

4D GIS 기술동향 및 개발전략 연구[‡]

A Study on 4D GIS Technology Trends and Development Strategies

최환석(崔桓碩)*, 김은형(金恩亨)**, 조대수***
Hwan-Soek Choi, Eun-Hyung Kim

기존 GIS는 고정적인 공간데이터를 저장·편집·삭제하기 위한 시스템으로만 활용되고 있는 것이 사실이다. 이는 기존에 구축되었거나 현재 진행중인 지리정보 시스템의 대부분이 시간의 변화에 따른 공간적 변화를 처리할 수 없는 정적인 데이터만을 처리하고 있고 효율적 관점에서도 경제성이 없기 때문이다. 이와 같은 이유로 기존의 기존 GIS에서는 공간데이터를 저장할 때, 시간의 개념을 제외한 정적인 시점에서의 공간정보만을 저장하고 있고 그에 따라 시간의 변화에 따른 공간정보의 이력정보가 저장될 수 없기 때문에 과거에서부터 현재까지의 공간변화정보를 분석하기가 어려우며 미래의 공간변화정보를 예측하기도 쉽지 않다.

GIS를 위한 미래의 이상적인 목표는 시간 정보와 연계하여 공간정보를 획득하고 시간을 통한 공간적 정보에서의 변화들을 파악하고 분석하는 것이나 이와 같이 어떤 현상에 대해 시간적 변화를 반영할 수 없는 것은 모델화된 세계에 대한 역동적인 분석이나 이해를 하는데 어려움을 준다. 따라서 본 논문에서는 기존 GIS에서 처리하지 못하였던 공간현상들은 '어떠한 현상들인지'를 규명하고 이러한 '공간현상들이 어떠한 기술들에 의해 처리될 수 있는지' 기술 적용 모델을 제안하는 것으로 두 가지 사항을 핵심 연구사항으로 보고 있다. 첫 번째 '어떠한 공간현상을 4D GIS에서 처리하려고 하는가'에 대한 핵심 연구사항에서는 기존 GIS에서 간과하였던 '시간'과 '다차원'의 요소로 인해 변화하는 공간현상은 무엇인가를 규명하려고 하였다. 두 번째 '4D GIS를 통해 동적인 공간현상을 어떠한 기술로 처리하고 분석하여 시각화하였는가'에 대한 핵심 연구사항에서는 실제계의 동적인 공간현상을 어떠한 기술로써 처리·분석·시각화할 수 있는지 다양한 공간현상을 적용하여 보았다.

본 논문에서 제시한 4D GIS 기술적용 모델은 기술적 관점에서의 한계로 처리하지 못하였던 동적인 공간현상들을 처리·분석·시각화하려는 차세대 GIS의 기술개발 가이드 역할을 수행할 것으로 기대된다.

ABSTRACT The horizon of using GIS technologies can be expanded to analyzing spatial changes by time in reality. Traditional GIS technologies usually use maps for a snapshot aspect of spatial information. Limitations of the present GIS technologies in terms of dealing with spatial changes require more solutions for collecting, processing and analyzing spatial data with time.

Traditional GIS technologies include Temporal GIS, Real-time GIS and Virtual GIS respectively but those are not capable enough to represent spatial change in an overall perspective. By reflecting dynamic changes the current GIS technologies can be more useful and valuable than before.

This study assumes that "4D GIS", a composite of temporal, realtime and virtual GIS technology, will open a new horizon for the future sophisticated GIS applications. By identifying a technology application model for 4D GIS the new concept of 4D GIS can be clarified. The model is established by combining dynamic spatial information types and applicable 4D GIS technologies, which are identified from the most current 4D application and research efforts.

The technology application model for 4D GIS can be expected to contribute to efficient in planning for 4D GIS technology development in the future.

‡ 본 연구는 한국전자통신연구원에서 수행한 개방형 LBS 핵심기술개발과제의 결과물임.

* 경원대학교 지리정보공학과 석사과정

** 경원대학교 공과대학 도시계획·조경학과 조교수

*** 한국전자통신연구원 선임연구원

I. 서론

가. 연구의 배경

최근 GIS 기술은 다양한 방향으로 전개되고 있다. 이러한 GIS 기술의 흐름은 다양한 분야에서의 GIS 활용을 위한 확산으로 해석할 수 있으며 실세계를 현실에 가깝게 저장·표현하여 고차원적 분석 및 의사결정을 지원하기 위한 것으로 판단된다. 최근 들어 게임, 그래픽 등 실감적인 기술이 발달하고, 통신기술 발달에 따라 실시간으로 정보를 활용할 수 있는 기반이 형성되어 가고 있으며 GIS에서도 점차 가상현실화 되어가는 기술이 발달하고 있다. 이는 공간정보에 시간정보를 접목한 기술과 공간정보의 3차원 시각화 기술로 가능해지고 있다. 그러나, GIS에서의 시간과 3차원의 접목은 이미 Temporal GIS,와 3D GIS로서 시장을 형성해 가고 있다.

3차원 공간을 보다 현실감있게 시각화된 정보를 사용자에게 제공한다는 점에서 3차원 시각화 관련 시장은 GIS 시장에서 중요한 부분으로 인식되고 있으며 최근 들어 가상현실(Virtual Reality : VR) 기법을 적용하려는 시도가 다양하게 이루어지고 있다. 하지만 현재 가상현실 기법은 전통적 GIS와 마찬가지로 정적인 공간정보만을 시각화함으로 완벽하게 극복했다고 보기에 다소 어려움이 있다. 이에 보다 동적인 가상현실에 대한 요구가 증대됨에 따라 공간정보의 시각화와 시간이 서로 융합되어 새로운 GIS 응용분야를 활성화하고 있으며, 이것이 4D GIS이다. 전반적으로 4D GIS 시장은 가시적 시장보다 잠재적 시장이 보다 큰 상태이며, 국외에서는 4D GIS에 대한 연구를 활발히 추진하고 있다. 이에 국내에서도 선도 GIS 기술을 육성하고, 개발하는 취지하에 4D GIS에 대한 기술동향을 분석하고, 이를 기반으로 4D GIS 기술개발 추진을 위한 전략 마련이 요구된다.

나. 연구의 목적

현재 구축되었거나 진행중인 기존 GIS에서는 공간데이터를 저장할 때, 시간의 개념을 제외한 정적인 시점에서의 공간정보만을 저

장하고 있다. 따라서 시간의 변화에 따른 공간정보의 이력정보가 저장될 수 없기 때문에 과거에서부터 현재까지의 공간변화정보를 분석하기가 불가능하며 미래의 공간변화정보를 예측하기도 불가능하다. 이와 같이 어떤 현상에 대해 시간적 변화를 무시하는 과정은 실세계에 대한 역동적인 분석이나 이해를 하는데 어려움을 준다. 본 연구에서는 4D GIS를 시간을 통한 공간적 정보에서의 변화들을 파악하고 분석하고 이를 다각적인 시각화를 통해 표현하는 것이라고 전제하고 있으며 전통적 GIS에서 처리하지 못하였던 동적인 공간현상들은 표현하고 어떠한 기술들에 의해 처리될 수 있는지 기술에 대한 영역을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이에 본 연구의 목적은 4D GIS 기술관련 동향을 분석, 4D GIS 기술개발을 위한 전략을 제시하는 것이다.

다. 연구의 내용

본 연구의 내용은 다음과 같다. 1장 서론에 이어 2장에서는 4D GIS 개념과 특성, 그리고 필요성을 설명하고 3장과 4장에서 4D GIS관련 연구 동향 및 기술동향과 관련 시장 동향을 분석한다. 3장과 4장을 통해 얻어진 시사점을 기반으로 5장에서는 4D GIS에 필요한 기술을 크게 4가지로 분류하여 알아본다. 6장에서는 앞의 3,4,5장을 통해 얻은 4D GIS의 기술적, 시장적 특성을 반영한 4D GIS에 대한 기술전략에 대해서 설명하도록 하고 마지막으로 7장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 언급한다.

II. 4D GIS 개념 및 특성

본 장에서는 본 연구과제에서 제시하고자 하는 4D GIS에 대한 개념과 특성을 제시하도록 한다. 아직까지 구체적으로 4D GIS에 대한 개념이 명확하게 제시되고 있지는 않으나, 동적인 공간정보의 활용이라는 측면에서의 시간과 실세계의 현실감있는 표현이라는 측면에서 4D GIS의 개념을 제시하도록 한다.

가. 4D GIS 개념

4D GIS는 기존 전통적 GIS의 한계점을 극복하기위한 새로운 GIS 응용기술(Realtime GIS, Temporal GIS, VR GIS)의 복합체라

* 경원대학교 지리정보공학과 석사과정

** 경원대학교 공과대학 도시계획·조경학부 부교수

할 수 있으며 그 특징은 다음 표로 정리되고 있다.

<표 2> 기존 전통적 GIS와 새로운 GIS 응용기술의 비교

특 성	기존 전통적 GIS	한계를 극복하려는 응용 GIS
Data retrieval	• Not for Real-time processing	• 빠름
Operation	• 필요시 사용자 입력	• 대부분 자동화
Computation	• 상호작용 처리, 플랫폼 의존적	• 매우 빠른 알고리즘, 고도의 분산처리
위상관계	• 공간적인 위상중심	• 공간적 위상, 시간적 위상
공간정보 관리	• 기존 자료 삭제, 겹쳐쓰기 • 자료 이력관리 부족	• 기존 자료 보관, 현재 자료 저장 - 버전관리 • 자료 이력관리
공간정보 질의	• What, Where 중심 질의, 검색	• When, What, Where 질의 검색
공간정보 분석	• 현재 상태, 특정 시점의 조작/분석 • 시계열 분석이 어려움	• 시공간 변화 분석
공간정보 시각화	• 2, 2.5차원 공간위상	• 다차원 공간 위상

<표 1>에서 볼 수 있듯이 새로운 GIS 응용기술은 동적인 지리정보에 대한 저장·관리·활용에 초점을 두고 있으며, 공간정보 현상에 대한 표현 및 분석결과에 대한 표현도 단일화된 시점의 표현이 아닌 다차원적인 공간정보에 대한 표현기술이 발달하고 있음을 알 수 있다. 이에 4D GIS에 대한 개념을 크게 2가지로 접근하도록 하며 협의의 4D GIS와 광의의 4D GIS의 개념을 제시하도록 한다.

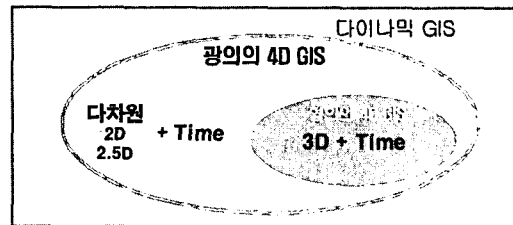
1. 협의의 4D GIS 개념

협의의 4D GIS는 어원적 해석 그대로 “3차원+시간”을 의미한다. 즉, 공간적 표현은 다시점으로 표현할 수 있는 3차원과 동적 공간정보를 처리할 수 있는 시간을 접목한 GIS 기술을 4D GIS라 보는 것이다. 즉, 4D(Four Dimension)는 ‘3차원(공간) + 1차원(시간)’를 의미하는 것으로 4D GIS는 다차원 시공간상에서 정적 혹은 동적으로 발생, 변화하는 현

실 세계의 모든 공간 정보를 저장, 효율적으로 처리, 가시적으로 분석하는 시스템을 의미한다.

2. 광의의 4D GIS 개념

광의의 4D GIS는 협의의 4D GIS를 확장한 개념이다. 즉, 광의의 4D GIS는 다차원에서 동적 공간정보 처리를 의미한다. 다시 말하면, 광의의 4D GIS “다차원(1/2/3차원)+시간”을 의미하는 것이다. 이러한 광의의 4D GIS는 공간정보의 동적성을 강조한 것으로 다이나믹 GIS (Dynamic GIS)라 명명할 수 있다. 다이나믹 GIS는 동적 공간정보를 획득, 처리, 분석, 시각화를 위한 기술을 의미한다.



<그림 1> 4D GIS 개념

나. 4D GIS의 특성

1. 동적인 공간정보처리

정보기술이 고도화되면서, 공간정보에 대한 요구도 다양한 종류와 수준으로 변모하게 되었다. 특히 지난 수십 년에 걸쳐서는 컴퓨터 소프트웨어, 하드웨어의 급속한 발달과 더불어 공간상의 위치정보와 각종 현상을 정밀하게 파악하거나 이를 분석, 표현하는 관련 기술들이 발달하였다. 4D GIS는 기존의 2차원 공간정보의 평면적인 정보구조가 가지는 한계를 극복하기 위해 확장된 좌표계를 가진다. 추가된 좌표축은 공간 객체들의 높이 정보축과 시간 정보축을 포함한다. 4D GIS는 시간에 따른 공간정보의 변화와 초점을 둔다. 4D GIS에서 초점을 두는 동적인 정보는 다음과 같이 제시할 수 있다.

4D GIS에서 처리가능한 공간현상들을 보게 되면 실세계에서 시간적 변화에 따라 객체의 형태나 위치가 끊임없이 혹은 사건기반으로 변화하고 있으나 그러한 공간정보들을 시계

열적으로 처리·저장할 수 없어서 공간적 패턴들을 분석하고 시각화하기가 불가능한 '동적인 공간현상들'이다. 다시 말해서, '동적 공간현상'이란 지구상에 존재하는 지형지물이 시간의 변화에 따라 공간정보가 변화하는 공간현상을 의미한다.

2. 3차원 시물레이션

'시물레이션'이란 복잡한 문제를 해석하기 위하여 모델에 의한 실험, 또는 사회현상 등을 해결하는 데서 실제와 비슷한 상태를 수식 등으로 만들어 모의적(模擬的)으로 연산(演算)을 되풀이하여 그 특성을 파악하는 것³⁾을 의미한다. 4D GIS에서의 시물레이션은 3차원 GIS의 영향을 받았다고 할 수 있다. 3차원 GIS는 입체적인 지형지물을 파악 및 분석을 위해 발달된 기술이다. 이에 시간 차원을 포함시킨 것이 4D GIS이다. 4D GIS에서 시물레이션은 시간에 따른 공간정보를 가시화하는 중요한 역할을 한다. 특히, 기후의 변동, 해수의 흐름과 같이 비가시적인 현상을 3차원으로 표현하고 이에 따른 변동량을 입체적으로 가시화하는 것이 주요역할이다. 4D GIS에서 시물레이션 애니메이션과 같이 동적인 표현으로 가시화되며, 가상현실화 기술과 접목하여 보다 실감나는 현상을 가시화하고 있다.

III. 4D GIS 관련연구 및 기술동향

본 장에서는 4D GIS와 관련하여 진행되어지고 있는 연구 및 기술들의 동향을 알아보고 어떠한 분야를 중심으로 연구가 진행되어지고 있는지 알아보도록 하겠다.

가. Temporal DB 관련 연구동향

유럽의 CHOROCHRONOS는 유럽 시공간 DB 연구자들이 협력하여 다음 <표 2>와같이 6개 과제에 걸쳐 연구를 수행하고 있다.

CHOROCHRONOS 연구단체에서는 시간에 따라 변화하는 동적인 모든 공간현상을 처리 및 분석하려고 하였으며 그를 위해 적용될 수 있는 기술로 동적 공간정보 모델링 기술, 색인 기술, 질의 기술, 불확실성 처리 기술에 대한 연구를 진행하였다.

<표 3> CHOROCHRONOS 연구과제

연구과제 내용	
과제1	• 공간과 시간의 분류법, 구조 및 표현
과제2	• STDBMS를 위한 모델 및 언어
과제3	• 시공간 정보를 위한 그래픽사용자 인터페이스
과제4	• 시공간데이터베이스에서의 질의처리 절차
과제5	• 시공간데이터베이스의 저장구조 및 색인기술
과제6	• STDBMS 아키텍처

유럽 시공간 관련 연구단체인 EC GIS는 GeoNet 4D, TOOBIS, DEDUGIS, MurMur 프로젝트를 통해 시간의 유형을 세부적으로 나누어 그 안에서 일어나는 공간변화를 연구하였으며 그에 적용될 수 있는 기술로서 시간객체 데이터베이스 기술, 시공간 질의 기술, 시공간 위치추론 기술, 불확실성 처리 기술, 시간기반 다차원 해상도 지원기술, 분산 환경 처리 기술에 대한 연구를 진행하고 있다.

TimeCenter에서는 기존의 관계형 데이터베이스 관리시스템에 기반하여 시간데이터베이스 기술의 이론적 기반을 마련하며 시간질의 기술, 시간데이터모델 기술, 시공간 질의 기술에 대한 연구를 진행중이다.

마지막으로 NCGIA에서는 지리공간과 시간에 적용되는 인지과정의 이해증진을 위해 지리공간에서 일어나는 시간변이 공간변화에 대한 연구를 진행중이다.

위의 연구단체가 연구중인 사항들을 분석해보면 몇 가지 핵심이 되는 이슈사항으로 분류될 수 있음을 알 수 있다. 먼저, '실세계에서 다양하게 변화하는 공간현상들을 어떻게 일반화할 것인가', '그러한 공간현상들을 어떻게 질의할 것인가', 그리고 질의를 하였을 때 '어떻게 효율적인 성능으로 원하는 검색 결과를 가져올 것인가', 또한 '과거의 이력 데이터를 가지고 불확실한 미래를 어떻게 예측할 것인가', 마지막으로 기존 GIS에서 처리하지 못하는 '동적인 공간현상을 어떻게 시각화할 것인가'에 대한 연구가 분류되어 진행되고 있음이 분석되었다.

3) Encyber(두산세계대백과)

<표 4> 공간정보 처리·분석 연구동향 분석

		주요 연구 주제
CHORO -CHRONOS		<ul style="list-style-type: none"> • Modeling -Spatio-Temporal Data Model • Indexing -Spatio-Temporal Indexing -Moving Object Indexing • Query Languages -STSQL • 불확실성 처리 -LaTeR Approach
EC GIS	GeoNet 4D	<ul style="list-style-type: none"> • 시각화 • Networking 기술 (분산처리, 공유) • Web상에서 서비스 -VRML, MHEG, OGIS 기술
	TOOBIS	<ul style="list-style-type: none"> • 시간을 객체화한 데이터베이스 • 시간을 크게 4가지 범주화하여 분류
	Ded -UGIS	<ul style="list-style-type: none"> • 시공간질의기술 • 시공간위치추론기술 • 불확실성처리 기술 -REVGIS, Fuzzy Logic
	MurMur	<ul style="list-style-type: none"> • 다차원 해상도 지원 기술
Time -Center		<ul style="list-style-type: none"> • 시간질의기술 • 시간데이터모델기술 • 시공간 질의 기술
NCCIA		<ul style="list-style-type: none"> • 시간의 특성연구 • 시공간패턴 추론

위의 분석된 결과를 바탕으로 공통된 연구주제를 분류하여 보면 다음과 같다.

<표 5> 각 연구단체의 연구주제 그룹화

그룹별	사례 명	주요 기술
데이터 저장	CHORO -CHRONOS	<ul style="list-style-type: none"> • Modeling • Indexing • Query Languages
	TimeCenter	<ul style="list-style-type: none"> • 시간데이터모델기술 • 시간 및 시공간 질의 기술
	EC GIS	<ul style="list-style-type: none"> • 시공간질의기술
지식화	CHORO -CHRONOS	<ul style="list-style-type: none"> • 불확실성 처리 기술
	EC GIS	<ul style="list-style-type: none"> • 시공간위치추론기술 • 불확실성 처리 기술
	NCCIA	<ul style="list-style-type: none"> • 시공간패턴 추론
시각화 기술	EC GIS	<ul style="list-style-type: none"> • 시각화 기술
분산공 유처리	EC GIS	<ul style="list-style-type: none"> • Networking 기술

나. 4D GIS 관련기술동향

앞의 여러 연구단체의 연구동향을 살펴보면 크게 4가지 기술들을 연구하고 있음을 알 수 있다. 첫 째는 데이터 저장 기술측면, 두 번째는 정보비주얼 측면, 셋 째는 지식화 측면, 마지막 네 번째는 분산공유데이터 처리 측면이다.

1. 4D 데이터저장기술관련

가) 객체지향데이터베이스에서의 대용량 시공간 포인트데이터의 효율적인 저장기술⁴⁾

기상 및 해양데이터 등 시간마다 바뀌는 동적데이터는 대용량데이터이다. 따라서 객체지향데이터베이스에 이런 대용량데이터를 저장하는 문제는 쉽지 않다. 효율적인 데이터 저장을 위해 BLOBs에 기반해 새로운 레퍼지토리를 설계하였다. 이 새로운 레퍼지토리인 공간BLOBs이나 시간BLOBs은 공간색인이나 시간색인과 레퍼지토리 내용 분석을 가능하도록 한다. 이는 가능한 한 바이너리 포맷의 범위를 광범위하게 해주는 유연한 프레임워크이다. 주어진 데이터유형에 적절한 포맷이 사용되어질 수 있고, 대용량 시공간데이터에 효율적인 접근함으로써, 쉽게 데이터 마이닝 처리를 할 수 있다.

나) TGML 기술

독일 유럽미디어연구소(European Media Laboratory: EML)의 “Deep Map” 프로젝트의 일환으로, 유연하고 확장가능한 시간 객체 지향모델이 개발되었다. 이 프로젝트의 본래 연구목적은 시대변화에 걸친 도시지역에서의 3D-geo-객체관리와 시간 3D-GIS(4D-GIS혹은 3D-TGIS) 데이터 관리 컴포넌트 기반을 마련하고자 하는데 있다. 건물과 같은 Feature에 대한 변화관리 등의 시간적 측면이 Deep Map 정보시스템에서는 무엇보다도 중요한데, 이 프로젝트의 궁극적인 연구목표는 “가상시간여행(virtual time travel)”이다. 이 프로젝트를 추진하는 과정에서 TGML(Temporal Geographical Markup Language)라는 스키마가 제안되었

4) Efficient Storage of Large Volume Spatial and Temporal Point-Data in an Object Oriented Database, David Olivier, Naval Research Laboratory

다. TGML은 기존의 OGC의 GML을 시간적 요소까지 확장한 것을 말한다. 즉, OGC가 개발중인 GML은 기본적으로 단순지형지물 사양(SFS: Simple Feature Specification)을 데이터교환언어인 XML로 인코딩한 것이다. 최근에 4D-geoobjects을 설명하는 유연적인 객체지향 시간 프레임워크가 개발되었고, 이 시간 프레임워크는 자바기반으로, 두 개 데이터베이스(Computer Associates의 OODB Jasmine과 Informx의 ORDB Cloudscape)상에 구현되어졌다. 시간데이터를 설명하기 위한 self-consistent 객체지향 방법으로, XML 스키마로 시간 프레임워크가 쉽게 표현될 수 있다. 이 스키마는 강력한 공간시간XML스키마를 실현하기 위해 기존의 GML 스키마와 결합되어질 수 있다.

다) 이동 객체 색인기술⁵⁾

무선기기의 보급과 더불어, 이동 중에도 가능한 위치기반서비스가 급격히 늘어나는 추세에, 이동객체색인기술이 중요하다.동적인 데이터베이스의 수많은 "expiring object"의 현재 위치에 관한 색인기술로 2가지의 R-tree기술이 제시되고 있다. 이 색인기술은 시간의 선형기능(linear functions)으로 기술되어진 객체위치 파악을 도와준다. tree구조를 관리하는 새로운 알고리즘과 같이 regions를 묶어주는 새로운 유형이 채택되었으며, 상당한 퍼포먼스시험결과가 간단하게 소개되었다.*

2. 4D 정보비주얼분석기술관련

가) 시간 3D 기후데이터에 대한 시각적 질의 기술⁶⁾

시간 3D 기후데이터의 연속적인 데이터흐름을 다루기 위해 다중 키 데이터구조가 개

발되었다. 이 구조는 기후데이터 이력으로부터 원하는 시간과 위치의 기후이벤트를 검색하거나, 도착하는 실시간 데이터를 바로 넣을 수 있다. 어느 경우든 데이터는 쌍방향적 시각화를 위해 조직된다. 쌍방향적 시각화 환경은 기후데이터를 고해상도의 지형표고데이터, 영상데이터, 도로나 수로와 같은 지형지물과 3차원건물 클러스터와 함께 동시에 디스플레이한다. 기후디스플레이의 검색과 쌍방향적 조작용을 위한 몇몇 3D 툴도 제시되고 있다.

나) 시공간 질의유형 및 지리적 표현의 의미⁷⁾

시공간질의의 분류와 표현 등 지리적 세계의 역동성을 이해하는 중심이 되는 시공간질의의 기초적인 사항이 제시되고 있다. 객체, 위치, 시간 및 그들간의 결합에 관한 정보를 찾은 11개의 특징적인 시공간질의유형이 소개되고 있다. 이들 각각의 시공간 질의 유형과 실제로 필요한 정보가 무엇이고 이를 어떻게 표현해야 하는가를 보여주는 자세한 사례를 포함하고 있다. 이를 통해 시공간정보 시스템에서 시공간질의유형을 지원하는 지리적 표현 요구사항을 마련하는 한편, 향후 연구를 위한 제안 및 표현요구사항에 따라 제시된 시공간데이터모델을 평가하는 작업까지 수행하고 있다.

다) 영국 Tripod프로젝트

Tripod프로젝트는 영국 맨체스터대학과 킬대학이 공동으로, 완전한 시공간데이터베이스시스템의 프로토타입을 설계하고자 하는 목적에서 추진되고 있는 연구이다⁸⁾. Tripod 프로젝트는 크게 다음과 같은 내용을 담고 있다.

□ 원시 공간 및 시간타입의 일관적 표현

- 5) Indexing of Objects on the Move, Simonas Saltenis and Christian S. Jensen, Department of Computer Science, Aalborg University, Denmark
- 6) Visual Query of Time-Dependent 3D Weather in a Global Geospatial Environment, William Ribarsky, Nickolas Faust, Zachary Wartell, Christopher Shaw, and Justin Jang, Gvu Center and GIS Center, Georgia Institute of Technology

- 7) Types of spatio-temporal queries and implications for geographic representation, May Yuan and John McIntosh, Department of Geography, The University of Oklahoma
- 8) Tony Griffiths, Alvaro A.A. Fernandes, Norman W. Paton, Nassima Djafri and Seung-Hyun Jeong, " Tripod: A Spatio-Historical Object Database System," 2001

(consistent representations of primitive spatial and temporal types)

- 공간, 시간, 역사적 확장이 누적적으로 이루어지는 컴포넌트기반설계(이는 함께 혹은 따로 사용할 수 있음)
- 객체데이터베이스에 주요 질의 처리 프레임워크의 양립성 확보
- ODMG표준과 시공간제안의 통합

3. 4D 지식화 기술

가) 시공간적 변화(Evolution): 데이터베이스에서의 변화 질의패턴(Querying Patterns of Change)

엔티티의 변화를 모델링하기 위한 변화패턴 질의는 GIS나 시공간데이터베이스시스템에서 기본적인 기능 중의 하나이다. 이미 1900년대부터 주요연구과제로 떠오르고 있는 시공간데이터베이스에서, 보다 발전하여 최근 이동객체 모델링이나 제약기반기술(Constraint-based formalism) 개발 혹은 시공간데이터모델연구가 활발한 편에 비해, 변화질의패턴분야는 그리 활발한 연구분야는 아니었다. 단순검색에 의해 저장된 데이터로부터 정보생성에 제한되는 단순시공간질의에 비해, 보다 발전된 시공간질의는 무엇보다도 중요하다. 왜냐하면 시간에 따라 어떻게 객체의 프로퍼티나 관계가 변화하는지 등, 부가가치적 정보를 생성할 수 있기 때문이다. 이와 관련, Tripod 시공간모델을 근거로 한 Tripod 시스템을 기술적 근간으로 하여, 시공간데이터베이스에서의 변화패턴성격에 관한 일반적인 접근방식이 제시되고 있다⁹⁾.

변화질의는 비공간적 케이스의 경우 시퀀스 질의와 관련되며, 공간적 케이스의 경우는 개발(development)개념과 관련되어진다. 변화질의는 공간적 비공간적 엔티티 모두에서 일반화하고자 하는 것이다. 이 연구의 변화질의에는 IHC(intra-history cross-timestamp)질의, CHC(cross-history cross-timestamp)질의, CHI(cross-history intra-timestamp)질의가 있고 각 질의마다 분석구조가 제시되고 각 질의마다 식별패턴 등이 제안되고 있다.

9) Nassima Djafri, Alvaro A.A. Fernandes, Norman W. Paton, Tony Griffiths, "Spatio Temporal Evolution: Querying Patterns of Change in Databases", GIS 2002

나) 시공간데이터 마이닝과 지식검색¹⁰⁾

데이터마이닝이나 지식검색은 대용량 데이터베이스로부터의 유용한 패턴이나 연관 등 다양한 테크닉을 언급한다. 데이터마이닝의 초기단계는 데이터 준비(preparation)에 관심을 둔다. 데이터준비는 데이터오류와 누락을 처리하는 데이터클리닝과 다중이종자료로부터의 데이터해석 등을 포함한다. 데이터마이닝의 다음 단계는 실제 데이터마이닝을 위한 준비를 위해 필요하다. 이는 특정과제와 관련된 특정데이터를 선택하여, 데이터마이닝 접근방식이 요구하는 포맷으로 이 데이터를 변환하는 것이다. 마지막으로 클래스기술(class description), 연관규칙(association rules), 분류클러스터링(classification clustering)과 같은 특정 데이터마이닝 알고리즘을 적용한다. GIS나 멀티미디어데이터에서의 시공간데이터는 보통의 비즈니스판매시스템에서와 같은 일반적인 데이터마이닝에 비해 지식검색이 보다 훨씬 복잡한 특성이 있다. 시공간데이터마이닝의 복잡한 특성을 감안하여, 이런 차이가 다양한 시공간 데이터마이닝 접근방식에서 따라 어떻게 다루어지는지에 역점을 두고 연구를 추진되고 있다.

다) 시공간 하위그룹 마이닝¹¹⁾

Subgroup Miner는 다중관계가설, 효율적인 데이터베이스통합, 하위그룹구조 검색, 및 시각적 쌍방향 옵션 등을 지원하는 하위그룹 마이닝시스템이다. 이러한 피처는 시공간 하위그룹 마이닝에 핵심이다. 하위그룹과 목표 그룹간의 의존관계를 찾을 때, 다중관계기술의 공간하위그룹을 탐색할 수 있다. 데이터마이닝 알고리즘의 검색기법은 데이터베이스 서버가 실행하는 질의와 통합되는데, 이 데이터베이스서버는 대용량 복합공간데이터를 위해 scalability를 가능하게 해 준다. 인과관계분석과 쌍방향 시각화는 공간, 시간, 속성 차원간의 관계를 명백하게 해준다.

10) Spatio-Temporal Data Mining and Knowledge Discovery: Issues Overview, Roy Ladner, Fred Petry, Naval Research Laboratory, Tulane University

11) Spatio-Temporal Subgroup Mining, Willi Klüppel and Michael May, Fraunhofer Institute for Autonomous Intelligent Systems, Knowledge Discovery Team; D-53757 Sankt Augustin, Germany

라) 시공간질의언어¹²⁾

이미 기존데이터모델에 추상데이터타입으로서 시공간데이터를 통합하는 것은 시공간질의언어에의 확실한 방식이다. 따라서 SQL과 같은, STQL이라 불리는 시공간질의언어를 고찰하고 있다. 기본적인 피처의 하나로, STQL은 시간에 걸친 공간객체의 연속적인 변화를 기술하는 이동객체를 질의하고 검색한다. 시공간연산은 공간연산의 시간적 리프팅(lifting), 시공간투영(projection), 선택(selection), 집합(aggregation)과 같은 질의를 하는데 있어 특별히 유용하다. 질의의 또 다른 중요한 클래스는 개발(developments)과 관련되어 있는데, 이는 시간에 걸친 공간관계의 변화이다. 시공간예측개념에 기반하여, STQL에서 기본요소부터 보다 복잡한 예측까지 가능하게 하는 프레임워크를 제시하며, 개발을 표현하기 위한 시각적 표기(notation)에 관해서도 설명하고 있다.

4. 4D 분산공유데이터처리

가) 4D 데이터그리드 처리 : BCS사의 Grid DataBlade

캐나다의 BCS(Barrodale Computing Services)¹³⁾는 최근 그리드 데이터의 데이터베이스저장 및 갱신 그리고 빠른 검색을 위한 가장 효율적인 기술을 개발했다. 효율적인 그리드 DBMS 구현은 그리드 데이터 구조와 속성을 담을 수 있는 BLOBs(Binary Large Objects), UDTs(User-defined datatypes) 및 어플리케이션에서 새로운 데이터타입에 저장된 그리드데이터를 생성, 조작, 접근할 수 있게 하는 UDRs(user-defined routines)에 좌우된다.

그리드 데이터는 주식시장지표 등과 같은 단순한 시간시리즈인 1차원부터, 래스터데이터와 같은 2차원, 다양한 시간포인트에 따르는 이미지나 공간데이터인 3차원 및 다양한 시간포인트에 따른 경위도 및 고도, 시간 등으로 된 4차원 및 4차원 그리드 데이터포인트마다 가능한 변수값을 가지는 5차원 등 다양하다.

12) STQL: A Spatio-Temporal Query Language, Martin Erwig, Markus Schneider, Oregon State University, University of Florida

13) <http://www.barrodale.com>

BCS가 최근 개발한 Grid DataBlade는 4차원(또는 5차원)그리드 데이터를 조작하도록 설계되어, 그리드 데이터의 데이터베이스저장과 갱신 및 빠른 검색기술을 처음으로 구현한 제품이다. 이 Grid DataBlade는 IBM/Informix Dynamic Server(IDS) 9.x DBMS와 함께 사용되는 것으로, 4D 그리드와 그 메타데이터를 저장하는 GRDValue와 기존 GRDValue에서 새로운 GRDValue를 생성하는 방법을 명시하는데 사용되어지는 GRDSpec이라는 두 개의 새로운 데이터타입을 제공한다. Grid DataBlade제품에 이어, BCS는 IBM DBMS제품 DB2에 사용될 유사한 Grid Extender제품을 계속 개발 중이다.

다. 4D GIS 관련 연구 및 기술사례 종합

최근 데이터베이스에 대한 연구는 응용분야에 따라 진행되고 있다. 공간 데이터베이스와 시간 데이터베이스, 그리고 멀티미디어 데이터베이스를 그 예로 들 수 있다. 이에 4D GIS 관련연구는 대부분 시공간 데이터베이스에 초점을 두고 있다. 이에 따라 시공간 데이터베이스 모델링, 저장/관리, 색인 및 질의, 마이닝 측면에서 연구가 진행되고 있음을 알 수 있다.

현재 관련 연구 및 기술사례는 크게 두 가지 관점에서 분석될 수 있다. 첫 번째 관점은 '어떠한 공간현상들을 처리·분석·시각화하려고 하였는가'이고 두 번째는 '어떠한 기술들로 동적인 공간현상들을 적용하여 처리·분석하려고 하였는가'이다.

첫 번째 관점에서 보았을 때, 관련연구 및 기술사례에서는 시간의 변이에 따라 공간정보가 변화하는 현상들을 처리하고 분석하여 시각화하고 있다. 즉, 관련 연구 및 기술사례에서 다루어지는 공간데이터는 동적이라는 시사점을 얻을 수 있다.

두 번째 관점에서 정리해보면 동적인 공간현상들을 일반화하여 데이터베이스에 저장하는 기술, 데이터베이스에 저장된 동적인 공간 데이터를 검색하기 위한 질의기술, 효율적인 공간데이터의 검색을 위한 색인 기술과 같은 데이터 저장관련 기술, 동적인 공간현상의 시공간 패턴 분석 및 예측하기 위한 불확실성 처리 기술과 같은 지식화기술, 분산환경에서 동적 공간정보 처리 기술, 다차원적 공간현상을 시각화하는 기술로 분류되어질 수 있다.

정리하면, 4D GIS에서 다루어질 수 있는 데이터는 동적이며 그에 따라 데이터의 규모도 매우 클 것으로 예상되어 대규모의 동적 공간데이터를 효율적으로 저장하고 처리해야 하는 기술이 필요하다고 분석된다. 또한 동적인 공간데이터를 효율적으로 검색하기 위한 질의 기술뿐만 아니라 '동적인 공간데이터'의 특수성으로 시간의 변이에 따른 공간 분석 기술, 확실한 사건에 대한 예측 기술이 활용되고 있음이 분석되었다. 마지막으로 다양한 차원(Dimension)의 시각화로 다양한 공간데이터를 시각화하기 위한 기술이 활용되고 있다고 분석되어진다.

이와 같은 관련연구 및 기술사례를 통해 본 연구에서는 기존 GIS에서 기술적 한계로 인해 가능하지 못했던 동적인 공간현상을 어떻게 처리하며 분석되는지 개략적으로 분류하고 분석하여 보았다.

IV. 4D GIS 시장동향

본 장에서는 아직 성숙되지 않은 4D GIS 시장을 분석하기 위해 4D GIS 활용사례를 토대로 4D GIS 시장동향을 제시하도록 한다.

가. 4D GIS 응용사례

STEMgis는 시간과 공간의 4차원에서 어떠한 공간데이터든 검색할 수 있으며, 지속적으로 변화하는 세계와 역사적 피처나 미래 예측 등을 관리, 분석 시각화하는 틀을 제공한다.

또한 호주 Perth시에서는 스모그로 야기되는 환경적 영향의 공간적 분포를 조사하는데 4D GIS가 활용된 연구가 있다¹⁴⁾. 이 연구에서는 Remote Sensing 기술을 이용하여 스모그의 진행상황을 시각화하고 있다.

미국 Biomedware사는 환경과 인간건강과 관련하여 시간의 경과에 따른 통계적 자료를 시각화하는 소프트웨어를 개발하고 있다¹⁵⁾.

BrainVoyager는 영국 케임브리지리서치시스템사(Cambridge Research Systems Ltd.)가 개발한 4D 의료소프트웨어인데,¹⁶⁾ 지리적

자료를 정보화하기 보다는 인체구조내에서의 의료 데이터를 시간적 요소와 결합하여 시각화하고 있다.

독일 본 대학에서는 GeoToolKit이라는 객체지향데이터에 접근하는 개방형 틀을 활용하여 지질분야에서의 3D, 4D 관련연구를 추진하고 있다.

미국 캘리포니아대학 등에서 해군의 Navy Geothermal Program연구지원으로 추진된 GeoTouch프로그램은 방대하고도 다양한 지구과학 및 지질학관련 데이터간의 쌍방향적 의사소통에 초점을 두어 3차원과 4차원 탐사 데이터를 다루는 소프트웨어를 개발했다.

석유탐사 및 생산과 관련하여 4D 기술을 응용한 4D 상용소프트웨어로는 미국 달라스에 있는 4D Technology사가 공급하고 있는 Lamont 4D소프트웨어가 있다. Lamont 4D는 시간적 시뮬레이션을 통해 기존의 과거 석유자원을 모니터링하고 향후 석유자원을 예측하여 석유생산량 및 생산효율성 증대를 도모할 수 있다.

TimeMap은 단순한 형태의 TGIS로서 공간데이터와 시간을 결합한 형태이다. 보통 4차원이라고 할 경우, 고도값인 z를 포함하지만, 이 TimeMap 프로젝트는 반드시 3차원인 z값을 포함하지 않고도 x, y, t값을 고려하여 공간적 위치와 시간적 범위형태로 속성화될 수 있는 문화재를 기록하고 맵핑하는 방법론을 개발한 프로젝트이다¹⁷⁾.

SINCOS 프로젝트는 남서부 발트해연안의 지구권(geosphere), 생태권(ecosphere), 인류권(anthroposphere)간의 상호관계를 위한 시공간모델개발을 목표로 하며 시간3D모델에 이은 Pseudo 4D GIS 모델링과 및 4D GIS 방법론 개발 등이 연구과제내용에 포함되어 있다.

미국의 IntegralGIS는 대규모의 단지 및 건물 건설할 때 공사과정을 시간적 경과에 따라 분석할 수 있도록 하는 프로그램을 개발하였다.

미국의 USGS는 도시지역의 변천과 관련하여 2000년 발트모어/워싱턴지역과 샌프란시스코/샌크라멘토 지역 등 두 개의 시간데이터베이스를 개발했다. 도시지역, 교통, 농업

14) <http://www.users.bigpond.com/dsandison>

15) <http://www.terraser.com/approach/compatibility.html>

16)

<http://www.crsLtd.com/catalog/brainvoyager/>

17) Ian Johnson, "The TimeMap Project: Interactive Maps of Time-Dependent Cultural Features Using Multiple Internet Data Sources, 1998.5

및 삼림지역 및 인구밀집 등 공간적 패턴과 도시화에 영향을 미치는 사회경제적 변수 등의 상호작용과 공간적 패턴을 시간적 데이터베이스로 쉽게 보여주는 것이다.

미국의 PriceWaterhouseCoopers가 개발한 CommunityViz는 4D 컴포넌트로 시간차원까지 추가된 Policy Simulator컴포넌트가 있다¹⁸⁾.

미국 버클리, 남캘리포니아, 시라큐스, 산타크루즈대학 및 조지아기술연구소 등 대학연합공동연구(MURI:Multidisciplinary University Research Initiative)로 차세대 4D 분산모델링과 시각화연구(Next Generation, 4D Distributed Modeling and Visualization)가 추진되고 있다. 이 공동연구의 목표는 가상현실(augmented reality) 및 4D 역동적 모델을 활용해서 불확실한 시간결정 시각화시스템의 설계와 분석을 위한 방법론과 틀 개발에 두고 있다¹⁹⁾.

나. 4D GIS 응용사례 종합

최근 GIS 기술은 다양한 응용분야의 요구에 따라 시장이 형성되고 있다. 이에 따라 다양한 정보기술과의 융합으로 GIS 기술이 발달되고 있다. 이러한 관점에서 4D GIS도 시간 데이터베이스, 멀티미디어, 3차원 그래픽스와 같은 기술이 융합된 GIS 기술이라고 할 수 있다. 앞서 4D GIS 연구 및 기술사례에서 살펴본 것처럼 4D GIS는 아직 연구개발 수준에 머무르고 있으며, 시장형성도 다른 GIS 기술에 비해 그리 크지 못하다. 이는 기술적인 어려움도 있지만, 기존의 GIS 기술이 4D GIS에서 요구되는 기술을 어느 정도 만족하고 있기 때문이라고 판단된다. 그러나 점차 정보기술이 발전함에 따라 사용자들은 다양하고 세련된 정보를 요구하게 되었다. 이는 컴퓨터 그래픽스, 무선 인터넷과 초고속통신 네트워크의 기술이 성장함에 따라, 이 기술들과 시간 및 공간 데이터베이스의 응용분야가 융합하게 하는 동기가 되고 있다. 기존의 2차원 평면적인 공간 정보만을 제공하는 지리정보시스템에서는 정보 제공의 한계를 나타내고 있다. 최근의 지리정보시스템들은 단순한 공간 정보만을 제공하는 수준

에서 멀티미디어, 실시간 3차원 위치정보, 이동 객체의 이동 경로 탐색 등 고차원의 정보를 요구하고 있다. 한편, 대표적인 GIS 소프트웨어 벤더들은 4D GIS 활용과 관련한 솔루션을 자체적으로 제시하는 것보다는 자사의 소프트웨어 4D 관련 기술을 엠베딩할 수 있는 쪽으로 기술이 개발되고 있다.

이상의 4D GIS 응용사례에 대하여 살펴본다. 제시된 내용을 기반으로 볼 때, 아직까지 4D GIS는 GIS 시장의 주류로 자리잡기 보다는 틈새시장으로서 시장이 형성되고 있음을 알 수 있으며 이는 다음과 같은 시사점으로 정리될 수 있다.

① 3D GIS에서 활용되는 주요 GIS 소프트웨어가 4D GIS로 활용

주요 GIS 벤더들의 3차원 표현기술을 응용하여 4D GIS에서 활용되고 있다. 대표적인 활용사례로 ESRI의 ArcView의 익스텐션(Extension)으로 4D관련 공간연산이나 시공간데이터베이스를 연계하고 있다. 특히 시공간 데이터베이스의 경우 아직까지 주요벤더들의 솔루션으로 제공되지 않고 있다.

② 전문가 중심의 틀로서 활용되고 있다.

GIS 기술이 점차 일반 사용자가 쉽게 활용될 수 있는 분야로 진화되고 있는 반면에, 4D GIS는 전문가가 활용할 수 있는 수준의 기술로 발전하고 있다. 이는 아직 4D GIS 초기시장에 진입하고 있는 단계이고 또한, 시장형성도 시공간 정보변화에 초점을 두고 있기 때문에 이를 활용하는 집단이 전문가이기 때문이라고 판단된다. 그러나 향후 4D GIS 기술이 보다 더 발전한다고 전제하면, 4D GIS도 범용적인 틀로서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

③ 시공간 데이터베이스 및 시물레이션의 시장형성

4D GIS 시장은 시공간 데이터베이스와 시물레이션 중심으로 형성되고 있다. 시공간데이터베이스는 국내외 사례에서 언급하였듯이 연구중심으로 개발되고 있다. 주요 데이터베이스 벤더인 오라클과 인포믹스의 경우 시공간 데이터베이스 솔루션을 시장에 선보이고 있다. 시물레이션은 특정시점에서의 3D GIS를 탈피하여 다차원, 다시점의 4D GIS로 변화하고 있다. 실세계 공간변화에 대한 시물레이션을 위해 멀티미디어 기술과 융합되고 있으며, 특히 게임 및 가상현실 기술과 융합

18) Susan Smith, "GIS for Communities; GISVision 1999.12

19)

<http://www-video.eecs.berkeley.edu/vismuri>

하여 4D GIS의 시물레이션 기법을 활용하고 있다. 이는 기존의 정적인 3D GIS 시각화에서 동적인 3D GIS로 전환됨을 의미한다.

④ 4D GIS 전문벤더들의 등장

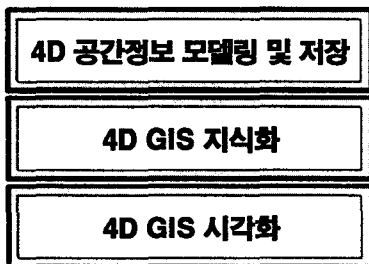
- 4D GIS 활용의 요구가 증대됨에 따라 틈새시장으로서 4D GIS 전문벤더들이 출현하고 있다. 4D GIS 전문벤더들의 4D GIS 응용분야를 중심으로 솔루션을 제공하고 있다. 주로 해양, 지질, 기상 및 기후 등 동적인 정보를 요구하는 분야를 중심으로 솔루션이 개발되고 있다. 또한, 4D GIS 전문벤더들은 기존의 주요 GIS 벤더들의 GIS 기능 및 데이터를 활용할 수 있는 방향으로 솔루션을 개발하고 있다. 이러한 전략을 통하여 4D GIS 전문벤더들은 기존의 주요 GIS 벤더들의 틈새시장을 공략하고 있다.

V. 4D GIS 기술적 분류

4D GIS 구현을 위해서는 다양한 분석방법의 제공과 다양한 사용자 인터페이스의 지원 관점에서 고려되어야 한다.

단순히 3차원 지형이나 시설물을 브라우징하는 단계에 머무르지 않고 유용한 공간분석 기능을 제공할 수 있어야 여러 가지 응용분야에서 의사 결정 지원 시스템으로써 활용이 가능해지며 특히 공간 정보뿐만 아니라 시간 정보까지 연동하여 관리하고 분석할 수 있어야 하며 2차원 뷰와 3차원 뷰를 연동하여 제공함으로써 최적화된 직관력을 제공할 수 있어야 한다.

이상의 내용을 정리하면, 4D GIS는 동적 공간정보의 변화를 중심으로 정보를 처리하고 다차원적인 시각화를 기반으로 하는 GIS의 새로운 응용분야라고 할 수 있다. 이러한 고려사항과 앞서 제시된 관련 연구 및 기술 동향을 바탕으로 기술을 분류하여 보면 다음과 같이 도식화할 수 있으며 이들에 대해 분석해보도록 하겠다.



<그림 2> 4D GIS 기술분류

가. 4D 공간정보 모델링 및 저장기술

4D 공간정보 모델링 및 저장기술은 다차원 시공간상에서 동적으로 변화하는 객체를 모델링하고 기하급수적으로 증대되는 정보를 효과적으로 관리, 접근할 수 있는 기술이다. 이는 시공간데이터베이스에 기반한 기술로서 시공간정보를 모델링하고 대용량 정보를 효과적으로 저장하는 기술이다. 4D 공간정보 모델링 및 저장기술에 필요한 세부기술을 제시하면 다음과 같다.

- 다차원 동적 모델링기술(데이터모델) : 시간에 따라 빠르게 변화하는 1,2,3차원 데이터에 대한 동적변화 및 특성, 데이터무결성 및 데이터들간의 표현기술
- 제약기반처리기술 : 다차원데이터의 제약기반모델링 및 질의처리를 통하여 효과적으로 저장, 빠르게 검색할 수 있는 기술
- 병렬다차원데이터검색 기술 : 방대한 규모의 다차원데이터검색의 병렬구조 기반으로 처리, 빠른 질의결과를 제공하는 기술
- 다차원색인기술 및 저장기술(색인 및 저장) : 다차원데이터에 대한 빠른 색인을 지원하기 위한 기존의 다차원색인 기술확장 및 새로운 색인기술개발과 이를 지원하는 저장구조기술
- 4D 데이터 그리드 처리기술 : 네트워크를 통해 분산된 프로세스자원, 데이터저장자원, 전문데이터의 액세스 자원을 공유, 활용할 수 있는 4D 데이터 그리드 플랫폼기술

나. 4D GIS 지식화 기술

4D GIS 지식화 기술은 주로 분석과 연산을 담당하는 기술로서 동적 공간정보의 변화패턴, 미래에 대한 예측 등에 관련된 연산과 분석기술을 의미한다. 즉, 대용량 동적 공간정보로부터의 동적 변화패턴, 관계성 및 특성규칙을 연산/분석하는 기술이다.

- 클러스터링 및 연관성추출기술 : 다차원 공간상에서 유사성 및 근접성에 따라 데이터군집화하는 클러스터생성기술 및 각 클러스터 집합내에 존재하는 다수데이터들의 특성값들간의 상관관계를 추출하는 기술

- 시공간패턴추출기술 :이동 변화인 궤적 또는 evolution 등 특정시간 윈도우내의 모든 데이터들간에 일반적으로 나타나는 시공간패턴을 효과적으로 추출하는 기술
- 시공간추론기술 :시공간현상에 대한 미래예측 및 분류가능한 데이터기반지식추론기술
- 상황정보추출기술 : 정보발생시점, 공간적 관계, 사건 등의 상황 등의 정보를 효율적으로 추출하기 위한 기술

다. 4D GIS 시각화 기술

4D GIS 시각화 기술은 다차원 데이터들간의 복잡한 관계 및 특성에 대한 연산을 인터랙티브하게 수행하고 가시적으로 분석하는 기술을 의미한다. 세부적으로 필요한 기술은 다음과 같다.

- 4D위상/기하연산기술 : 4D 공간정보의 위상 및 3차원 기하에 대한 기술
- 4D evolution 분석기술 : 동적 공간정보 변화량 측정 및 추이를 분석할 수 있는 기술
- 4D GIS 가시화기술 및 인터랙티브 가시화 기술 : 동적 정보를 실시간 또는 단위 시간별로 시물레이션 할 수 있는 기술
 - State Based View : 어떤 특정시간에서 상태변화를 표현
 - Change Based View : 발생된 사건에 대해 무슨 변화가 있는가?
 - Movement/Shape Change/Attribute Change

VI. 4D GIS 기술개발 전략

이상 4D GIS 관련 기술을 분류하여 보았다. 본 장에서는 앞서 분석된 결과를 바탕으로 4D GIS 기술개발을 위한 전략을 제시하도록 한다.

4D GIS 기술 및 시장동향에서 살펴볼 수 있듯이 현재 4D GIS 기술 및 솔루션은 연구개발 단계에 있다고 할 수 있다. 주요 GIS 벤더들도 4D GIS의 유용성을 인식하고 있으나 시장경제성에 의해 관련 솔루션을 제공하지 못하고 있다고 예측된다. 이에 틈새시장으로서의 4D GIS가 활용되고 있는 추세이다. 이러한 배경하에 국내 4D GIS 기술개발

은 자칫 선도적인 GIS 기술개발에 머무를 수 있다는 우려를 낳을 수 있다. 즉, 기술이 적용되는 수요분야가 명확하지 않고서는 4D GIS 기술개발이 곧 시장의 활성화로 직결될 수는 없는 문제이다. 이에 국내 4D GIS 기술개발을 위해선 다음과 같은 전략이 필요하다.

1. 응용분야 중심의 4D GIS 기술개발

가시적 시장보다 잠재적 시장이 보다 큰 4D GIS의 경우 개발된 기술의 활용성을 담보하기 위해선 응용분야 중심의 4D GIS 기술개발 전략이 필요하다. 이에 따라 동적 공간정보 요구 및 활용이 많은 분야에 특화된 4D GIS 기술개발이 필요하다. 이러한 동적 공간정보 유형은 앞서 4D GIS 기술분류에서 제시하였다. 제시된 유형을 기반으로 군사분야, 해양분야, 지질분야 등 국외사례에서 제시된 분야를 중심으로 4D GIS 기술을 개발하는 것이 필요하다.

2. 컴포넌트 중심의 4D GIS 기술개발

국외 4D GIS 시장에서 고찰하였듯이 4D GIS 전문벤더들은 기존의 주요 GIS 벤더들의 소프트웨어에 임베딩할 수 있는 솔루션을 중심으로 시장을 확장하고 있다. 이는 기존의 GIS 기능을 모두 개발할 필요없이 전문적인 4D GIS 기능 중심의 컴포넌트(또는 모듈)를 개발하여 임베딩하여 활용하는 것을 의미한다. 이는 다양한 분야에 4D GIS 적용할 수 있는 기반이 된다.

3. 전문가 중심의 4D GIS 기술개발에서 범용적인 4D GIS로 확산

4D GIS 활용은 국외에서 볼 수 있듯이 전문활용 영역에서 도입되고 있다. 이에 국내 4D GIS 기술개발도 전문가 중심의 4D GIS 기술개발을 우선적으로 추진하고 솔루션 노하우 및 시장이 확대되면 전문가 중심의 4D GIS에서 범용적인 4D GIS로 확산하는 것이 필요하다. 범용적인 4D GIS란, 일반인 쉽게 4D GIS를 활용하는 것으로 자동화된 기법과 친숙한 인터페이스를 기반으로 한다. 예를 들어 웹을 이용한 4D GIS가 대표적이라고 할 수 있다.

4. 웹기반의 4D GIS 기술개발

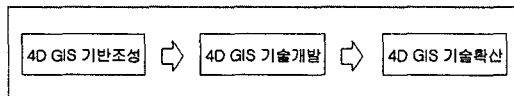
국내의 경우 인터넷 보급률과 같은 정보통신 인프라가 세계적 수준에 있다. 이러한 장점을 살려 웹기반의 4D GIS 기술을 개발하는 것이 필요하다. 웹기반 4D GIS 기술은 일반사용자에 4D GIS를 쉽게 활용할 수 있는 기반이 될 뿐만 아니라 다양한 응용분야에서 활용할 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다. 또한, 기 개발된 이동객체 DB와 연계하여 무선 인터넷상에서 4D GIS 기술 활용할 수 있는 기반이 될 수 있다.

가. 단계별 4D GIS 기술개발

본 절에서는 앞서 제시한 4D GIS 기술분류와 기술개발 방향을 토대로 단계적 4D GIS 기술개발을 제시하도록 한다.

1. 4D GIS 기술개발을 위한 단계설정

4D GIS 기술개발을 효과적으로 추진하기 위해 단계설정이 필요하다. 이에 점진적 발달단계에 입각한 4D GIS 기술개발 단계를 제시하고자 한다. 이에 4D GIS 기술개발 단계는 “기반형성”, “기술개발”, “기술확산” 단계로 제시하고자 한다.



<그림 3> 효율적인 4D GIS 기술개발을 위한 단계구분

- 4D GIS 기반조성 단계 : 이 단계는 4D GIS 기술개발을 위한 추진계획 및 수요조사, 개발된 4D GIS 관련 기술내용 재정비 등 4D GIS 기술개발에 필요한 제반여건을 정비하는 단계이다.
- 4D GIS 기술개발 단계 : 이 단계는 실질적으로 필요한 4D GIS 기술을 개발하는 단계로 앞서 제시한 4D GIS 기술분류의 내용을 중심으로 4D GIS 기술을 개발하도록 한다.
- 4D GIS 기술확산 단계 : 이 단계는 개발된 4D GIS를 응용분야에 적용 및 범용 솔루션으로 확산하는 단계로서 마

케팅 전략에 입각하여 4D GIS를 패키지와 개발된 기술간의 상호연관성에 따른 범용 소프트웨어로서의 기술 패키지를 제공하는 단계이다.

2. 단계에 따른 기술개발

본 단락에서는 앞서 제시한 4D GIS 기술단계에 따라 추진해야할 과제를 제시하도록 한다. 이에 단계별 4D GIS 기술개발 전략을 제시하면 다음과 같다.

<표 6> 단계적 4D GIS 기술개발

단계	주진과제	
4D GIS 기반조성	<ul style="list-style-type: none"> • 4D GIS 기본계획 • 4D GIS 기술적응을 위한 수요조사 • 4D GIS 활용방안 및 기술모델 	
4D GIS 기술개발	1단계	<ul style="list-style-type: none"> • 4D 공간정보 모델링 및 저장 기술 개발 • 4D GIS 시각화 기술개발
	2단계	<ul style="list-style-type: none"> • 4D GIS 지식화 기술개발
	3단계	<ul style="list-style-type: none"> • 응용분야 4D GIS 기술 패키지 상품 개발
4D GIS 기술확산	<ul style="list-style-type: none"> • 4D GIS 기술적응을 위한 마케팅 전략 • 4D GIS 기술 리파지토리 개발 • 웹기반 4D GIS 기술개발 	

VII. 결론

4D GIS 출현은 정적인 공간현상의 한계에서 벗어나 동적인 공간정보의 활용의 요구증대에 따라 발생되었다고 할 수 있다. 이러한 4D GIS는 기존의 GIS에서 간과되었던 시간차원과 가시화가 부각된 기술이라고 할 수 있다. 최근 4D GIS 대한 연구는 응용분야에 따라 진행되고 있다. 공간 데이터베이스와 시간 데이터베이스, 그리고 멀티미디어 데이터베이스를 그 예로 들 수 있다. 지난 30년간 공간 및 시간 데이터베이스에 대한 연구가 수행되면서 사용자들은 다양하고 세련된 정보를 요구하게 되었다. 이는 컴퓨터 그래픽스, 무선 인터넷과 초고속통신 네트워크의 기술이 성장함에 따라, 이 기술들과 시간 및 공간 데이터베이스의 응용분야가 융합하게 하는 동기가 되고 있다. 예를 들면, 모바일 인터넷 장비를 사용하는 많은 사용자들은 자신이 위치한 장소에서 바라보는 도심의 장면이 그대로 모바일 장비에 담겨져 있기를 원하고 있으며, 그 장비로부터 의사결정에 도

움을 받고자한다. 기존의 2차원 평면적인 공간 정보만을 제공하는 지리정보시스템에서는 정보 제공의 한계를 나타내고 있다. 최근의 지리정보시스템들은 단순한 공간 정보만을 제공하는 수준에서 멀티미디어, 실시간 3차원 위치정보, 이동 객체의 이동 경로 탐색 등 고차원의 정보를 제공하는 수준으로 발전하고 있다. 앞으로 다가오는 정보화사회에서의 4D GIS의 요구는 점차 확대될 것으로 전망되지만, 앞서 언급하였듯이 현재 4D GIS에 관련 솔루션 및 시장은 틈새시장으로서 존재한다. 그러므로 4D GIS 기술개발을 위해선 무엇보다도 철저한 계획과 수요중심의 기술을 개발하여야 할 것이다. 이에 본 연구에서는 국내외 사례를 기반으로 개발하여야 할 4D GIS 기술분류와 개발전략을 제시하였다. 국내 4D GIS 기술개발은 자칫 선도적인 GIS 기술개발에 머무를 수 있다는 우려를 낳을 수 있다. 즉, 기술이 적용되는 수요분야가 명확하지 않고서는 4D GIS 기술개발이 곧 시장의 활성화로 직결될 수는 없는 문제이다. 이에 국내 4D GIS 기술개발을 위해선 ①응용분야 중심의 4D GIS 기술개발, ②컴포넌트 중심의 4D GIS 기술개발, ③전문가 중심의 4D GIS 기술개발에서 범용적인 4D GIS로 확산, ④웹기반의 4D GIS 기술개발 전략이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 오충원, "Temporal GIS를 통한 시공간 분석", 2002
- [2] 김은형, "4차원 공간정보처리 기술동향", 2003
- [3] 오병우, 이승용, 김민수, 공간정보를 위한 4S-Mobile 테스트베드, 한국 GIS학회 추계학술발표 논문집, 한국 GIS학회, 2001.11.09
- [4] 신기수, 안윤애, 배종철, 정영진, 류근호, "GIS를 이용한 시공간 이동 객체 관리 시스템", 2001
- [5] 윤성현, 신현호, 오광진, 이지영, 류근호, 충북대학교 컴퓨터과학과, "시공간 데이터를 위한 데이터베이스의 공간 및 시간 확장", 1999
- [6] 이현아, 임헌기, 김영일, 남광우, 류근호, 충북대학교 데이터베이스 연구실, "3D+Temporal 시공간 객체 모델링", 2000
- [7] ETRI, "4차원 지리정보 운영시스템 컴포넌트 기술", 2003
- [8] 홍봉희, "이동체 데이터베이스의 기술과 현안", 2002
- [9] 한국전자통신연구원, "4차원 지리정보시스템에서의 데이터제공 서비스", 2003
- [10] 한국전자통신연구원, "시공간분석을 위한 4차원 GIS의 효율적인 구현", 2003
- [11] 최미선, 김영국, "이동 데이터베이스개요 및 연구현황", 2001
- [12] European Community, "TOOBIS Temporal Object-Oriented Databases within Information Systems", Final Project Report Deliverable T12R.3, 1999.6, EC IV Framework Esprit Project 20671,
- [13] A. Keith Turner, "Use Temporal GIS to Map Urban Growth", Geoworld 2000. 5
- [14] A. Keith Turner, "Use Temporal GIS to Map Urban Growth", Geoworld 2000. 5
- [15] Alexander Zipf & Sven Krüger, "TGM-Extending GML by Temporal Constructs-A Proposal for a Spatiotemporal Framework in XML", 2001, European Media Laboratory -EML,
- [16] William Ribarsky, Nickolas Faust, Zachary Wartell, Christopher Shaw, and Justin Jang, "Visual Query of Time-Dependent 3D Weather in a Global Geospatial Environment", in Mining Spatio-Temporal Information Systems, 2002, Kluwer Academic Publishers
- [17] May Yuan and John McIntosh, "Types of spatio-temporal queries and implications for geographic representation", in Mining Spatio-Temporal Information Systems, 2002, Kluwer Academic Publishers
- [18] Tony Griffiths, Alvaro A.A. Fernandes, Norman W. Paton, Nassima Djafri and Seung-Hyun Jeong, "Tripod: A Spatio-Historical Object Database System," 2001
- [19] Roy Ladner, Fred Petry, "Spatio-Temporal Data Mining and Knowledge Discovery: Issues Overview" in Mining Spatio-Temporal Information Systems,

2002

- [20] Martin Erwig, Markus Schneider, Oregon State University, "STQL: A Spatio-Temporal Query Language", 2002, University of Florida
- [21] SINCOS, "Sinking Coasts: Geosphere, Ecosphere and Anthroposphere of Holocene southern Baltic Sea. Analysis of coastal zone development through space/time modeling", SINCOS project2.2., 2002
- [22] Thomas Schulze. Andreas Wytzisk. Ingo Simonis. Ulrich Raape, "DISTRIBUTED SPATIO-TEMPORAL MODELING AND SIMULATION," Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference
- [23] Kevin McGarigal and William H. Romme, "Simulate Landscape Changes: Landscape simulation models employ knowledge-based systems for a dynamic approach to ecological assessment and resource planning," Geoworld. 2003. 7