

HSI 컬러모델을 활용한 건물의 3차원 공간정보 추출시스템 개발 Development of Building 3D Spatial Information Extracting System using HSI Color Model

최연웅* · 육완만** · 조기성***

Choi, Yun Woong · Yook, Wan Man · Cho, Gi Sung

要 旨

건물은 3차원 도시 모델링, 지형분석, 생활정보, 항법시스템 및 LBS(Location Based Service) 등 응용목적에 따라 정보의 최신성이 특히 중요시 되는 객체로써, 해당정보의 빠른 수집과 갱신에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 연구에서는 HSI 컬러모델을 활용하여 항공정사영상 및 항공 LiDAR 자료로부터 도심지 건물에 대한 3차원 공간정보를 추출하기 위한 시스템 개발을 목적으로 하고 있다. 특히 HSI 컬러모델, 재귀적 역행 알고리즘 및 미로찾기 알고리즘을 활용하여 영상으로부터 특정 건물의 외곽선을 추출하고 건물폴리곤을 생성하는 영상정보처리 알고리즘을 제시하였고 영상분할에 있어 HSI 컬러모델의 효용성을 제시하였다.

핵심어 : HSI 컬러모델, 3차원공간정보, 건물추출, LiDAR, 재귀적 역행 알고리즘, 미로찾기 알고리즘

Abstract

The building information should be up-to-date information and propagated rapidly for urban modeling, terrain analysis, life information, navigational system, and location-based services(LBS), hence the most recent and updated data of the building information have been required of researchers. This paper presents the developed system to extract the 3-dimension spatial information from aerial orthoimage and LiDAR data of HSI color model. In particular, this paper presents the image processing algorithm to extract the outline of specific buildings and generate the building polygon from the image using HIS color model, recursive backtracking algorithm and the search maze algorithm. Also, this paper shows the effectivity of the HIS color model in the image segmentation.

Keywords : HSI Color Model, 3D Spatial Information, Building Extraction, Recursive Backtracking Algorithm, Search Maze Algorithm

1. 서 론

국내외 대형 인터넷 포털회사 등에서 인터넷 및 모바일 환경을 통한 위치정보 기반의 각종 부가 서비스를 제공하는 등 스마트 사회로의 사회패러다임의 변화와 함께 공간정보는 다양한 분야에서 활용되고 있을 뿐만 아니라 그 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 특히 현실세계를 그대로 재현한 3차원 공간정보에 대한 수요가 증가하고 있으며, 현대사회에서 인간의 거주환경이 도시를 중심으로 발전하고 있는 현실과 맞물려 도시지역에 대한 3차원 공간정보의 구축을 현실화하기 위한

논의와 연구가 활발히 진행되고 있다(Cho 등, 2008). 일반적으로 도시의 환경은 건물, 도로 등의 인공요소와 수목, 초지, 나대지, 하천 등의 자연요소로 구성되어 있으며 시간에 따라 점점 복잡해지고 빠르게 변화하는 특징이 있다(Roberts와 Herold, 2004). 특히 도시 환경을 구성하는 인공요소 중 건물객체는 인간의 산업 및 생활 활동의 중심 역할을 수행하면서 도시환경의 대부분을 차지하며 필요에 따라 제거되고 다시 건축되어 변화의 정도가 빠를 뿐만 아니라 그 형태 또한 복잡한 특징이 있다(Kim 등, 2012). 또한 건물 객체는 3차원 도시 모델링, 지형분석, 생활정보, 항법시스템 및 위치기반서비

2013년 10월 11일 접수, 2013년 11월 19일 수정, 2013년 12월 4일 채택

* 정회원 · 조선이공대학교 토목건설과 조교수(Member, Dept. of Civil Engineering, Chosun College of Science & Technology, ywchoi@cst.ac.kr)

** 전라북도(Provincial government of Joellabuk-Do, yookwm@korea.kr)

*** 교신저자 · 정회원 · 전북대학교 토목공학과 교수(Corresponding author, Member, Dept. of Civil Engineering, Chonbuk National University, gscho@jbnu.ac.kr)

스 등 응용목적에 따라 실세계 표현을 위한 정보의 최신성이 특히 중요시됨으로써 건물 정보에 대한 사용자의 수요를 충족시키기 위한 정보의 빠른 수집과 갱신에 대한 요구가 급증하고 있다. 따라서 도시지역의 3차원 공간정보를 구축함에 있어 건물객체의 추출 및 3차원 모델링은 매우 중요한 부분이며 원격탐사, 컴퓨터 비전 등과 같은 분야에서 중요하게 다루어지는 주제로써 지속적으로 연구가 진행되고 있다.

3차원 공간정보의 취득방법 중 가장 일반적인 방법이 3차원 도화에 의한 방법이다. 도화사에 의하여 수동으로 이루어지는 3차원 도화방법은 많은 시간과 비용이 소요되며 현재까지 많은 형태의 자동화 알고리즘이 연구되고 있으나 건물을 정확하고 세밀하게 묘사하는데 많은 한계를 나타내고 있다.

또한 원격탐사 자료로부터 도심지역 건물정보를 추출하는 방법은 항공사진이나 위성영상과 같은 영상정보를 활용하는 방법과 LiDAR(Light Detection And Ranging) 등의 고도자료를 활용하는 방법으로 구분할 수 있다(Liu 등, 2005).

최근 고해상도 위성영상의 상용화로 위성영상을 통하여 건물이나 도로 등 도심지 내 작은 객체들의 식별이 가능해지고 주기적으로 동일지역에 대한 공간정보의 수집이 가능해짐에 따라 원격탐사 영상만을 활용한 건물 추출방법에 대한 많은 연구가 진행되고 있다(Ko 등, 2011). 특히 항공사진은 아직까지 지표면의 3차원 정보를 얻는 주요한 수단으로 지표면 정보를 효과적으로 표현하며 객체의 질감 및 충분한 경계정보를 제공하고 있다. 그러나 영상정보는 광학센서에 의하여 취득되는 공간정보로써 조도(illumination) 등 영상의 촬영조건에 따라 취득 자료의 일관성을 보장하기 어렵고 영상 취득 과정에서 나타나는 그림자는 원영상의 영상 정보를 훼손함으로써 영상정보 판독에 제약을 주며 영상의 분광정보와 형상정보만을 활용하기 때문에 서로 다른 객체들이 유사한 분광정보를 갖거나 동일한 객체가 다양한 형태 또는 서로 다른 분광 정보를 갖게 되는 경우 활용이 제약적이므로 영상만을 이용한 객체의 자동인식은 해결해야 할 문제가 많은 실정이다. 한편 Lee(2000)은 HSI 컬러모델의 색상요소(hue)와 채도요소(saturation)만을 이용하여 명암요소(intensity)의 영향을 둔감시킴으로써 영상의 그림자에 독립적인 결과를 얻는 장점을 이용하여 영상으로부터 자동차 번호판 영역을 추출하는 연구를 수행하는 등 최근 영상의 컬러들 간의 관계를 정의하는 방법인 컬러모델을 활용하여 영상으로부터 그림자를 제거하거나 특정객체를 추출하는 연구가 수행된 바 있다(Choi 등, 2008; Kim 등, 2010; Ko 등, 2011).

또한 최근에는 항공 LiDAR 자료를 이용한 3차원 GIS DB 구축(Yoon과 Park, 2007)이나 건물모델링에서 많은 성과를 보이고 있으며 영상정보를 활용하는 방법보다 건물의 위치를 감지하고 건물평면을 추출하는데 효과적인 것으로 알려져 있다(Feng과 Zhao, 2009). 그러나, LiDAR 자료만을 활용하는 경우 건물과 유사한 높이를 갖는 인접객체에 대한 분할 오류, 복잡한 구조물의 선형화에 대한 어려움이 문제점으로 지적되고 있으며(Yun, 2005), 점밀도에 의해 표현 가능한 모델에 한계가 있고 형태상 일치하는 모델링이 이루어진다고 해도 건물의 경계정보가 부족하여 모델의 정확한 윤곽을 구현하기 어려운 문제점이 있다(Kim과 Han, 2008). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 LiDAR 자료와 항공사진 또는 LiDAR 자료와 위성영상을 조합하여 활용하는 등 단일자료에서 부족한 정보를 이종 자료에서 보조하는 형식의 자료간 융합에 관한 연구가 다양한 형태로 시도되고 있다.

본 연구의 궁극적인 목적은 항공 LiDAR 자료 및 항공영상으로부터 도심지 건물에 관한 3차원 공간정보의 자동 추출이 가능한 시스템의 개발로서, 특히 영상정보를 활용함에 있어 HSI 컬러 모델을 활용하는 방법, 재귀적 역행 알고리즘(Recursive Backtracking Algorithm) 및 미로찾기 알고리즘(search maze algorithm)을 포함한 외곽선 추출 방법과 건물폴리곤 생성방법 등의 영상정보 처리 알고리즘을 제시하고자 하며 특정 객체에 대한 간단한 3차원 모델링 기능을 구현함으로써 추출된 건물의 3차원 공간정보에 대한 직관적 파악이 가능하도록 하여 시스템 활용성을 극대화하고자 한다.

2. HSI 컬러모델

컬러모델이란 컬러와 다른 컬러들 간의 관계를 표현함으로써 컬러는 정의하는 방법으로 특정상황에서 광원에 의하여 반사된 대상체의 컬러에 대한 표현을 표준화하기 위한 방법이며 RGB 컬러 모델, CMY 컬러 모델, HSI 컬러 모델, CIE 컬러 모델 및 YIQ 컬러 모델 등 다양한 형태의 컬러모델이 존재한다. 이 중 가장 일반적인 컬러모델로는 빛의 3원색을 이용하여 컬러를 표현하는 RGB 컬러 모델이 있다. RGB 컬러 모델은 우리 눈은 망막의 추상체에서 세가지 시 색소가 흥분함에 따라 색을 감지하게 되는데 이들 시 색소들은 각각 파장이 약 630nm(적색), 530nm(녹색), 450nm(청색)일 때 가장 민감하게 반응하기 때문에 이 세가지 주파수의 세기를 비교함으로써 모든 색상을 출력한다는 삼중자극 이론(tri-stimulus theory)에 근거하고 있으며 삼원색을 합하여 또 다른 색을 표현하기 때문에 가산모델

(additive model)이라고 한다(Choi 등, 2008).

RGB 컬러모델은 영상의 획득 및 표현 등에서 많은 장점을 갖기 때문에 컴퓨터 그래픽 시스템의 설계를 간단하게 하지만 영상처리 시스템에서는 각 컬러요소간의 상호관계가 크기 때문에 어떤 컬러를 만들기 위하여 각 컬러요소간의 성분비를 알고 있어야 하는 등의 제약점을 갖게 된다. 예를 들어 인간의 인지적 측면에서 색상과 명암은 분명하게 구분되지만 RGB 컬러 모델에서는 각 컬러요소의 색상정보와 명암정보가 혼재되어 표현되기 때문에 영상처리시스템에서는 이들 두가지 정보를 분리하여 다루기 때문에 채도정보 또는 명도정보를 조절함으로써 어떤 컬러를 생성할 수 있는 HSI 컬러모델이 주로 활용된다.

HSI 컬러모델은 Fig. 1에서와 같이 원뿔모양의 좌표계로 표현이 가능하며 색도(hue)와 채도(saturation)라는 컬러정보와 명도(intensity)라는 밝기값정보를 통하여 컬러를 정의하는 컬러모델이다. 컬러요소 중 색도는 가시광선의 특정 파장으로 관측자에 의해 인지되는 컬러로 빨강, 노랑, 파랑 등의 색채정보이고 채도는 백색광이 섞인 정도이며 명도는 밝기값을 나타낸다. 즉 HSI 컬러모델은 인간이 색을 구분하는 판단기준을 어떤 색상인가(hue), 얼마나 선명한 색인가(saturation), 얼마나 밝은 색인가(intensity)에 두고 있기 때문에 RGB 컬러모델이 인간의 신경계가 생물학적으로 빛을 감지하는 방법을 통해 구성되었다고 한다면 HSI 컬러 모델은 인간이 감성적으로 색을 받아들이는 방법과 가장 가깝게 구성되었다고 할 수 있다.

가시광 영역에서 사람이 물체를 인지하고자 할 때 컬러는 대상객체를 인식하고 구분하기 위한 강력한 요소 중 하나이다. 일반적으로 동일한 건물의 지붕은 대체적으로 유사한 컬러로 이루어져 있지만 건물 지붕이 수평이 아닌 경우 혹은 태양 입사각에 따른 조도의 차이 및 그림자로 인하여 동일한 컬러를 갖는 단일 건물 지붕에서도 명암차이가 발생하게 된다. Gevers과 Smeulders (1999)는 이론과 실험을 통하여 RGB 컬러모델이 객체

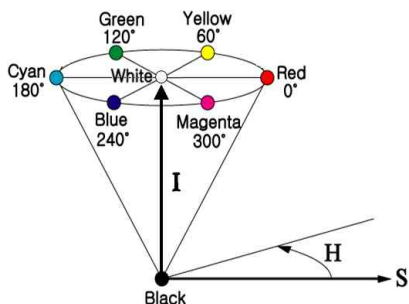


Figure 1. HSI color model

위치와 입사 방향의 변화에 민감하고 조도 강도에 의존적인 특징은 갖는다는 것을 증명하였다. 따라서 RGB 컬러모델로 저장된 영상을 활용하여 동일한 영역을 찾는 경우 동일한 객체가 서로 다른 객체로 인식되거나 서로 다른 객체가 동일한 객체로 인식되는 문제가 발생하게 된다. 그러나 HSI 컬러모델은 RGB 컬러정보와 다른 정보를 분리하는 것이 가능하고 명도정보와 색상정보가 서로 독립적이므로 채도나 명도를 바꾸어도 색상은 바뀌지 않는 장점이 있어 조도의 영향에 의한 명암차이에 의하여 영상의 분할 및 병합과정에 나타나는 잘못된 객체 인식의 문제를 해결하기 위한 방안으로 활용이 가능하다.

3. 알고리즘 개요 및 시스템 개발

개발된 시스템은 Fig. 2에서와 같이 영상으로부터 사용자에 의하여 특정 건물이 선택되면 HSI 컬러모델 및 영역확장법을 활용하여 영상으로부터 건물영역을 추출하고 미로찾기 알고리즘을 활용하여 건물의 외곽선을 추출함으로써 건물 영역 폴리곤을 생성한 후 건물영역 폴리곤 내부의 LiDAR 포인트를 추출함으로써 건물의 3차원 공간정보를 추출하게 된다.

3.1 건물영역 추출 및 건물폴리곤 생성

건물영역 추출 및 건물폴리곤 생성과정은 영상으로부터 건물 등의 특정 객체를 선택하는 것을 시작으로 Fig. 3과 같은 과정을 수행함으로써 진행된다.

3.1.1 화소값 추출

개발된 시스템에서는 전체영상으로부터 건물 등의

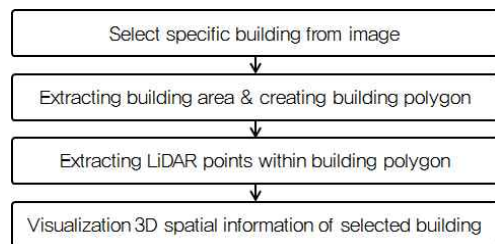


Figure 2. overview of algorithm

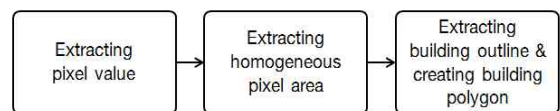


Figure 3. generating process of building area and building polygon

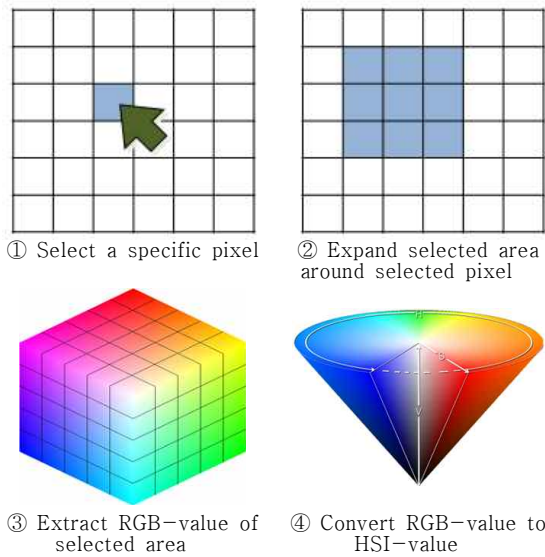


Figure 4. pixel value extracting process

필요한 객체 또는 영상의 일부 영역을 상황에 따라 선택하고 선택된 객체 또는 영역에 대한 3차원 공간정보를 추출한다. 화소값 추출과정은 최초 전체 영상에서 특정 객체 또는 영역을 대표하는 특정 화소를 선택하는 과정으로써 사용자가 특정 화소를 선택하는 경우 선택된 화소의 RGB 컬러값을 HSI 컬러모델을 활용한 컬러값으로 변환하는 과정을 포함한다.

그런데 사용자가 영상으로부터 특정객체를 선택함에 있어 특정 화소만을 선택하는 경우 선택된 화소가 대상 객체의 컬러특성을 반영하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전체 영상 중 사용자의 필요에 의하여 선택된 객체 또는 영역의 특정화소를 중심으로 주변 3×3 영역 화소의 RGB 컬러값을 추출하여 HSI 컬러값으로 변환하였으며 변환된 화소값은 영역확장법을 활용한 유사화소영역 추출을 위한 동질성의 판단 기준으로 활용하였다.

3.1.2 영역확장법에 의한 유사화소영역 추출

본 연구에서는 최소 사용자에 의하여 선택된 화소와 유사한 화소값을 갖는 영역을 추출하기 위하여 앞서 화소값 추출과정에서 추출된 HSI 컬러 화소값 중 색상(hue) 값을 기준으로 영역확장법을 Fig. 5와 같은 방법으로 적용하였다.

그러나 영역확장법은 알고리즘의 특성에 의하여 계산이 많고 자기 자신을 호출(recursive call)하는 알고리즘 기법인 재귀 알고리즘(recursive algorithm)을 사용하기 때문에 알고리즘을 수행하는 과정에서 많은 컴퓨터 메모리를 차지하게 되어 계산되는 데이터의 양이 많아지면 스택(stack)의 과부하로 시스템을 다운시킬 수

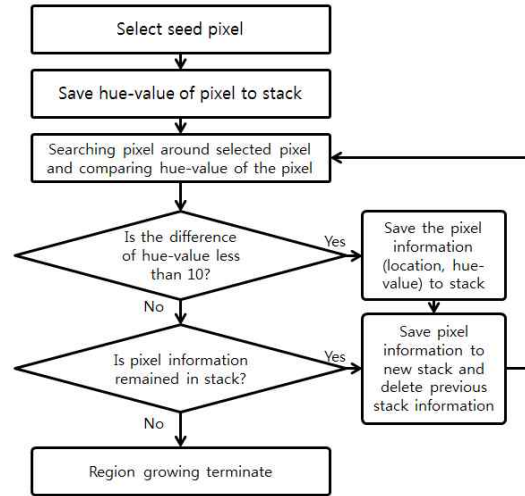


Figure 5. homogeneous pixel area extracting process by region growing method

있는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 재귀 알고리즘을 반복 알고리즘(iteration algorithm) 형태로 수정하여 처리함으로써 데이터의 양이 많더라도 스택의 과부하가 발생하지 않도록 하였다.

3.1.3 건물의외곽선 추출

일반적으로 격자자료인 영상은 특정 화소에 컬러값이 저장된 2차원적인 자료구조로 이루어져 있다. 즉 하나의 화소값은 면적을 갖는 실제의 영역을 나타내기 보다는 어떤 한 점에서의 속성값을 표현하고 있다고 할 수 있다. 따라서 영상에서의 화소와 화소값은 벡터자료에서 특정 위치의 x, y의 좌표와 해당 위치에서의 속성값을 갖는 점(point)자료에 대응된다고 할 수 있다.

따라서 벡터형식의 자료구조에서 영역확장법을 통하여 추출된 유사화소영역은 일정한 간격으로 나열된 무수한 점들의 모임이며 면적을 갖는 폴리곤의 형식의 자료형태로 볼 수 없다. 그러나 본 연구에서 영상과 함께 사용하는 LiDAR 자료는 점군(point cloud)형태의 벡터형식의 자료로써 영상으로부터 추출된 건물 영역내부에 포함된 LiDAR 점자료를 추출하기 위해서는 영상으로부터 영역확장법을 통하여 추출된 영역을 폴리곤 형태의 벡터자료로 변환하는 과정이 필요하며 이를 위해서는 추출된 영역의 외곽선을 파악하는 과정이 선행되어야 한다.

일반적으로 외곽선 추출을 위해서는 경계선 검출기법을 활용하며 원시자료의 상태에 따라 대략적인 객체의 형태를 나타내는데 효과적으로 사용될 수 있다. 그러나 대부분의 영상자료는 화소값의 변화가 심하기 때문에 대부분 추출된 외곽선의 형태가 너무 두껍거나 얇

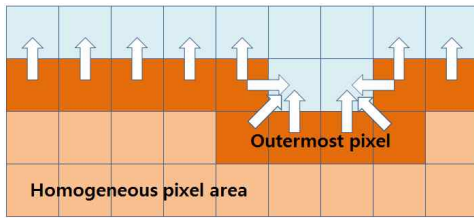


Figure 6. outermost pixel extracting

고 끊어지는 등 불규칙한 결과를 나타내며 사실상 정확한 외곽선을 추출하기가 용이하지 않다. 특히 경계선이 두꺼운 경우 경계선 자체가 하나의 폴리곤(polygon)이 되거나 정확한 외곽선 좌표를 파악할 수 없고 얇거나 불규칙한 결과를 나타내는 경우에는 중간에 끊어지는 현상이 발생하여 폐합된 폴리곤 생성이 불가능한 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 선택된 화소들의 영역을 명확한 폴리곤의 형태로 생성하기 위해서 가장 외곽에 존재하는 화소들을 추출하고 그 외곽 화소들을 순차적으로 연결함으로써 건물폴리곤을 생성하는 알고리즘을 제작하였다. 최 외곽에 존재하는 화소들을 추출하기 위하여 모든 선택된 화소들에 대하여 Fig. 6과 같이 모든 화소를 중심으로 3x3 영역의 화소를 검토하고 그 영역 안에 선택되지 않은 화소가 1개 이상 존재하는 경우 해당 화소를 최 외곽화소로 결정하였다.

이와 같은 방법은 앞서 수행된 영역확장법에 의한 유사화소영역으로 선택되지 않은 화소는 검색하지 않기 때문에 유사화소영역으로 추출되지 않은 화소가 외곽선으로 추출되는 오류를 해결할 수 있으며 선택된 영역의 가장 외곽에 있는 단 1개의 화소만을 파악하는 것이 용이하다.

최 외곽점 추출이 완료되면 이 들을 하나로 연결해야만 폐합된 폴리곤 생성이 가능하다. 이와 같은 과정은 사용자가 개입하여 육안으로 판별하여 수작업으로 진행되는 경우 간단하게 해결될 수 있으나 자동화 처리를 위해서는 각 점들에 순차적인 번호를 부여하는 과정이 필요하다.

그런데 만약 각 점이 최 외곽에 위치해있고 연속적으로 연결되어있다고 가정한다면 2차원 평면상의 거리를 활용한 인접성만을 기준으로 순차적인 번호의 부여가 가능할 수 있다. 그러나 Fig. 7에서와 같이 건물의 지붕에 부속건물이 존재하는 경우 이로 인한 부분적 공백에 의하여 해당 위치를 최외곽점으로 구분되는 경우가 발생할 수 있으며 이런 경우 만족할만한 결과를 얻기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 연속적인 최 외곽점을 찾아 연



Figure 7. outline extracting error

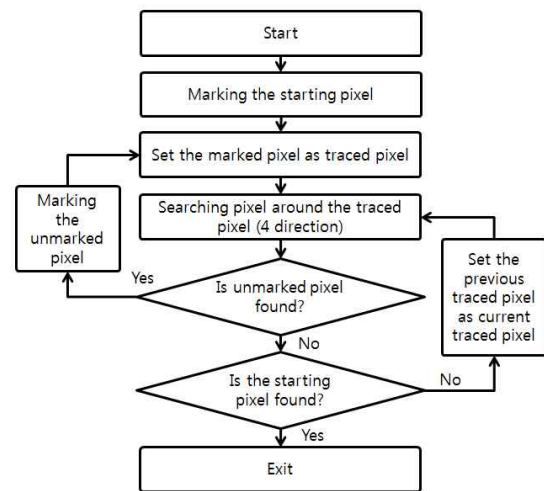


Figure 8. process of search maze algorithm

결하여 폐합시키는 과정을 자동화하기 위한 방법으로 미로찾기 알고리즘(search maze algorithm)을 적용하였다. 미로찾기 알고리즘은 미로의 형태를 전혀 알지 못하는 상황에서 미로의 시점에서 종점까지의 경로를 탐색하는 알고리즘으로 현재까지 다양한 방식들이 제시되었으나 본 연구에서 적용한 방법은 미로찾기를 진행하다가 막히는 부분이 발생할 경우 다시 갈림길 까지 돌아와서 다른 방향을 선택하여 진행하게 하는 재귀적 역행(recursive backtracking) 알고리즘으로 진행 과정은 Fig. 8과 같다.

3.1.4 건물폴리곤 생성

본 연구에서는 건물폴리곤 생성을 위하여 미로찾기 알고리즘을 통해 파악된 순서를 기초로 하여 각 점들을 선(line)형으로 구축하고 최종적으로 폐합된 폴리곤으로 기록하는 과정을 수행하였다. 파악된 모든 최 외곽 경계점을 노드(node)로 하는 폴리곤을 생성할 경우 직선 부분에서 쓸데없는 노드들이 너무 많아지는 문제를 피하기 위하여 각 점들 중 방향이 꺾이는 부분이 발생

하는 점들만을 노드로 하도록 하였다. 각 점들은 진행 방향을 제외한 3방향(90°, 180°, 270°)로만 진행되기 때문에, 한 점을 중심으로 이전의 점과 이후의 점에 대한 방향을 고려하여 각도를 계산하도록 하였고 그 중 180°를 제외한 두 방향의 요소를 가진 점을 노드로 결정하였다.

3.2 건물폴리곤 내부의 LiDAR 포인트 추출

완성된 건물폴리곤을 기준으로 대상지역의 LiDAR 자료와 중첩분석(overlay analysis)을 수행하였다. 중첩 분석은 두 개 이상의 레이어(layer)를 결합하여 연산 조건에 따라 새로운 레이어를 생성시키는 분석방법으로 union, intersect, difference 등이 있으며 본 연구에서는 외곽선 폴리곤 내에 존재하는 LiDAR 포인트를 추출하기 위해서 intersect를 적용하였다. 그런데 건물폴리곤 내부의 LiDAR 자료를 추출하는 과정에서 LiDAR 자료에 포함된 건물 경계선에서의 오차 또는 실감정사영상(true ortho photo)와 LiDAR 자료간의 기하학적 오류에 의하여 건물의 경계가 일치하지 않는 경우가 발생할 수 있으며 본 연구에서는 Fig. 9에서와 같이 추출된 건물폴리곤 주변의 일정영역까지의 LiDAR 포인트를 추출하였다.

3.3 선택건물의 3차원 공간정보 시각화

추출된 LiDAR 포인트는 x, y, z의 3차원 좌표로 이루어져 있으며 이 3차원 좌표를 활용해서 화면상에 3차원으로 표시할 수 있다. 본 연구에서는 OpenGL (Open Graphics Library)을 활용해서 건물의 3차원 공간정보를 시각화 하는 기능을 구현하였다. OpenGL은 1992년 실리콘 그래픽스에서 만든 2차원 및 3차원 그래픽스 표준 API 규격으로 프로그래밍 언어 및 플랫폼 간의 교차 응용 프로그래밍을 지원하며 단순한 기하도형에서부터 복잡한 3차원 장면의 생성이 가능하다.

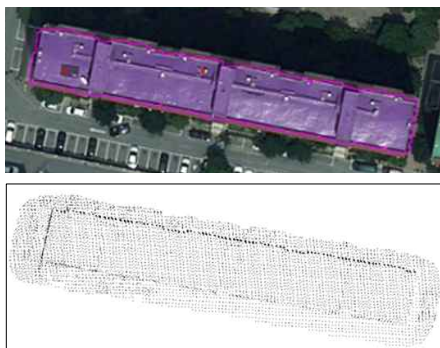


Figure 9. result of LiDAR points extracting within building polygon

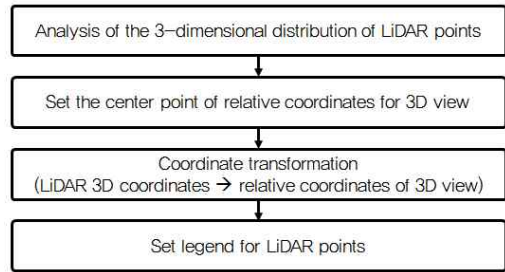


Figure 10. visualization process for 3D spatial information of building

본 연구에서는 영상으로부터 추출된 건물폴리곤과 LiDAR 점군을 중첩하여 추출된 건물에 대한 3차원 공간정보를 Fig. 10과 같은 과정을 통하여 3차원으로 시각화 하였다.

3차원으로 영상을 표현하기 위해서는 상호간의 좌표를 파악하는 것이 중요하며 이때 화면내에 전체자료를 동시에 표현하기 위해서는 자료의 규모(extent)를 파악해야 하므로 가장먼저 LiDAR 포인트의 3차원적인 분포를 파악하였다.

또한 3차원의 영상은 좌우, 혹은 상하 회전에서 중심이 되는 축이 반드시 필요하기 때문에 3차원 View를 위한 상대좌표의 중심점을 설정한다. 설정된 중심축을 기준으로 LiDAR 포인트의 3차원 좌표를 View의 상대좌표로 변환하는데 LiDAR 군집의 분포가 넓어질수록 상대좌표로 변환하는 과정에서 각 포인트들의 간격은 좁게 되고 LiDAR 군집의 분포가 좁아질수록 상대좌표의 포인트 간격은 넓어지게 된다. 다음으로 LiDAR 포인트의 표고값 분포에 따라 표고감을 더욱 확실하게 표현하기 위해 범례를 결정해야 하며 본 연구에서는 가장 낮은 표고의 지역을 파란색으로 시작해서 가장 높은 지역을 빨간색으로 표현하였다.

4. 시스템 적용 및 고찰

본 연구에서 개발된 시스템의 적용을 위하여 대상지역(a) 및 대상지역(b)에서 각각 지붕의 형태와 컬러특성 및 건물의 높이가 다른 건물 3개씩을 선정하였으며 선정현황은 Fig. 11과 같다.

특히 HIS 컬러모델의 적용성과를 확인하기 위하여 RGB 컬러모델을 적용한 환경에서의 총 6개 건물에 대한 건물영역 추출결과를 비교하였으며 RGB 컬러모델을 활용한 경우에는 R, G, B 각각의 밴드별로 건물영역 추출결과를 함께 비교하였고 R, G, B 컬러값을 활용하여 그레이스케일 영상을 생성하고 이를 활용한 건

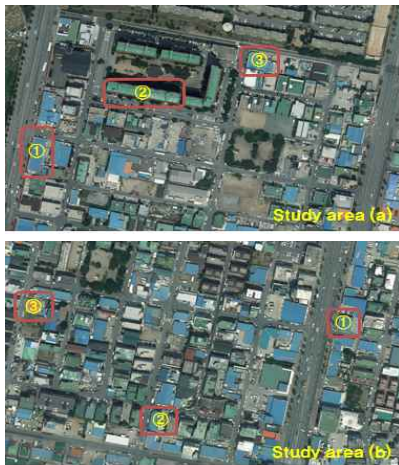


Figure 11. study area and target building

물영역 추출결과를 추가적으로 비교하였다.

Fig. 12에서 Fig. 17까지는 컬러모델에 따른 영상으로부터 특정 건물의 건물영역 추출결과를 나타낸다. HSI 컬러모델을 활용한 모든 적용사례에서 사용자에게 의하여 선택된 특정 건물의 건물영역을 추출함에 있어 의미 있는 결과를 나타냈으나 RGB 컬러모델을 활용한 적용사례에서는 대상지역(a)의 ①번 건물을 제외한 모든 적용사례에서 인접건물, 주차장 또는 도로면 등을 동일건물영역으로 오분류하는 결과를 나타냈다.

이러한 결과는 밴드별 상호의존도가 높은 RGB 컬러모델의 특성을 반영한 결과로 판단되며 HSI 컬러모델의 색상정보는 객체를 인식하고 구분하기 위한 중요한 기준으로 활용될 수 있음을 입증하는 결과로 판단된다.



Figure 12. building area extracting result by color model(building① of study area(a))



Figure 13. building area extracting result by color model(building② of study area(a))



Figure 14. building area extracting result by color model(building③ of study area(a))



Figure 15. building area extracting result by color model(building① of study area(b))

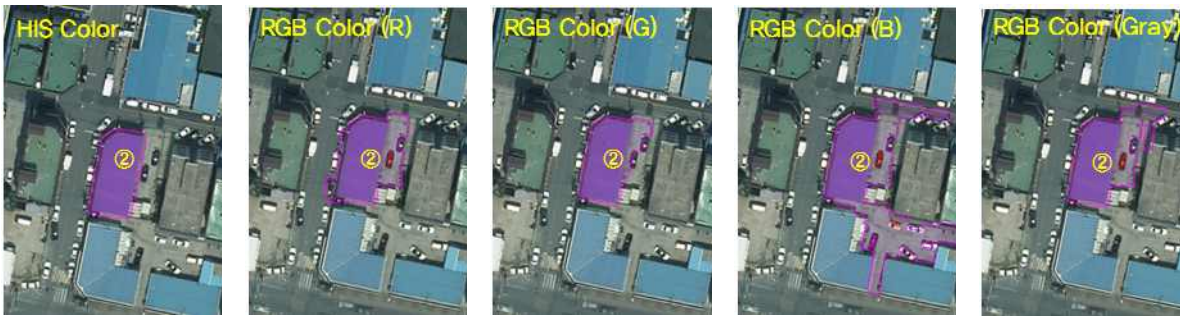


Figure 16. building area extracting result by color model(building② of study area(b))



Figure 17. building area extracting result by color model(building③ of study area(b))

또한 Fig. 18은 대상지역(a)의 ②번 건물에 대한 3차원 공간정보를 시각화하여 나타낸 결과이다. 항공정사 영상과 LiDAR 자료를 함께 활용하여 최종 추출된 건물의 3차원 공간정보들을 3차원으로 시각화하여 영상에서 선택된 특정 건물의 3차원 구조 등 입체적 현황에 대한 직관적 파악이 가능하도록 함으로써 불법건축물 단속, 복잡한 구조의 건물에 대한 대표층수 결정기준 제시, 건물의 높이, 건폐율 및 용적율 등의 기초자료 수집 및 분석, 구조물의 입체적 현황파악을 통한 용도지역 및 지구 지정 등의 도시계획 업무를 지원하기 위한 의사결정지원 시스템으로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

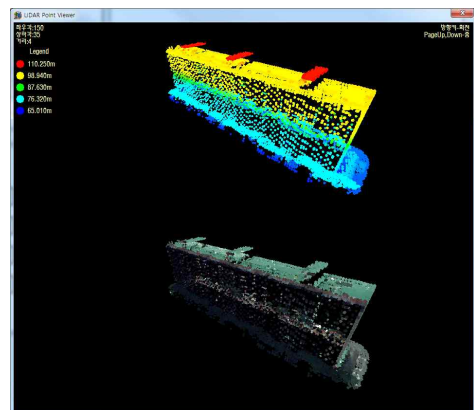


Figure 18. example of visualization result for 3D spatial information of building

5. 결 론

본 연구는 항공정사영상 및 항공 LiDAR 자료를 함께 활용함으로써 영상으로부터 사용자에게 의하여 선택된 특정 건물객체에 대한 3차원 공간정보의 추출이 가능한 시스템을 개발하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, HSI 컬러모델, 재귀적 역행 알고리즘 및 미로 찾기 알고리즘을 활용하여 영상으로부터 특정 건물의 외곽선을 추출하고 건물폴리곤을 생성하는 영상정보처리 알고리즘을 제시하였다.

둘째, 영상분할에 있어 밴드별 상호의존도가 높은 RGB 컬러모델에 비하여 명도와 색상이 서로 독립적인 특성을 갖는 HSI 컬러모델이 효과적이었으며 HSI 컬러모델의 색상정보는 객체를 인식하고 구분하기 위한 중요한 기준으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

셋째, 항공정사영상과 LiDAR 자료를 함께 활용하여 영상으로부터 특정 객체에 대한 3차원 공간정보를 추출하고 추출된 건물에 대한 3차원 시각화하는 기능을 포함한 3차원 공간정보 추출 시스템을 개발하였다.

마지막으로, 개발된 시스템은 단일영상에서 선택된 특정 건물의 3차원 구조 등 입체적 현황에 대한 직관적 파악이 가능하도록 함으로써 각종 도시계획 업무를 지원하기 위한 의사결정지원 시스템으로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

References

1. Cho Hongbeom; Cho Woosug; Park Junku; Song Nakhyun, 2008, 3D Building Modeling Using Aerial LiDAR Data, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.24, No.2, pp.141-152.
2. Choi, Yun Woong; Jang, Young Woon; Park, Jung Nam; Cho, Gi Sung, 2008, Shadowing Area Detection in Image by HSI Color Model and Intensity Clustering, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol.26 No.5, pp.455-463.
3. Feng, T.; Zhao, J., 2009, Review and comparison: building extraction methods using high-resolution images, 2nd International Symposium on Information Science and Engineering, pp. 419-422.
4. Gevers T.; Smeulders A. W. M., 1999, Color based object recognition, Pattern Recognition, Vol. 32, no. 3, pp. 453-464.
5. Kim, Hyung-Tae; Han, Dong-Yeob, 2008, Refinement

- of Building Boundary using Airborne LiDAR and Airphoto, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol.11 No.3, pp.136-150.
6. Kim, Jong Bae; Park, Jung Ho, 2010, Traffic Sign Detection using the HSI Eigen-color model and Invariant Moments, Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea-Computer and Information, Vol. 47 No.1, pp.41-50.
7. Kim, Yong Min; Chang, An Jin; Kim, Yong Il, 2012, Extraction of Building Boundary on Aerial Image Using Segmentation and Overlaying Algorithm, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Vol.30 No.1, pp.49-58.
8. Ko, Areum; Byun, Younggi; Kim, Woojin; Kim, Yongil, 2011, Region-based Building Extraction of High Resolution Satellite Images Using Color Invariant Features, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.27, No.2, pp.75-87.
9. Lee, Un Suk, 2000, Extraction of Car License Plate Area based on Dynamic Procedure for Chromatic Distribution Information, Master Thesis, University of Seoul.
10. Liu, Z. J.; Wang, J.; Liu, W. P., 2005, Building extraction from high resolution imagery based on multi-scale oriented classification and probabilistic hough transform, Proceedings of the IGARSS Symposium, pp.25-29.
11. Roberts, D. A.; Herold, M., 2004, Imaging spectrometry of urban materials, In: King, P., Ramsey, M. S. and Swayze, G.(eds.), Infrared Spectroscopy in Geochemistry, Exploration and Remote Sensing, Mineral Association of Canada, Short Course Series Vol. 33, London, Ontario, pp.155-181.
12. Yoon, Hee-Cheon; Park, Joon-Kyu, 2007, A Study on the Construction of 3D GIS DB by LiDAR, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol.10 No.2, pp.171-182.
13. Yun, Chang-Yeol, 2004, A Study on the Classification of Buildings using LiDAR Data, Master Thesis, Seoul National University.