 습득을 빠르게 하며, 의사결정을 돕는데 그 의미가 있다. 즉, 예를 들어 초기화면에는 도시나 나라 전체의 아웃라인이 될 소축척 지도를 제공하며, 여기에는 GIS 시스템 설계자가 레이어를 선별하여 행정경계와 도시이름 정도의 레이어만 제공하며 점차 사용자가 지도를 확대하여 나갈 때 따라 그에 적합한 레이어들이 추가되어 제공되어 진다. 이를 통해 초기화면에 여러 레이어들이 동시에 나타나 지도를 분석하는데 방해가 되던 요인을 제거하며, 또한 점차 확대하여 대축척지도에서는 기존의 Web-GIS 시스템에서 표현하지 못했던 세밀한 부분까지 표현할 수 있는 레이어 추가가 가능하다. 단, 이때에 소축척에서는 그 Scale에 맞추어 제공되는 레이어만 보이고 상위레벨의 레이어는 보이지 않게 제어가 가능하여 상위레벨과 하위레벨의 일관성을 유지하도록 하였다. 이는 웹상에서 불특정 다수로부터 지도 제공에 한계를 둬으로써 보안을 고려할 수 있으며, 사용자 그룹별 다른 레벨의 지도 서비스가 가능케 한다. 즉, 지도에는 국가의 보안시설이나 군작전 지형을 포함하고 있기에 일반 사용자에게는 소축척에서 중축척 정도의 지도만 사용 가능케 하며, 국가나 관광서에서는 대축척의 좀더 자세한 부분까지 사용도록 권한을 부여할 수 있다.



[그림6] Multi-Scale의 처리과정

3.3 클라이언트에서 갖는 래스터맵의 한계

위의 [그림6]에서처럼 서버에서 축척에 따라 점진적으로 레이어를 추가할 경우 일정 스케일에서만 클라이언트에게 맵데이터를 전송하게 된다. 따라서 클라이언트는 서버에서 맵데이터를 가져오지 않는 스케일 구간에서는 클라이언트 자체적으로 서버에서 받은 맵데이터를 확대하거나 축소하는 데 있어 이미지가 거칠어지며 블록화 현상도 발생하게 된다.



예를 들어 Multi-scale개념을 적용하여 위에 제시한 래스터맵 중 생활과학관을 확대시 다음과 같은 문제점이 발생한다.

- 위의 [그림8]에서 보듯이 Multi-Scale의 개념에 따라 래스터맵을 점차 확대 시 해상도(Resolution)의 문제가 제기된다. 즉, 생활과학관을 점차 확대 시 영상이 거칠게 나타난다.
- 또한 위의 그림에서 생활과학관이라는 텍스트 중 과학관이라는 부분이 번져보임이 뚜렷이 나타났다. 이는 JPEG가 영상을 압축시 압축율을 높이고자 사람의 눈에 잘 띄지 않을 영상정보를 일부 손실하는 유손실 압축 방법을 사용하기 때문이다.

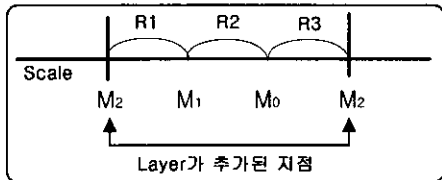
이 경우 해결 방안으로 아래와 같은 Multi-Resolution기법을 사용하게 된다.

- JPEG가 8x8의 크기의 블록으로 나누어 부호화함에 있어 불특정계에서 픽셀(pixel)을 세분화함으로써 보다 좋은 래스터맵을 제공하고자 한다.

- 또한 Web-GIS라는 점을 감안하여 네트워크를 통해 전송되는 래스터맵을 읽어오는 중에 데이터의 일부를 가지고도 화면출력 가능한 점진적 전송 압축방법을 제안한다. 따라서, 클라이언트가 래스터맵의 일부를 전송 받았을 때 저해상도의 영상을 출력하며, 점진적으로 더 많은 래스터 맵의 데이터가 전송됨에 따라 고해상도의 래스터맵을 출력하게 된다.

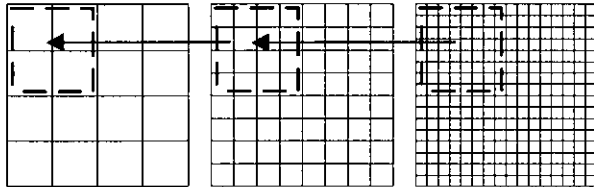
3.4 클라이언트(사용자) 측면에서의 Multi-Resolution

본 논문에서는 웹이라는 환경에 초점을 맞추어 다중 해상도를 갖으며 웹에서 점진적으로 전송될 수 있는 래스터맵을 생성하기로 한다. 구체적으로 기법을 제안하자면 서버에서 맵 데이터를 전송 받는 클라이언트가 추가시점을 기준으로 다음의 레이어 추가전까지 구간에서 축척을 정량화하여 나누어 이에 상응하는 해상도를 R1, R2, R3로 정할 경우, R1에서는 저해상도의 맵 데이터를 전송 받게 되며, 사용자가 맵을 분석하는 동안 점진적으로 클라이언트에 R2, R3에 해당하는 좀 더 해상도가 높은 래스터맵의 데이터가 전송됨에 따라 고해상도의 래스터맵을 출력하게 된다. 즉, 서버에서 보내어진 첫 데이터인 R1에서는 PPU가 작지만 이미지 자체의 클라이언트 윈도우에 FitAll된 상태로 래스터맵이 서버에서 만들어져 보내지므로 해상도가 유지 되게 된다.



[그림9] Multi-Resolution의 처리과정

예를들어 R1에서는 2m의 PPU로 데이터가 전송되며, 점차 확대시 R2에서는 4m의 PPU, R3에서는 8m의 PPU로 데이터를 전송한다.



[그림10] M2(R1, PPI=2m) [그림11] M1(R2, PPI=4m) [그림12] M0(R3, PPI=8m)
위의 그림에서와 같이 최대해상도의 맵을 M0, M0의 간략화(Simplification)된 맵을 M1, 그 다음을 M2라 하고 t1, t2, ..., tn을 순서적으로 일어나는 맵 변환(map transformation)이라 할 때, Multi-Resolution 변환 모델을 수식으로 표현하면 다음과 같다.
t1: M0 → M1, t2: M1 → M2, ..., tn: Mn-1 → Mn

M0에서 8x8 블록에서 M1의 4x4 블록으로 변환 시 Moving Average를 통하여 M0의 4x4의 픽셀 평균값이 M1의 하나의 픽셀값으로 나타나게 된다. 이때 블록 경계선 부근의 픽셀들을 검지하여 진행하여 블록화 현상을 줄이게 된다. 또한 이변환은 맵의 전체영역에 대해 변형이 일어나는 것이 아니라, 고정된 크기의 디스플레이 창에 맞춰진 영역에 대하여 타일단위의 변환이 일어나도록 제한을 둔다.

본 논문의 핵심적 이론은 정량화 된 다중축척에 따라 다중해상도의 공간데이터를 서버에서 고해상도로부터 저해상도 순서로 M0 → M1 → M2를 생성하여, 클라이언트에는 저해상도에서부터 고해상도 순서로 공간 데이터 M2 → M1 → M0를 전송하게 된다. 이를 통해 래스터맵의 점진적 전송(Progressive Transmission)이 가능하며, 또한 맵이 전송되는 도중에 한단계 높은 확대질을 할 수 있도록 영역의 수직적 연결(Vertical Link)을 고려하였다.

4. MS-MR기법의 구현

본 장에서는 MS-MR기법의 구현을 위해 축척의 정량화와 다중해상도 구간 생성, 질의처리 알고리즘을 설명한다.

4.1 축척의 정량화(Scale Quantization)

다음 알고리즘은 소축척,중축척,대축척에 따라 각각 분별된 레이어 개수에 의해 레이어가 추가될 지점을 결정하게 된다.

INPUT:
*레이어 개수
(Sn:소축척레이어 개수, Mn:중축척레이어 개수, Ln:대축척레이어 개수)
*축척별 레이어 집합
소축척구간 S=(법정동, 일반도로, 지하철)
중축척구간 M=(행정동, 공공기관, 의료기관, 호텔, 백화점, 유휴지)
대축척구간 L=(세부도로, 일반상가, 시장, 종교시설, 아파트, 여관, 주택) 주차장

OUTPUT: 레이어 추가 위치(=pos)

```
Quantizer(전체축척구간, Buffer, 3) {
    소축척 Quantization(소축척구간 S, Buffer, Sn);
    중축척 Quantization(중축척구간 M, Buffer, Mn);
    대축척 Quantization(대축척구간 L, Buffer, Ln);
}
```

4.2 다중해상도 구간 생성

다음 알고리즘은 레이어가 추가되지 않는 구간을 정해진 다중 해상도에 따라 나누어 구간의 결정한다.

INPUT: 레이어가 추가된 축척위치(=oldpos), 레이어가 추가된 축척위치(=newpos)
OUTPUT: R1, R2, R3의 다중해상도 구간

```
Quantizer(newpos-oldpos, RBuffer, 3) {
    R1; R2; R3; }
```

4.3 Query Processing

다음 알고리즘은 클라이언트가 요구한 영역의 축척에 따라 적합한 다중해상도를 클라이언트에게 전송한다.

INPUT: 클라이언트의 요구한 축척
OUTPUT: 축척위치에 해당하는 M2, M1, M0 전송

```
If( (scale<0) || (scale>100) ) return FALSE;
If( (pos<0) return FALSE;
RBuffer=(GW_BUFFER*) scale[pos];
if( (RBuffer->_type == 0) {
    MakeMBR;
    Transmission M2(R1, PPU=2m);
} else if( (RBuffer->_type == 2) {
    MakeMBR;
    Transmission M1(R2, PPU=4m);
} else if( (RBuffer->_type == 3) {
    MakeMBR;
    Transmission M0(R3, PPU=8m);
} else return FALSE;
ZoomRect(x1, y1, x2, y2);
return TRUE;
}
```

5. 결론

본 논문은 기존의 웹 지리정보시스템이 정량화된 정적인 서비스를 하는 경향에서 벗어나 좀더 다양한 사용자의 요구에 반응할 수 있는 사용자 친화적 웹 지리정보시스템을 추구하고자 MS-MR(Multi-Scale에 따른 Multi-Resolution)기법을 고안하게 되었다. 즉, 축척의 정량화를 통해 레이어가 추가된 지점과 다중 해상도의 구간을 정하였고, 수치지도의 축척별 허용오차 한계에 부합되는 래스터 이미지를 얻도록 하여 래스터 GIS의 정확도를 높이며, 인터넷 연결 상태와 GIS 사용목적에 따라 적절한 다중 해상도의 래스터맵을 제공하도록 하였다. 향후 연구로 다양한 공간해상도와 분광해상도를 요구하는 위성영상에도 응용될 수 있도록 제안된 MS-MR기법의 확장과 웹에서 성능평가가 요구되어 진다.

참고 문헌

- [1] Enrico Puppo, Giuliana Dettori " Towards a Formal Model for Multiresolution Spatial Map", SSD 1995, pp.152-169
- [2] Michela Bertolotto, Max J. Egenhofer " Progressive Vector Transmission", ACM GIS, 1999, pp. 152-157
- [3] R WEIBEL, G DUTTON " Generalising spatial data and dealing with multiple representation", GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS, Volumel, JOHN WILEY & SONS, 1999, pp. 125-155
- [4] 국립지리원, " 대축척 수치지도의 소축척 변환 및 래스터지도 제작에 관한 연구", 1999
- [5] 유지영, 조숙경, 김홍연, 배해영, " 정량화를 이용한 공간 데이터베이스의 논리적 압축기법", 한국정보과학회 봄 학술발표논문집 Vol.26, No.1, 1999, pp.104-106
- [6] 최재훈, 오영환, 김재홍, 배해영, " Web기반 GIS의 접근성 향상을 위한 점진적 공간 데이터 전송기법", 한국정보과학회 봄 학술발표논문집 Vol.26, No.1, 1999, pp.143-145