

## 3차원 GIS를 이용한 생태지도의 설계 및 구현

양수영<sup>0\*</sup> 정인성\* 송길종\* 유남현\*\* 김원중\*\*

<sup>\*</sup>(주)엘시스

<sup>\*\*</sup>순천대학교 컴퓨터공학과

kwj@sunchon.ac.kr

### The Design and Implementation of Biotope Map Using 3D GIS

SuYeong Yang<sup>0\*</sup> InSung Jung\* GilJong Song\* NamHyun Yoo\*\* WonJung Kim\*\*

<sup>\*</sup>ELSYS Co., Ltd.

<sup>\*\*</sup>Dept. of Computer Engineering, Sunchon National University

#### 요 약

21C 현대 문명사회에서는 도시의 고밀도 및 팽창으로 인하여 도시 내 생태계가 파괴되면서 생물서식처의 환경 악화 및 엄청난 감소가 초래되었으며, 그 결과로 인하여 인간과 생물이 접촉할 수 있는 공간이 현저하게 줄어들고 있다. 또한 도시 영역의 확장을 위하여 산림 및 녹지의 감소, 녹지의 분절 및 단절화, 해안 매립 등이 계획 없이 무분별하게 진행됨으로써, 각종 동식물의 개체 수 감소 및 토양의 건조화 등이 발생하고 있으며, 그 영향으로 생물종의 다양성이 떨어지고, 도시 생태계의 교란이 심해지고 있다. 이러한 도시 생태계의 교란은 도시에 거주하고 있는 시민들의 생활의 질이 떨어지게 하고 많은 환경 문제들의 주원인이 되고 있다.

지속적이면서도 자연친화적인 도시발전을 위해서는 도시 내 자연생태계를 회복하고 생물서식공간을 종합적으로 보전하면서 복원해야 한다는 요구가 높아지고 있지만, 이를 체계적으로 이루기 위한 방법론의 부재에 시달리고 있었다. 이러한 가운데 유럽을 중심으로 생겨난 비오톱(Biotope)과 비오톱 지도화 방법이 생태계를 보전하며, 시민들에게 다양한 자연체험과 휴양 기회를 제공하고 친환경적인 도시계획을 위한 핵심적인 역할을 하는 것으로 인식되고 있다. 하지만, 기존의 비오톱 지도는 이미지 기반의 2차원 지도로 제공되고 있어, 거리 및 공간 분석에 취약하고 정보전달력이 부족하여, 익숙한 전문가가 아닌 경우 비오톱을 이해하는데 상당한 정도의 시간이 필요하였다. 이에 본 논문에서는 공간정보가 결여된 2차원 형태의 GIS 데이터를 기반으로 3차원 공간 데이터를 자동으로 생성하고, 위성영상과 DEM(Digital Elevation Model)을 이용하여 3차원 지형을 만들어 각 주제도별로 입체적인 분석이 가능하도록 하였다. 또한 동영상 녹화 기능과 3차원 객체 추가 기능을 이용하여, 자연생태계를 고려한 도시의 설계를 진행하는 경우 3차원적인 모델링을 제공함으로써 효과적이면서도 사용자의 이해도를 향상 시킬 수 있는 정보 전달력을 가질 수 있도록 설계 및 구현하였다.

#### 1. 서 론

현대 문명사회에서는 도시의 고밀도 및 팽창으로 인하여 도시 내 생태계가 파괴되면서 생물서식처의 환경 악화 및 엄청난 감소가 초래되고, 이에 인간과 생물이 접촉할 수 있는 공간이 현저하게 줄어들고 있다. 또한 도시 영역의 확장을 위한 산림 및 녹지의 감소, 녹지의 분절 및 단절화, 해안 매립 등이 계획 없이 무분별하게 진행됨으로써, 각종 동식물의 개체 수 감소 및 토양의 건조화 등이 발생하며, 그 영향으로 생물종의 다양성이 떨어지고, 도시 생태계의 교란이 심해지고 있다[1]. 이러한 도시 생태계의 교란은 도시에 거주하고 있는 시민들의 생활의 질이 떨어지게 하고 있으며, 많은 환경 문제들의 주원인이 되고 있다.

지속적이기도 자연친화적인 도시발전을 위해서는 도시 내 자연생태계를 회복하고 생물서식공간을 종합적으로 보전하면서 복원해야 한다는 요구가 높아지고 있지만, 이를 체계적으로 수행하기 위한 방법론의 부재에 시달리고 있다. 이러한 가운데 유럽을 중심으로 생겨난 비오톱

(Biotope)과 비오톱 지도화 방법이 생태계를 보전하며, 시민들에게 다양한 자연체험과 휴양기회를 제공하고 친환경적인 도시계획을 위한 핵심적인 역할을 하는 것으로 인식되고 있다[2].

비오톱을 처음으로 도입한 독일은 베를린시와 함부르크시에서 1980년대부터 도시생태현황지도도를 작성해 이를 기초로 체계적이면서도 친환경적인 도시계획에 활용하여 자연 친화적인 생태도시를 만들어가고 있으며, 독일 전역에서 비오톱을 활용하고 있다[3]. 우리나라에서는 서울시가 2000년에 가장 먼저 비오톱 지도를 제작해 도시개발사업계획 수립 및 검토의 기초자료뿐 만 아니라 서울시 전역의 도시계획 검토에 활용하고 있다[1]. 이를 시작으로 부산시, 인천시 등의 대도시와 하남시 등의 수도권 중소도시뿐 아니라 청주시 등의 지방 소도시까지 비오톱 지도 제작이 확산되고 있다[4, 5, 6, 7].

하지만 기존의 비오톱 지도는 이미지 기반 2차원 지도로 제공되어 도시 계획 수립에 따른 영향으로 변경되는 각종 개체들 간의 거리 및 공간 분석에 취약하여 사람들이 이해하는데 상당한 어려움을 겪고 있다. 이에 본 논문에서는 공간정보가 결여된 2차원 형태의 GIS 데이터

를 이용하여 3차원 공간 데이터를 자동으로 생성하고, 위성영상과 DEM(Digital Elevation Model)을 이용하여 3차원 지형을 만들어 각 주제도별로 입체적인 분석이 가능하도록 하였다. 또한 동영상 녹화기능과 3차원 객체 추가 기능을 통하여 자연생태계를 고려한 도시의 설계를 진행하는 경우 3차원적인 모델링을 제공함으로써 효과적이면서도 사용자의 이해도를 높일 수 있는 정보전달력을 가질 수 있도록 설계 및 구현하였다.

## 2. 관련연구

### 2.1 비오톱과 비오톱 지도

비오톱은 1980년대 독일에서 최초로 제안한 개념으로서 당시 독일은 무분별한 도시개발에 따른 도시 내 생태계의 파괴 및 교란이 발생하였으며, 그 결과로 도시 내 거주자의 삶의 질을 떨어뜨리는 문제점을 야기하였다. 이에 독일은 체계적이고 친환경적인 도시개발을 위하여 특정한 식물과 동물이 하나의 생활공동체 즉 군집을 이루어 지표상에서 다른 곳과 명확히 구분되는 하나의 서식지를 비오톱이라고 정의하고, 이를 기반으로 비오톱 지도 개념을 도입하여 친환경적인 도시개발을 진행하였다[4, 8]. 여기서 비오톱 지도는 지역 내 공간을 경계를 가진 비오톱으로 구분하고, 각 비오톱의 생태적 특성을 분류한 비오톱 유형과 비오톱의 보전가치 등급을 나타낸 지도를 의미한다[4, 8]. 그 이후 독일 등을 포함한 유럽 지역과 미국, 일본 등의 선진국에서는 도시개발을 진행함에 있어 비오톱을 핵심 데이터로 활용하여, 환경 파괴는 최소화 하며 도시개발이 진행될 수 있도록 하였으며, 그에 따른 상당한 효과들을 거둘 수 있었다[5]. 이에 환경부에서는 2005년도에 도시 지역 비오톱 지도 제작을 위한 지침을 제시한바 있으며, 2009년에 다시 “도시생태 현황지도 작성지침”을 작성, 배포 하였다[8].

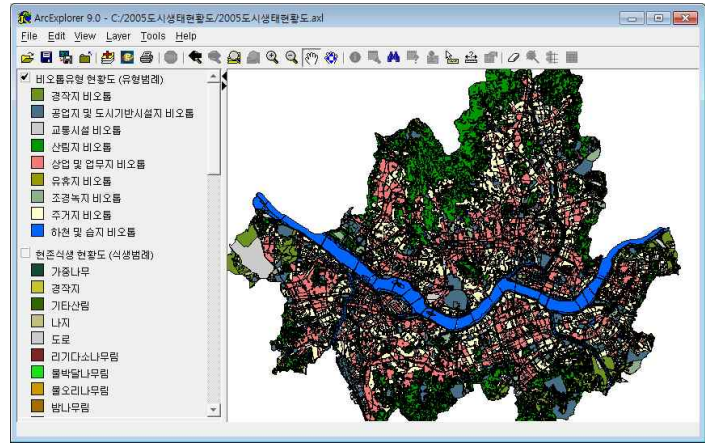
### 2.2 국내 비오톱 지도의 구축 사례

#### 2.2.1 서울시 비오톱 제작 현황

우리나라에서는 서울시가 2000년에 가장 먼저 비오톱 지도를 제작해 도시개발사업계획 수립 및 검토의 기초자료뿐 아니라 서울시 전역의 도시계획 검토에 활용하고 있으며, 신뢰성과 합리성을 높이기 위하여, 최근 5년간의 도시생태현황 변화를 반영하고, 불합리한 유형분류체계를 일부 수정하였다. 앞으로도 이와 같은 자료갱신은 5년 주기로 계속될 예정이다[5].

서울시는 모두 6개의 주제도면(토지이용현황도, 불투수도양포장도, 현존식생도, 비오톱유형도, 비오톱유형 평가도, 개별비오톱 평가도)으로 제작하였고, 비오톱유형으로는 크게 주거지 비오톱, 상업 및 업무지 비오톱, 공업지 비오톱, 도시기반시설지 비오톱, 교통시설지 비오톱, 조경녹지 비오톱, 하천 및 습지 비오톱, 경작지 비오톱, 산림지 비오톱, 유휴지 비오톱으로 나누어 표현하였다. [그림 1]은 서울시에서 제공하고 있는 도시생태현황도이다[9].

### 2.3 국외 비오톱 지도의 구축 사례



[그림 1] 서울시 도시생태현황도

도시계획에 비오톱 지도를 최초로 적용한 독일의 베를린, 함부르크시는 1980년대부터 도시생태현황지도로 작성하여, 이를 기초로 친환경적인 도시계획에 활용해 생태도시를 만들어가고 있다. 베를린시는 공기와 기후, 물, 토양, 휴양, 경관을 필수불가결한 기초자료로 사용하고 있다. 특히 보전가치가 있는 비오톱 뿐만 아니라 주거단지 주변 개발에 의한 보전과 이용의 갈등지역까지 표현하고 비오톱 평가 도면을 이용해 비오톱 네트워크 계획을 수립하고 있다. 베를린시의 자연보호법에 따르면 전체 10%의 면적을 비오톱 네트워크화 지역으로 해야 함을 명시하고 있을 정도다. 함부르크시의 광역도시계획은 1920년 슈마커의 도시계획인 깃털계획(Feather Plan)에 중점을 두고 있으며, 가장 중요한 기초 계획으로 비오톱 지도화를 꼽고 있다[10].

이밖에도 미국, 일본 등의 대부분의 선진국에서는 비오톱을 활용하여 친환경적인 도시개발 및 인간과 공존할 수 있는 도시 내 생태환경을 구축하고 있다[5].

### 2.4 3차원 GIS

GIS(Geographic Information System)는 과거 인쇄물 형태로 이용하던 지도 및 지리정보를 컴퓨터를 이용하여 작성·관리하고, 여기서 얻은 지리정보를 기초로 데이터를 수집·분석·가공하여 지형과 관련되는 모든 분야에 적용하기 위해 설계된 종합 정보 시스템을 말한다. GIS는 지리학 분야와 마찬가지로 많은 기술, 방법, 분야들의 결합으로 이루어지며, 그만큼 정의, 개념, 구현이 다양하다. 초창기 컴퓨터 기술 및 전자 지도 제작 방식의 발전등에 의해 활성화된 GIS는 지도 제작 성격이 강하였다. 그러나 이후 정보기술 분야의 기술이 발달되며, 이들 발전된 기술이 GIS 분야에 적용되기 시작하면서 초창기에 통용되고 인식되던 GIS는 진화를 거듭하게 되었다. 가장 대표적인 예로 가상현실과의 융합(Convergence)이다. 가상현실이란 컴퓨터가 만들어낸 3차원의 가상공간에서 2차원에 표현된 대상이 3차원에 존재하도록 효과를 주어 현실 세계에 대한 시뮬레이션 및 경험하기 힘든 상황을 체험할 수 있도록 해주는 기술을 말한다. 이전에는 문자 및 2D 기반 정보만으로도 데이터의 분석이 충분했지만, 최근 컴퓨터의 처리기술 향상과 사용자들의 그래픽 인터

페이스에 대한 요구사항의 증가로 인해 3차원 가상현실은 최근 현실화가 되었으며, GIS 분야에서도 새로운 블루 오션 영역으로 각광 받고 있다. 이러한 노력들은 지리정보 시스템 분야에서도 3차원 시스템의 구현이라는 노력으로 이어져 왔으며, 시각화, 시뮬레이션, 3차원 공간분석 등의 다양한 분야에서 사용되어지거나 연구가 진행되고 있다[11].

### 3. G지방자치단체 바이오톱 지도 설계

본 논문에서는 기 구축된 G지방자치단체의 2차원 형태의 바이오톱 지도를 개선하여 3차원 기반의 가상현실을 지원하는 바이오톱 지도 시스템을 설계 구현하였다. G지방자치단체는 전형적인 농촌 마을이었으나, 1990년대부터 갑작스런 공업화 및 산업화로 인하여 도시의 무분별한 팽창 및 생태계 환경 파괴가 심각한 수준이었다. 그 결과로 G지방자치단체내의 많은 거주자들이 생태계 환경이 잘 보존된 주변 도시로 이주하였으며, G지방자치단체는 도시공동화 및 인구감소 등의 문제점을 가지게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여, 2000년대부터 바이오톱 지도를 활용한 친환경 도시개발에 중점을 두었다. 그러나 기 구축된 2차원 기반의 바이오톱 지도의 제한된 정보 제공 능력으로 인하여 친환경적인 도시개발 계획을 진행함에 있어서 꼭 필요한 충분한 공간정보를 제공 받지 못하였으며, 개발 후 발생하게 될 각종 영향력에 대한 평가를 예측하는데 어려움이 있었다. 이에 G지방자치단체에서는 본 논문에서 설계, 구현한 3차원 GIS 기술을 바이오톱 지도를 활용하여 다양한 검색방법에 의한 공간정보의 검색 및 3차원 실사모델링 활용으로 도시개발 계획을 효과적으로 진행하고 있다.

[표 1] 데이터 구축 절차

구축 절차	세부 방안
구축 대상 데이터 선정	DB 구축을 위한 대상 선정
	·사용자 요구분석 ·타 시스템 사례분석을 통한 통합DB 구축 대상 및 범위 적용
자료 수집 및 분류	자료 수집 및 로딩방안 도출
	·데이터 자료 분류 및 정비 ·DB 설계의 표준안 수립 ·환경부에서 제정한 표준안 준수 원시자료 정비 결과서 작성
데이터 검수 및 오류 수정	·자료의 누락 및 착오 유무 ·DB설계와의 일치여부 ·표준안 준수 여부
	정비된 생태지도 원시자료 DB
데이터 구축	·3D GIS 데이터 생성 ·로딩용 GIS DB 생성
	최종 생태지도 DB 로딩
데이터 로딩	·검수된 자료를 생태지도 DB에 로딩 ·사용자에게 생태정보 서비스 제공

#### 3.1 바이오톱 지도 구축 절차

본 논문에서는 3차원 GIS를 활용한 생태지도 데이터

베이스를 환경부에서 제공하는 표준 포맷의 준수 여부, 원시자료의 오류검증 등에 중점을 두어 데이터를 구축하였다. 세부 구축 절차는 [표 1]과 같다.

#### 3.2 생태지도 정보 구축

환경부, 산림청, 농업과학기술원 자료를 바탕으로 구축한 G지방자치단체의 생태지도 정보 범위는 [표 2]와 같다.

[표 2] 구축된 생태지도 정보 범위

구분	자료명
자연환경 현황도	곤충, 담수조사지(무척추, 어류), 식물, 양서류, 파충류, 조류, 표유류, 야생동식물보호구역(조수보호구역), 생태경관보전지역, 현존식생도
임상도	면적, 임상, 경급, 영급, 소밀도, 범례
토양도	토양도
동물조사	포유류 주요종, 포유류 흔적, 조류 주요종, 양서파충류지점 전체, 양서파충류 주요종, 곤충(딱정벌레) 과다양도, 어류 개체수, 어류 주요종
동물모델링	양서류충류 서식적합도, 조류종수, 곤충 개체수, 포유류 서식적합도
지형 및 수문	소유역도, 음영기복(건물반영), 음영기복(B)값, 음영기복(D)값, 수치고도 모형, 경사도, 향토양습윤지수, 유출량, 유출축적
하천도	세류(선, 면), 하천구획번호, 하천구조물, 하상
식생	식생도, 가로수
바람장모델	음영기복, 풍향풍속(동서남북)
일사량 모델링	일사량(봄, 여름, 가을, 겨울)
토지이용현황	토지이용현황
토지피복도	토지피복도
바이오톱유형도	바이오톱 유형도
바이오톱 평가	생물서식기능, 물질순환기능, 도시민 이용성, 평가모형종합점수, 평가모형 종합등급, 바이오톱 최종등급
위성영상	퀵버드 정사위성영상, IRS 영상

#### 3.3 데이터 검수

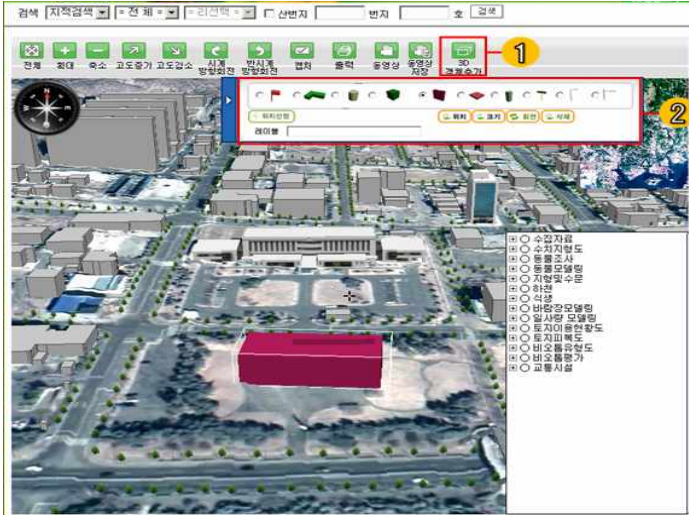
친환경적인 도시계획 및 환경보존 등의 업무에서 생태지도데이터를 원활하게 사용하기 위해서는 표준포맷의 준수가 가장 중요하다. 이를 위해 환경부 도시생태현황지도 작성지침 및 수치지도 작성지침에 따른 표준포맷을 [표 3]과 같이 총 3단계의 검수과정을 통해 준수하였다.

[표 3] 단계별 검수과정

단계	검수 항목	검수 내용
1단계	원시자료 검수	노드 생성의 적정성 점선면의 검수



차원 비오톱 지도이다. 또한, [그림 6]과 같이 비오톱 지도에 3차원 객체를 추가하여 경관 및 구도를 미리 파악하여 생태도시 설계시 모델링 역할을 지원할 수 있도록 구현하였다.



[그림 6] 3차원 지도 객체 추가

또한, 렌더링된 3차원 기반의 모델링 정보를 녹화할 수 있도록 하는 기능을 제공하여 만약 특정 도시계획이 계획대로 진행된 후의 모습을 미리 확인할 수 있도록 하여, 효과적인 도시개발계획을 수립할 수 있도록 지원하였다.

## 5. 결론

최근 전 세계적으로 환경과 생태계 보전에 대한 중요성 및 필요성이 대두됨에 따라 생태지도를 구축하여 도시 행정 전반에 활용하고, 과학적이고 합리적인 GIS 생태정보 활용 및 공간별 효율적인 자연환경관리를 통해 자연 친화형 생태도시의 기틀을 마련하며, 이 정보를 활용하여 시민들에게 다양한 생태정보를 제공하기 위하여 비오톱 지도 제작이 확산되고 있다.

2000년대부터 G지방자치단체에서도 비오톱 지도를 활용하여 자연 친화적인 도시 개발에 중점을 두고 있다. 하지만, G지방자치단체의 기존 비오톱 지도는 이미지 기반의 2차원 지도로 제공되어 도시 계획 수립자 및 일반 시민들이 도시 계획 수립에 따른 영향으로 변경되는 각종 개체들 간의 거리 및 공간 분석에 취약하여 이해하는데 상당한 어려움을 겪고 있다. 이에 본 논문에서는 기존의 시스템과 다르게, 3차원 공간 데이터를 자동으로 생성하고 위성영상과 DEM을 이용하여 3차원 지형을 만들어 각 주제도별로 입체적인 분석이 가능하도록 하였으며, 또한 시뮬레이션 동영상 녹화기능과 3차원 객체 추가 기능을 통하여 자연생태계를 고려한 도시의 설계를 진행하는 경우 3차원적인 모델링을 제공함으로써 효과적이면서도 사용자의 이해도를 높일 수 있도록 하였다.

## 참 고 문 헌

[1] JinHwak Chae, TaeHoe Koo, "Habitat Feature

Analysis in Urban Biotope for Bird Diversity Promotion in Seoul Urban Area," 국토연구 제40권, pp. 87-100, 2004.

[2] U. Heiden, K. Segl, S. Roessner and H. Kaufmann, "Ecological evaluation of urban biotope types using airborne Hyperspectral HyMap Data," 2nd GRSSfiSPRS Joint Workshop on "Data Fusion and Remote Sensing over Urban Areas", pp. 18-22, 2003.

[3] Alexander Kaptein, Sabine Thiemann, and Annegret Schiife, "Biotope and Land-Use Monitoring," IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1999.

[4] 오동화, "도시생태계 유지관리를 위한 비오톱 구축 방안", 부산발전연구원, 2003.

[5] 최병길, 나영우, 이형수, "인천지역 비오톱지도 제작을 위한 프레임워크 데이터 구축방안 연구", 한국GIS학회 춘·추계학술대회, pp. 349-354, 2007.

[6] 우혜미, 정지형, 백종인, 반영운, "비오톱 등급도와 네트워크 분석을 활용한 청주시 녹지네트워크 계획", 대한지리학회, pp. 145-147, 2009.

[7] 김정호, 한봉호, 이경재, "비오톱 유형을 고려한 도시생태계 평가기법 개발", 대한국토·도시계획학회지 제41권 제1호, pp. 167-184, 2006.

[8] 환경부, "도시생태현황지도(비오톱지도) 작성지침", 2009.

[9] 서울특별시 도시계획국, <http://urban.seoul.go.kr/>

[10] 원주기업도시, <http://www.wonjujec.co.kr/>

[11] 시종익, 권형진, 하수옥, "3차원 GIS 동향 분석, 한국전산원 정보화표준 이슈 03-표준-06, 2003.