

효과적인 재난관리를 위한 Unity3D 기반 홍수 시뮬레이션 가시화 웹시스템*

강수명¹ · 류동하² · 최영철² · 정윤재^{2*}

Unity3D-Based Flood Simulation Visualization Web System for Efficient Disaster Management*

Su-Myung GANG¹ · Dong-Ha RYU² · Yeong-Cheol CHOI² · Yun-Jae CHOUNG^{2*}

요 약

최근 3차원 지리정보시스템을 구축하기 위해 상용 GIS 엔진 대신 게임엔진을 활용하고자 하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 3차원 게임엔진은 개발자의 역량에 따라 다양한 모듈을 개발할 수 있다는 장점을 보인다. 특히 재난과 같은 분야에서는 지리정보데이터 및 재난 관련 정보들을 융합하여 새로운 분석을 시도할 때, 예측뿐 아니라 예방에 관한 폭넓은 대안이 제시될 수 있을 것이다. 또한, 재난 특성상 3차원의 실세계에서 일어나는 현상을 분석할 때에는 3차원 기반의 분석이 중요한 요소로 작용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 비용적, 인력적 문제 해결 및 개발 자유도를 충분히 고려하여 3차원 게임엔진을 통한 홍수재난정보 가시화 모듈을 개발하고자 하였다. 원시 홍수 데이터를 공간정보 상에 맵핑하고, 맵핑한 홍수 정보의 자연스러운 홍수 표출을 위해 공간 처리를 실행하였다. 또한, 이를 기반으로 하는 다각도 정보를 표출하기 위해 누적정보를 생성하여 사용자에게 직관적인 위험지역을 보여주고자 하는 모듈을 개발하였다. 본 연구를 통해 홍수 정보의 다양한 분석이 가능하여 신속한 대응 및 대처가 가능할 것으로 기대된다.

주요어 : 재해대응, 재해관리, 홍수, 3차원 지리정보시스템, 게임엔진

ABSTRACT

Recently, various research has been conducted on the use of a game engine instead of a commercial geographic information system (GIS) engine for the development of 3D GIS. The advantage of the 3D game engine is that it allows developers to develop various modules according to their abilities. In particular, in the area of disasters, a wide range of alternatives for prevention as well as

2017년 1월 4일 접수 Received on January 4, 2017 / 2017년 2월 18일 수정 Revised on February 18, 2017 / 2017년 3월 21일 심사완료 Accepted on March 21, 2017

* 본 연구는 국토교통부/국토과학기술진흥원 건설기술연구사업의 연구비지원(13건설연구S01)에 의해 수행되었음.

1 계명대학교 컴퓨터공학과 Dept. of Computer Engineering, Graduate School, Keimyung University

2 (주)지오씨엔아이 공간정보기술연구소 Research Institute for Spatial Information Technology, GEO C&I Co., Ltd.

* Corresponding Author E-mail : chyj@geocni.com

prediction can be presented when new analyses are attempted by combining geographic information and disaster-related information. Furthermore, 3D analysis can be an important factor in analyzing the phenomena occurring in the real 3D world because of the nature of disasters. Therefore, in this study, we tried to develop a visualization module for flood disaster information through a 3D game engine by considering the solutions for cost and manpower problems and the degree of freedom of development. Raw flood data was mapped onto spatial information and interpolation was performed for the natural display of the mapped flood information. Furthermore, we developed a module that intuitively shows dangerous areas to users by generating cumulative information in order to display multidimensional information based on this information. The results of this study are expected to enable various flood information analyses as well as quick response and countermeasures to floods.

KEYWORDS : Disaster Response, Disaster Management, Flood, 3D GIS, Game Engine

서론

1. 연구배경

지리정보시스템은 지속적인 발전을 거듭하여, 과거 3차원 지형의 2차원 표현에서 현재의 능동적 3차원 가상세계까지의 현재 단계에 도달하였다. 이는 시대별 기술력에 대한 한계를 극복하며 진행된 발전으로, 하드웨어적 제약뿐 아니라 소프트웨어적 기술력의 한계 등을 지속해서 극복했다는 것을 방증한다(Lee and Jeong, 2008). 현재 지리정보시스템을 도입한 다양한 종류의 GIS는 크게 두 가지로 분류 해볼 수 있다. 우선, 단순 Stand-Alone 형식의 분석이나 모델링 및 편집 등의 기능을 하는 단일 형식 시스템이다. 또한, 두 번째는 웹 구축을 통해 여러 사용자가 접근 가능한 관리 및 정보 배포 목적형 시스템이다. 물론 후자의 경우, 기존에는 웹이 아닌 설치형의 C/S 구축이 주류였으나 시스템의 배포 및 관리 등의 문제로 인해 대부분의 최근 관리목적형 시스템은 서버 측의 유지보수를 기반으로 지속적인 업데이트가 신속하게 반영되기 쉬운 웹으로 구축되고 있다. 이는 2차원 GIS뿐 아니라, 클라이언트로 활용되는 보급용 컴퓨터의 고사양화로 인해 3차원 GIS와 같은 가용메모리가 많이 필요한 시스템 역시

웹으로 구축되고 있다(Gang *et al.*, 2016a).

한편, 3차원의 가시화는 그 대상이 실세계인 지리정보시스템 분야와 영화, 게임, 가상현실 등의 다양한 분야에 접목이 되고 있다(Lee and Jeong, 2008). 이는 직관적이고 효율적인 분석 및 검증과 같은 전문 기술적인 분야뿐 아니라 (Kim *et al.*, 2013a; Kim *et al.*, 2013b), 하드웨어의 비약적인 발달과 그 처리방법의 지속적인 연구에 의해 수요자의 요구가 증가하였기 때문으로 분석된다. 이는 직간접적으로 지리정보시스템에서도 3차원으로서의 변화라는 이슈를 불러일으키는 요소라고 할 수 있으며, 단순 요구증대라는 이유와 더불어 2차원이 가지는 근원적 한계가 있기 때문일 것이다. 기술력의 확보와 시대의 요구는 즉각적으로 사회에 반영되며, 포털 서비스에서 제공하는 지도서비스는 스트릿뷰, 항공파노라마뿐 아니라 3차원 객체서비스를 포함하는 것을 보았을 때 점차적으로 2차원의 한계성을 3차원 가시화를 활용해서 극복한 것으로 보인다(Song *et al.*, 2012).

지리정보시스템에서 3차원으로서의 변화는 단순한 가시화 기능뿐 아니라, 효과적인 분석 측면에서 가장 큰 효과를 뚜렷하게 제시하고 있다. 특히 기반 자료들의 정확성이 보충된 상황에서의 재해관리는 3차원 GIS와 융합되어 면밀하고 확실한 분석결과를 보여줄 수 있으며, 활용적 측면에서 직관적인 정보전달이 가능하다

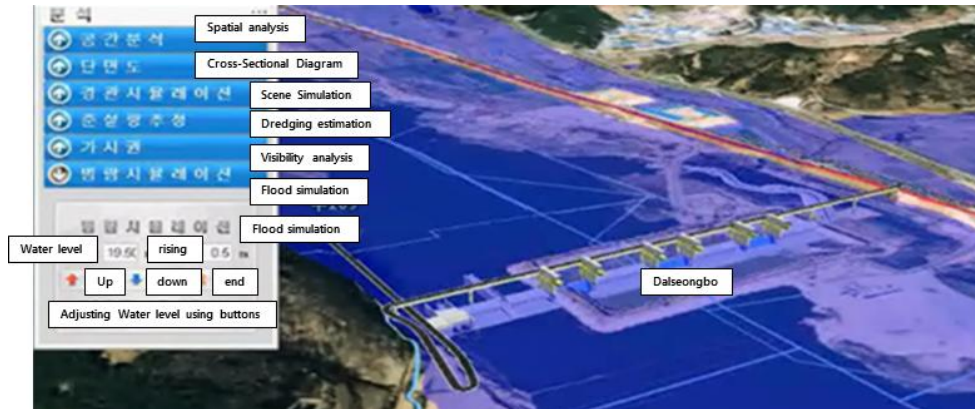


FIGURE 1. Flood simulation function of 3D GIS using existing 3D GIS engine

는 장점이 있다. 따라서 최근 재난관리시스템 분야에서 3D Web GIS의 활용은 기반자료들을 통합적 가시화함과 동시에 전문적인 분석이 가능하며, 웹 환경만 만족한다면 다양한 관리자가 동시접속 가능하도록 구축되고 있다.

본 연구에서 다루고 있는 홍수재난관리는 과거 2차원 지도를 통해 홍수 발생지역, 침수 예상지역, 대피로 등의 정보를 제공하였다. 또한, 평상시 침수피해 구역 및 그 심각도를 위험지대로 제작하여 정보를 제공하였으며 공공기관에서는 해당 정보를 시스템 등을 통해 관리하여 인명피해나 물적 피해를 최소화하는데 노력을 기울였다. 하지만 2차원의 한계는 표나 그래프로 구성된 정보를 함께 볼 때 그 정보가 정확해지기 때문에 직관성 부족이라는 점과 함께, 명확하게 피해를 가시화하지 못한다는 단점이 있다. 그뿐만 아니라, 3차원을 활용한다고 하더라도 홍수 모의를 위해 Stand-Alone 형식의 시스템을 통한 모델링 및 분석의 활용이 많았으며, 관리목적을 위하여 3차원으로 구축할 경우 시스템 구동 메모리 등의 문제로 인해 웹 시스템으로의 구축은 일반적이지 않았다. 또한, 상용엔진을 활용하여 홍수에 대한 기능 일부 탑재하고 있는 웹 시스템을 구축했다고 하더라도, 이는 DEM의 고도 높이를 반영한 단순 침수기능에 지나지 않아 실질적인 홍수 예측에 대한 기능으로서는 부족함이 있었다. 즉, 홍수

산정을 위한 모델링 자료를 그대로 올려보지 못하는 한계성이 있었다. 그림 1에서 보면 이는 본사에서 기구축한 C/S 시스템으로서 상용 GIS 엔진을 활용하여 구축한 시스템이다. 하지만 해당 시스템에서의 홍수 및 범람 시물레이션 기능은 홍수의 모의보다는 단순한 홍수라는 선형 레이어 즉, 그림 1에서의 파란색의 홍수 계층을 왼쪽 증감 버튼을 통해 조정한다. 따라서 해당 계층을 단순히 높여지고 낮아지게끔 하는 단순 기능을 제공하는 것을 알 수 있다(Kim *et al.*, 2016a; Lee and Jeong, 2008; Song *et al.*, 2012).

이러한 한계를 극복하고자 3차원 가시화 및 여러 재난 예측 자료를 표출할 수 있는 동시에 개발자유도가 확보 가능한 Web-GIS 구축 도구(Tool)의 요구가 지속적으로 증가하였다. 이를 만족시키고자 몇 가지 방안들이 제시되었다. 즉, 인력 및 시간적인 비용은 절약 가능하지만 금전적인 단점과 개발자유도의 한계가 있는 3차원 상용 GIS 엔진의 방법을 활용하거나, 비용적인 절감 측면에서 이득이 있으며 개발 자유도를 만족하게 할 수 있는 오픈소스의 방법을 통해 이를 해결하고자 하였다(Kim *et al.*, 2015). 하지만 각각의 방법에는 하나 이상의 단점이 있으며, 이를 모두 충족시키는 방법은 3차원 상용 GIS 엔진 판매사의 추가적 모듈 개발이나, 오픈소스 활용 능력이 뛰어난 개발자가 충족될 때 가능하다. 그뿐만 아니라, 영리 목적

의 프로젝트를 진행할 시 시간적, 금전적 한계가 있을 때는 이마저 불가능 하다. 때문에 일반적으로 상용엔진 구매 후 매뉴얼 및 판매처의 지원에 따라 시스템을 구축하게 된다. 이 경우에 홍수가시화 기능을 구축 할 시, 앞서 언급한 단순 수위레벨 조정에 따른 홍수 침수 범위를 보여주는 한계성 뿐 아니라 이를 통한 추가적인 확장 모듈 구축이 불가능하다는 단점을 가지고 있다 (Gang *et al.*, 2016a; Gang *et al.*, 2016b; Gang *et al.*, 2016c).

따라서 본 연구에서는 다양한 재난 유형 중 홍수에 관한 여러 가지 정보를, 3차원 상용 GIS 엔진 및 오픈소스를 대체할 방법을 활용하여 3차원으로 가시화하는 모듈을 구축하고자 한다. 3차원 홍수 가시화 모듈은 첫째, 홍수 정보를 가지고 있는 원시데이터의 단순표출 후에 격자정보의 3차원 표출 시 생기는 이격 문제를 해결하고자 하였다. 둘째, 홍수 흐름에 의해서 위험해지는 건물에 대해 위험성을 출력하고자 하였다. 마지막으로 해당 정보를 직관적으로 분석이 가능하도록 하는 중첩 가시화모듈을 개발하였다. 이를 통해 홍수재난을 다각도로 분석하여 방재 전문가로 하여금 직간접적인 의사결정을 돕고, 신속한 대처방안을 마련할 수 있도록 하였다.

2. 기존 연구 사례 분석

재난은 인적 피해뿐 아니라 물적 피해 등의 국가 주요 자산에 대한 치명적인 피해를 준다. 이를 감소시키고 국민 생활의 안정을 주기위해서 최근 재난을 즉각적인 관리와 분석에 효과적인 3차원 GIS를 활용한 웹 시스템의 형태를 기반으로 컨트롤타워 형태의 시스템을 구축하고 있다(Lee and Jeong, 2008; Song *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2016b; Gang *et al.*, 2016a; Gang *et al.*, 2016b; Gang *et al.*, 2016c). 본 절에서는 3차원 홍수 가시화 시스템 구축 방안과 관련된 기존사례를 분석함으로써 한계점을 알아보고 이를 개선할 수 있는 방안을 마련하여 본 연구에 적용하고자 하였다.

Lee and Jeong(2008)의 연구를 보면 홍수

피해의 증가로 인해 댐 방류 시에 하류하천에 대한 홍수범람지역 가시화를 필요로 하는 수요에 의해 3차원 GIS 시스템을 개발하였다고 하였다. 이 연구에서는 여러 가지 3차원 상용 GIS 엔진 중 iWorld라는 자체 솔루션을 통해 시스템을 구축하였다. 해당 엔진을 통해 구축한 시스템은 홍수에 대한 대응은 물론 피해를 최소화할 수 있다. 또한, 전문 관리자로 하여금 각종 업무를 지원할 수 있게 하였다. 그뿐만 아니라, GIS를 연동하고 있어 침수 이력, 침수 가능지역, 토지이용계획수립 등의 의사결정 자료로 활용할 수 있는 근거가 되는 시스템을 구축할 수 있었다. 특히 3차원의 입체적인 정보를 제공할 시에 이해당사자들에게 현실적이고 설득력 있는 정보를 제공 가능하기 때문에 이러한 시스템의 구축이 필수적이라고 하였다(Lee and Jeong, 2008).

해당 연구에서는 홍수에 대한 기존 강우 사상 예측 모델에 대한 출력물을 표현하고 있으며 실시간으로 연동된다고 하였으며, 강우 시뮬레이션이 실시간으로 가능하다. 또한 홍수에 대한 3차원 시뮬레이션을 통해 기존 데이터를 가시화하여 시각적인 충족을 만족시키는 것에 그 의의를 다 하고 있다. 하지만, 해당 연구에서 활용된 iworld는 DirectX 기반의 인터넷용 Seamless Raster /Vector 3D 서비스 솔루션인 상용 GIS 엔진으로서, 이를 활용하였기 때문에 해당 엔진 개발사의 지원이 불가능할 시의 유지보수가 어렵다는 위험부담을 안고 있다고 할 수 있다. 물론, 수요자 측면의 개발을 통한 개선이 지속적으로 진행 되나 그를 기다리는 것 보다, 때에 따라 개발자와 수요자가 직접적으로 요구하는 기능을 일반 상용 엔진을 통해 구축하는 것이 더욱 효율적일 수 있다. 해당 연구에서 활용한 엔진 말고도, 일반적으로 국산 상용 3차원 GIS엔진은 3DViz, Intra Map3D, CMWorld, O2Map, XDWorld과 같은 다양한 엔진이 있으며, 지속적인 업데이트를 통해 수요자의 요구에 맞게 다양한 기능을 제공하고 있다. 하지만, 그 업데이트 일정이 명확하지 않으며, 엔진이라는 특성상 개발자 및 개발사에서

이러한 업데이트를 기다려 신규 시스템을 구축하는 것은 비용적 손실이 발생할 수 있다.

Song *et al.*(2012)의 연구에 따르면 기상이변으로 인한 홍수재해 발생빈도의 증가로 비구조적 방법인 홍수위험지도제작을 홍수재해 예방의 일환으로 활용하고자 하였다. 해당 연구 역시 2차원의 종이지도 기반 위험지도는 시민들이 활용하기에는 직관적이나 해독력 측면의 문제점을 안고 있다고 하였으며, 좀 더 알기 쉽고 명확한 3차원 홍수위험지도를 제작하고자 하였다. 해당 연구에서 구축된 지도는 가상홍수 자료를 통한 침수구역 결정 후 침수구역의 홍수지형도를 생성하였다. 또한, 대피 장소에 대한 파노라마식 가상현실을 통해 신속한 피해 대응을 위한 이해도를 높이고 있다. 그뿐만 아니라 3차원 가시화 프로그램으로 제작하여 침수구역과 건물데이터를 3차원 공간상에 표시한다. 하지만 본 연구 역시 홍수에 대한 시뮬레이션보다는 산정된 값을 일시적으로 뿌려주는 형태에 지나지 않아 그 한계성이 있으며, 변경되는 데이터 등에 대해서는 전혀 고려하지 않았다. 이 역시 단순한 3차원으로서의 표현만을 제시하고 있어 그 한계가 있을 것으로 보인다. 또한, 건축 및 산업계에서 콘텐츠의 3차원 모델을 구현 후 웹을 통해 사용자에게 가시화해주는 도구로서 많이 활용되는 턴툴(Turntool)을 활용하였으나 해당 도구로 제작된 3차원 공간은 단순 가상공간의 표출이라는 역할을 하고 있다.

Kim *et al.*(2013a;2013b)의 연구에서는 국방 분야의 모델링과 시뮬레이션에서는 사용빈도 대비 개발 빈도가 상대적으로 높고, 유지보수 과정의 개발비용을 줄일 수 있는 가시화 도구를 개발하고자 하였다. 과거 연구에서는 여러 가지 엔진을 통한 가시화 도구를 개발하였으나 그 품질이 낮고, 선행연구를 통해 다양한 엔진들을 비교하였을 때, Unity3D가 결과물의 품질이 우수할 것으로 예상하여 해당 엔진을 통해 전투시뮬레이션을 개발하였다. 해당 연구에서 Unity 3D는 상업용 엔진이지만, 라이선스비용이 저렴하면서도 개발적인 자유도가 보장된다고 하였다. 또한, 스마트 디바이스 환경의 개발

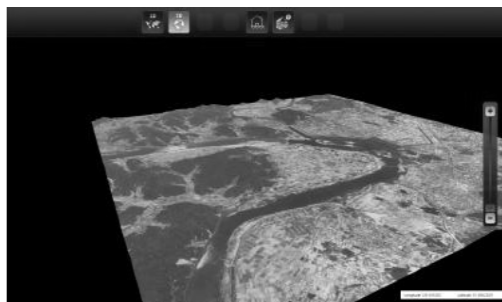


FIGURE 2. Construction of Hi-quality images in 3D engine (Source: Gang *et al.*, 2016b)

을 지원하기 때문에 연구에 적합한 것으로 보았다. 하지만 해당 연구에서의 지형정보는 DEM 및 위성사진의 전처리를 통한 모델링을 기초로 진행하였기 때문에 지리정보에 대한 구현보다는 시뮬레이션에 초점이 맞추어진 연구이다.

Kim *et al.*(2013a;2013b)의 연구에서 사용한 Unity 3D 엔진은 상대적으로 저렴하고 추가적 모듈 개발이 가능하다는 것을 알 수 있다. 해당 엔진을 통해 3차원 지리정보시스템을 구축한 기존 사례를 살펴보면, 3차원 재난정보나 기상정보를 보여주기 위하여 Unity3D를 기반으로 지리정보표출이 가능한 모듈을 개발한 사례가 있었다. 해당 연구에서는 원시데이터를 확보하여 지리정보나 기상정보 등을 표출하는 개별적인 모듈을 구현하였으나, GIS와 Unity3D엔진 간의 연계 및 필요기능을 접목한 초기연구 사례로 볼 수 있다. 또한, 데이터베이스와 시스템 하드웨어 구성 간의 연계가 없어 완성된 형태라고는 볼 수 없었다. 그림 2는 앞선 연구에서 구현된 Unity3D 기반의 지리정보 가시화 모듈이며, 해당 모듈을 앞선 연구에서 GEO-SUIT라고 명칭한 바 있다(Kim *et al.*, 2016b; Choi *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2015; Gang *et al.*, 2016a; Gang *et al.*, 2016b; Gang *et al.*, 2016c).

본 연구에서 다루고자 하는 3차원 웹 GIS 시스템은 구동되는 기반환경인 웹브라우저가 가용 가능한 메모리에 의해 상당부분 의존적이고, 사실적으로 구현된 고사양의 3차원을 그대로 제공하기에는 한계가 있다. 다음 표 1은 본

연구에서 구축하고자 하는 웹브라우저 기반 3D GIS 및 홍수가시화 기능을 구축할 수 있는 방법들을 비교한 도표이다.

앞서 살펴본 기존 연구들에서는 다양한 방법으로 3차원 GIS와 홍수가시화 기능을 구축하였으나, 본 연구에서 지향하고자 하는 홍수가시화 시뮬레이션이 가능한 웹브라우저 기반의 시스템을 구축하기 위해서는 상기 도표와 같은 3가지 방법 중 하나로 구축이 되어야 한다. 그중에서도 상용 게임엔진은 기능의 제한 없이 저렴한 가격 및 관리와 개발이 쉽다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 앞서 기술한 기존 연구를 바탕으로 상용 게임엔진 중 하나인 Unity3D 엔진을 통해 구축된 지형정보와 융합되는 홍수정보를 가시화하고자 한다. 단순 가시화뿐 아니라 원시데이터가 가지고 있는 한계를 엔진이 제공하는 여러 가지 기능을 통해 극복하고, 이를 기반으로 다각도 분석이 가능한 모듈을 개발함으로써 재난정보 표출 가시화 시스템 구축에 도움이 되고자 한다.

연구 방법

1. 연구 범위 및 내용

본 연구에서는 홍수와 관련된 원시데이터를 통해 3차원 가시화 도구인 Unity3D를 활용하여 표출할 수 있도록 한다. 또한, 이를 기반으로 하는 자료 표출에 문제점을 해결하고 이를 통한 다차원 분석이 가능한 모듈을 개발하고자

한다. 이를 통해 데이터 흐름에 대한 하드웨어 설계와 시스템 설계를 기반으로 앞선 연구에서 명명한 GEO-SUIT 기반의 홍수정보 표출 및 다차원 분석 시스템을 개발하고자 한다. 연구 지역은 강정고령보 인근의 성서공단 일대로서 홍수의 발생 원인은 빈도별 강우 및 제방의 파괴를 원인으로 하고 있다. 홍수범람의 시간별 자료는 ASCII 데이터로 추출된 자료를 활용하였다. 해당 자료의 경우 재내지 침수로 인한 피해를 예측하기 위하여 홍수량에 대한 침수 경로 및 확산을 파악하기 위한 다중흐름방향법 및 평수가정법을 통해 침수범위를 산정하였다 (Lee *et al.* 2016). 이때 ASCII 데이터는 컴퓨터공학 측면의 의미가 아니라 자료 상단에 위치값과 격자 치수, 하단부에 격자 치수에 해당하는 대응 값이 들어가는 자료라고 할 수 있다. 해당 자료를 분 단위로 뽑을 경우 1시간당 60장이 확보 가능하며, 홍수 범람 지속시간이 3시간일 경우 180장이다. 본 연구에서는 20m 격자의 총 2,500장을 활용하였다. 그림 3(a)을 보면 상단에 가로, 세로 치수와 왼쪽 위 위, 경도 값을 확인할 수 있다. 또한, 셀 치수를 보면 20m라는 것을 알 수 있다. 그림 3(b)은 해당 ASCII 파일의 하단부의 형태이다. 이때 ‘9999’ 값은 null 값과 같고, 그 외의 값은 해당 격자에서 매칭되는 수위 값과 같다. 이러한 원시데이터가 연속적으로 그래픽스 기술을 활용하여 3차원으로 표출될 때 침수에 의한 홍수 피해의 시뮬레이션이 표현될 수 있다.

TABLE 1. Compared with various 3D GIS construction method for additional module

Category	Open Source	Commercial GIS engine	Commercial Game engine
Price	Low	High	Low
Follow-up management	Difficult	Convenient	Convenient
Difficulty of development	Varying significantly according to the developer's competence	The developer of the engine provides guidelines	Various information on the internet and the book
Flood simulation function	Need to develop	Developed function and limitation	Need to develop
Degree of freedom	Good development accessibility	Development is possible only within the items provided by the engine developer.	Good development accessibility

(Source : Gang *et al.*, 2016c)

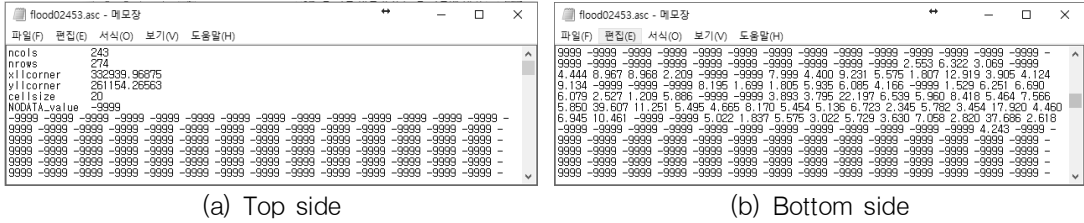


FIGURE 3. Flood ASCII file

2. 시스템 개발

본 연구에서 개발되는 홍수정보 가시화는 이전 연구에서 개발한 GEO-SUIT라는 Unity3D 환경 기반 GIS 3차원 표출 도구를 통해 추가 모듈을 구성하는 것으로 진행하였다. 이는, 여러 가지 지리정보데이터를 최근 활용되고 있는 다양한 기술과 접목해 3차원으로 표출하고자 하는 일종의 플랫폼이라고 할 수 있다. Unity 3D는 자체적으로 직접적인 지리정보데이터를 활용할 수 없기 때문에 이전 연구를 통해 지리정보데이터를 활용할 수 있도록 연구개발 하였다(Kim *et al.*, 2016b; Choi *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2015; Gang *et al.*, 2016a; Gang *et al.*, 2016b; Gang *et al.*, 2016c).

그림 4를 보면, 우선 데이터베이스 환경에서 GEO-SUIT를 통해 GIS 데이터를 통한 3차원 지리정보 가시화 후에, 홍수 관련 데이터를 3차

원 홍수 표출 모듈과 연동하여 각기 기능들을 구성하고자 하였다. GEO-SUIT는 그림 4의 우측 하단에서 보면 3차원 가시화 모듈로서 구동되고 있는 일종의 3차원 GIS 엔진 역할을 하고 있는 환경이라는 것을 알 수 있다. 하지만 GEO-SUIT에서 사용된 상용 게임 엔진인 Unity3D는 *.shp, *.img, *.asc 등의 파일을 읽을 수 없으므로 앞선 연구에서 이를 바로 읽고 지형, 건물, 텍스처 등으로 3차원 가시화를 할 수 있도록 하는 기능을 구축함으로써 기존 3차원 상용 GIS엔진과 같은 역할을 하지만, 지형 상에서 일어나는 다양한 기상현상 및 재난 현상에 대해서 사용자가 원하는 형식의 추가적인 모듈 구축이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이 GEO-SUIT를 활용함으로써 정확한 홍수 예측을 위해 사전 모델링 된 자료를 자유롭게 가시화하여 웹 브라우저를 통

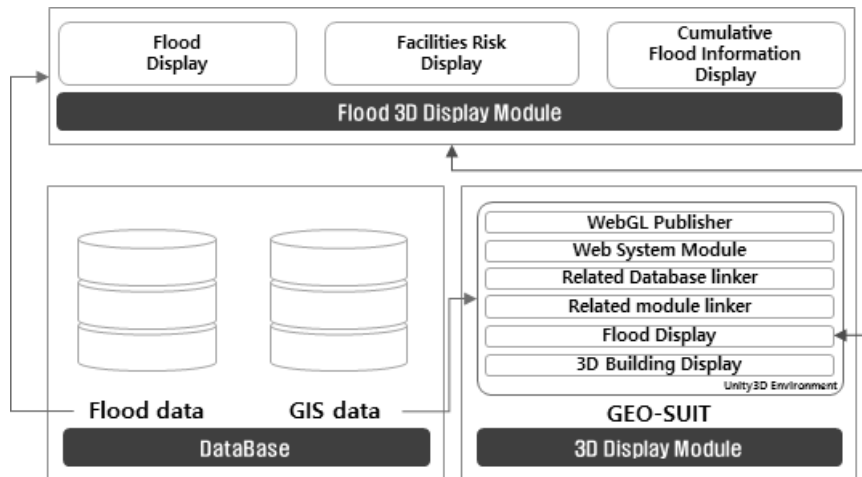


FIGURE 4. System architecture

해 정보를 제공함으로써 재난관리자로 하여금 손쉽게 사용할 수 있는 통합재난관리시스템의 일부를 개발하였다.

따라서 첫 번째로 홍수 가시화 기능, 두 번째로는 시설물의 위험성 가시화, 세 번째로는 누적정보 가시화를 통한 직관적 홍수정보 중첩 분석기능을 구축하였다. 앞선 그림 4은 전체 기능의 간단한 개념도라고 할 수 있다. 그림 4에서 언급한 3개의 모듈을 아래 그림 5에서 개별적으로 표시하였다. 세부로 구성할 때 3개의 기능이라고 할 수 있으나, 크게 보았을 때는 홍수 기능 구현을 기반으로 건물과의 충돌체크와 누적정보표출이 이루어지는 구성이라고 할 수 있다. 각 기능에 대한 구체적인 구현에 대해서는 아래에서 기술한다.

우선 격자형 원시 데이터를 통해서 홍수 정보를 가시화하고자 하였다. 그림 6의 왼쪽 위 (a), (b), (c)는 홍수 발생 후 각 1분, 3분, 6분 후의 격자형 자료를 도식화하였다. 이는 왼쪽 위의 위치정보의 매칭을 통해 지리정보 위

에 가시화할 수 있다. Unity3D 상에 가시화되는 지형정보 역시 왼쪽 위부터 위·경도를 재배열하여 격자마다 고유의 위·경도를 가지고 있으며, 또한 홍수정보의 위치정보와 같은 위치에 매칭을 하여야 한다. 이를 통해 가시화된 홍수정보는 기존 격자형 정보이기 때문에 실제로는 명확한 위·경도를 가지고 있는 것은 아니다.

왼쪽 위의 포인트 값만 위·경도를 가질 뿐, 그로부터 한 칸씩 위치가 변경될 때마다 각 가로, 세로 20m라는 정수형의 위치변화를 가지기 때문이다. 따라서 실제 지형 상에 올려서 볼 때 그림 6의 오른쪽 위 그림처럼 격자로 표출되는 홍수가 이어짐이 없이 떨어져 보이며 이는 정수형의 오류 때문이라고 볼 수 있다. 이를 왼쪽 아래처럼 이어지게 하려고 본디 정수형 사이의 소수점 값을 파라미터 값을 통해 보간 처리하여야 하나, 본 연구에서는 Unity3D엔진이라는 우수한 미들웨어를 활용함으로써 내장된 셰이더 함수를 통해 그림 6의 오른쪽 아래 그림처럼 매끈하게 보간된 홍수시뮬레이션 처리가 가능하

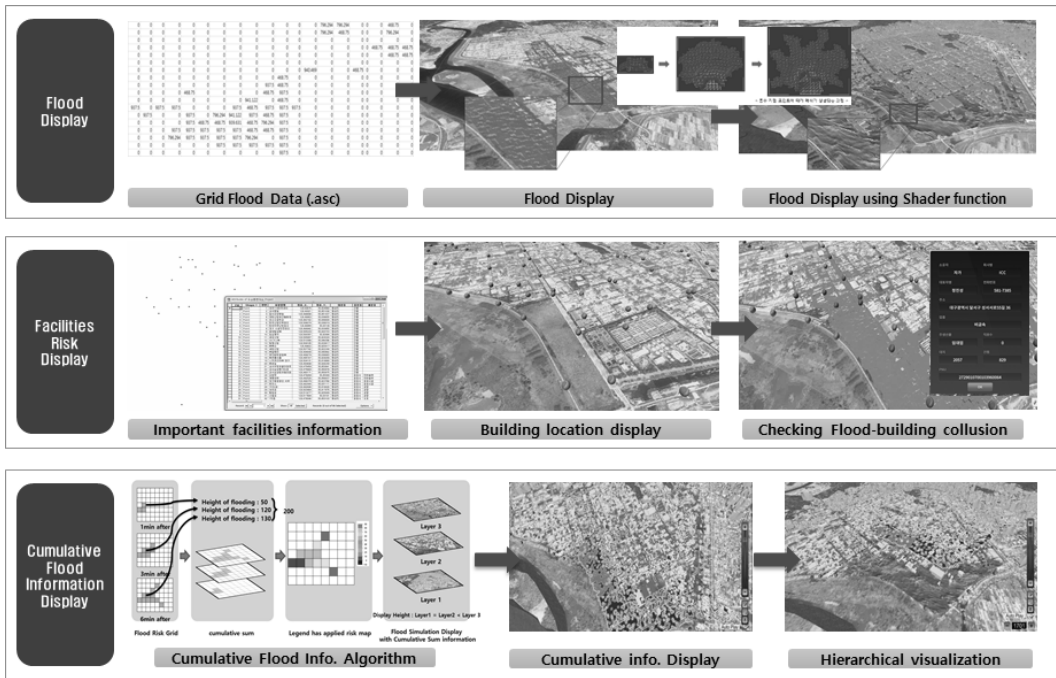


FIGURE 5. System architecture

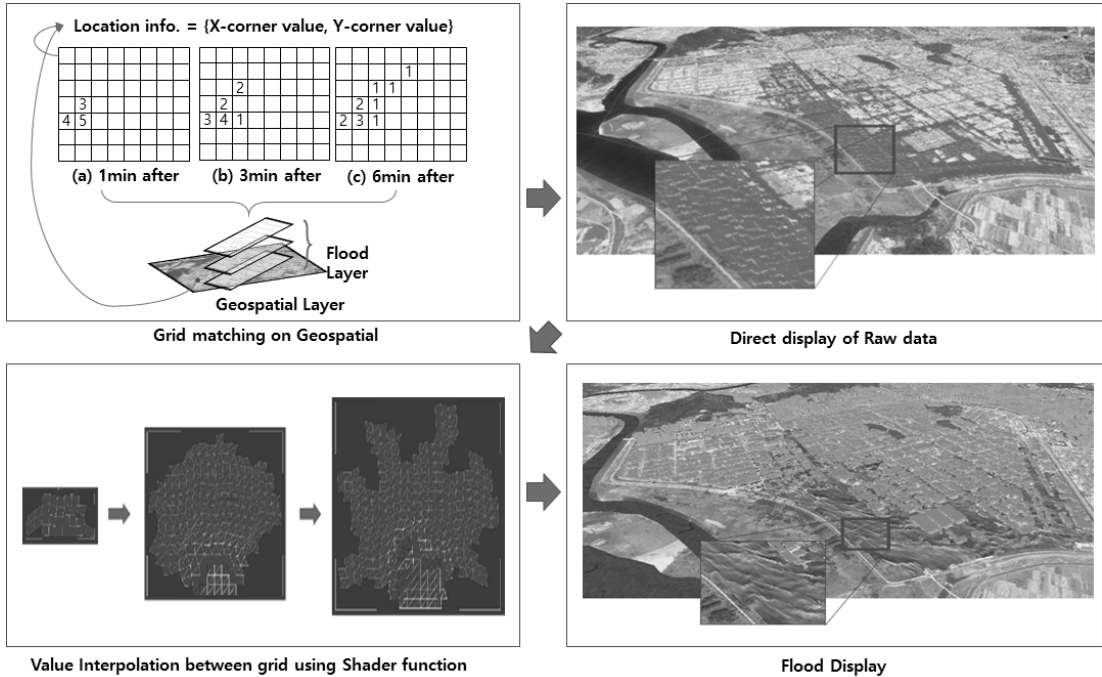


FIGURE 6. Process of flood display

다. 즉, ASCII 데이터를 기반으로 홍수 mesh를 생성하고 강물 texture와 material을 적용하였기 때문에 자연스러운 시물레이션이 가능하다.

그림 7은 주요 시설물에 대해 홍수와의 충돌 체크를 통한 위험도 가시화에 대한 방법의 모식도이다. 해당 기능은 그림 7의 왼쪽 위에서 보는 것처럼, 우선 본 연구에서 선정된 80개 정도의 주요시설물의 위치정보와 주요 시설물에 대한 정보를 추출하였다. 이를 통해 해당된 지역에 그림 7의 오른쪽 위에서처럼 동그란 구체로서 표시하였다. 이때 해당 구체는 초록색으로 표시하여, 현재 안전한 상태임을 알 수 있도록 하였다. 그 이후 앞서 구현한 기능인 홍수 표시 기능을 통해 주요 시설물이 표시되는 레이어의 하단에 홍수 진행 상황을 가시화하게 한다. 그다음, 건물 위치값과 홍수 진행에 따른 위치값의 변화를 지속해서 점검하여 같은 값일 경우 건물의 구체 표시를 빨간색으로 변경한다. 하지만 실질적으로 홍수가 발생되기 이전에 위험함을 감지하여야 함으로, 건물 위치를 중심으

로 10m 반경의 값에 침수 값이 발생할 경우 구체의 색을 빨간색으로 변경한다.

그림 8는 홍수 시물레이션의 직관적 분석이 가능하도록 하는 누적합 및 중첩 정보를 보여준다. 해당 정보는 기존 정보를 재활용하여 홍수시물레이션과 동시에 표출하여 사용자로 하여금 다각도 동시 분석이 가능하도록 하는 기능을 하고 있다. 단순 피해정보를 3차원으로 표출한다는 것은 육안을 통해 정보를 획득할 수 있는 직관적인 정보 도출에 대한 의미가 있다. 또한, 정보 간에 융합을 통해 손쉽게 관련 정보들을 한 번에 볼 수 있다는 장점이 있다. 따라서 다각도적인 정보 표출 및 도출을 위하여 시간대별로 획득 가능한 범람 정보에서 각기 다른 격자 하나마다 누적합을 구하여, 최종 피해가 가장 높은 지역을 획득하고자 하였다.

우선 시간대별로 획득된 홍수 침수 지도에서 각각의 격자에 대한 누적합을 새로운 배열에 저장한다. 또한, 육안으로 판별이 쉬운 범례를 지정한 다음, 해당 배열에 대해 RGB 값을 저장

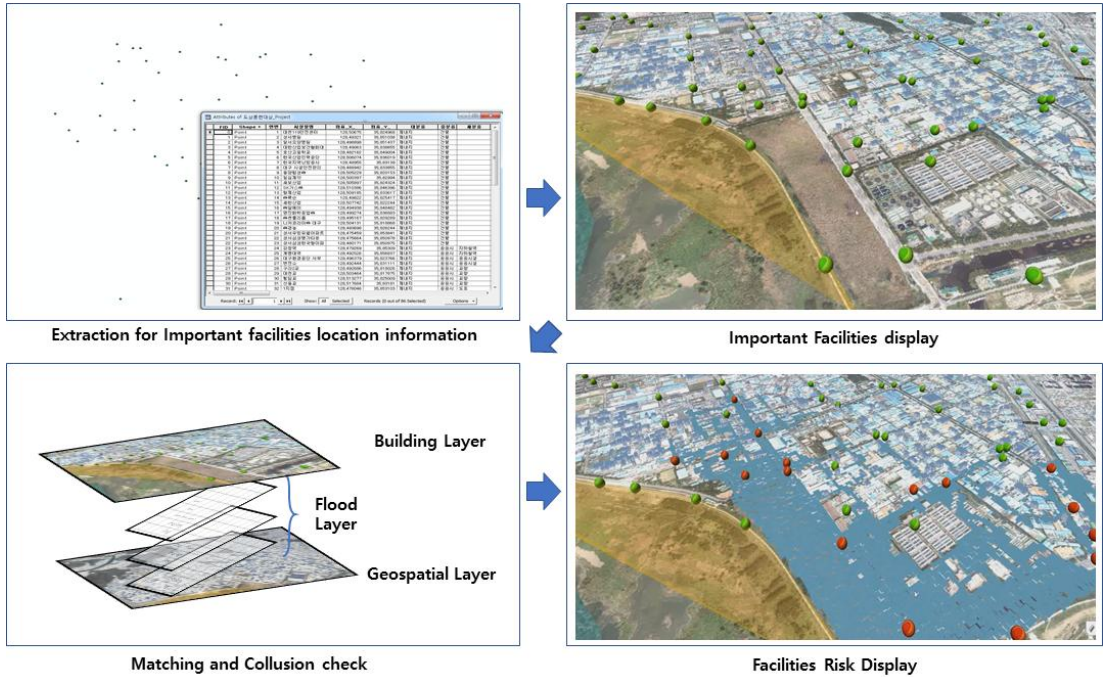


FIGURE 7. Process of facilities risk display

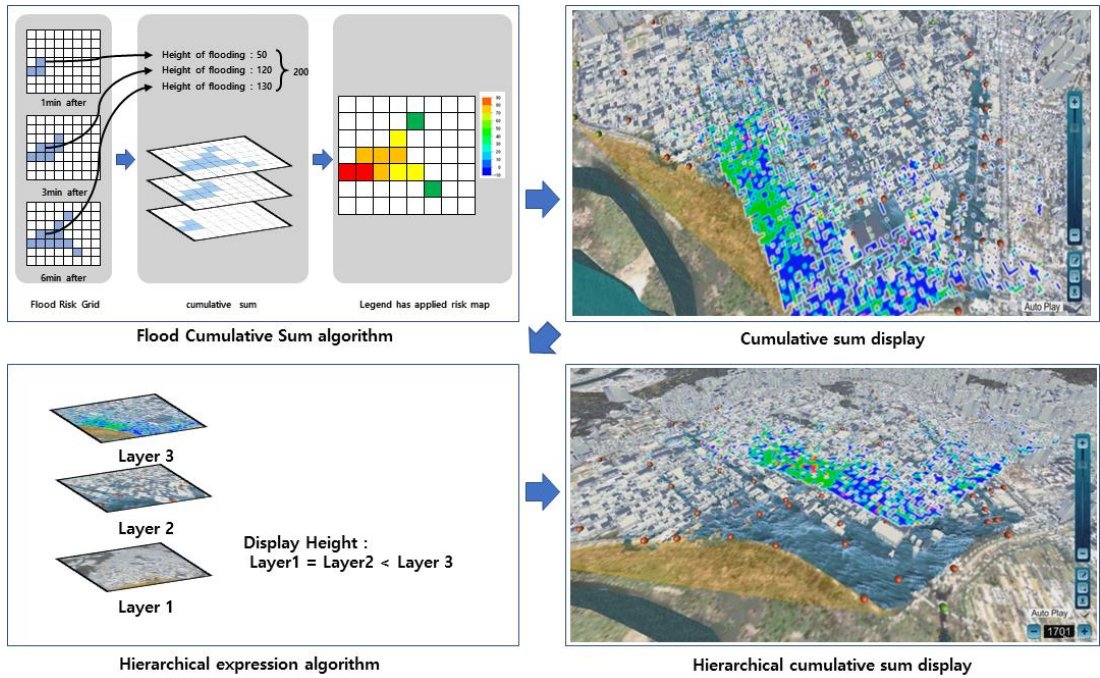


FIGURE 8. Process of cumulative sum display

하여 Layer화 할 수 있다. 이때의 누적합은 해당 격자에 대해 얼마나 많은 침수가 일어나는지 알 수 있으며, 특히 물이 지나가는 길로써 활용 될 때의 피해 심각도를 예측할 수 있는 정보가 될 수 있다. 이때의 정보를 3차원으로 보여줄 때 효과적인 방법은 3차원의 높이 값을 서로 다르게 하여, 투시도 형태로 볼 때와 직각으로 볼 때의 차이를 활용하는 점이다. 따라서 홍수가 침수되는 시물레이션은 지형에서 일어나는 것이므로 같은 높이에서 표출하고, 새로 만든 누적합 배열의 경우 고저 차를 활용하여 상단에 표출한다.

결과 및 고찰

본 연구를 통해 3차원 지형정보를 표출할 수 있는 플랫폼을 기반으로 홍수 정보를 표출할 수 있는 세 가지 기능을 구현하였다. 그 구현을 통해 원시데이터 기반 3차원 (준) 실시간 홍수시물레이션이 가능하였으며, 이를 통한 홍수 위험 정보 표출 및 다각도 분석 도구를 구축할 수 있었다. 이는 기존 연구된 Unity3D기반 지형정보 표출 플랫폼에서 거리측정, 고도측정의 공간분석 기능이 있기 때문에 홍수면적 및 홍수 거리를 유연하게 측정 가능 할 것으로 예상된다. 표 2는 본 연구를 위해 사용된 개발환경이다.

그림 9을 보면 앞서 연구에서 개발된 재난관리 시스템의 중앙부에 삽입된 3차원 뷰어를 확인할 수 있다. 본 연구에서 활용된 Unity3D는 앞서 언급한 것처럼 다양한 개발환경 및 퍼블리싱 기능을 지원하며, 본 연구에서는 Unity3D에서 제공하는 기능인 WebGL로 퍼블리싱 되

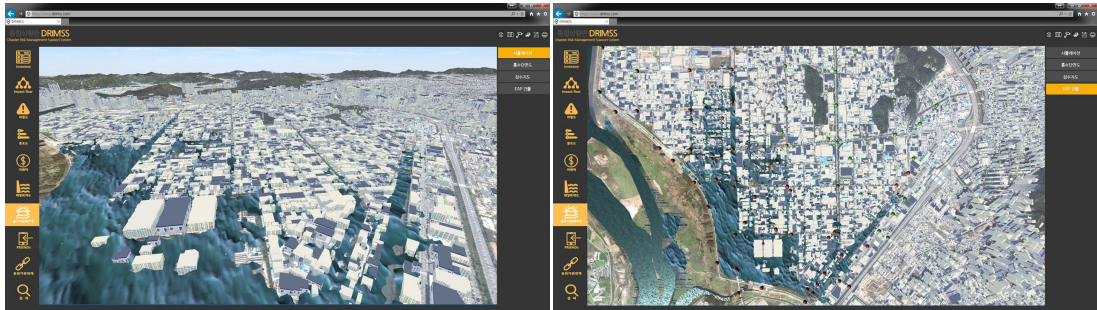
어 웹브라우저로 표출을 위해 html에 삽입된 모습을 보인다. 이는 메모리의 제한이 없을 때 다양한 모바일환경에서도 지원할 수 있지만, 본 연구에서 활용된 지리정보데이터의 대용량에 대한 한계로 인해 현재 Stand-Alone형에서 가장 구동이 잘 되며, Web에서는 일부 지연된다. 또한 시스템 구동에서는 네트워크 성능에 약간씩 차이를 보이거나 약 30초간의 로딩 후에는 무리 없이 활용 가능하다. 또한, 그림 9에서 양옆에 위치한 html 상 메뉴 기능의 경우 내부 뷰어랑 연결되어 구현 가능하도록 Unity 3D에서 연결 함수를 만들어 웹에서 Javascript로 기능을 연계하였다.

그림 9(a)은 홍수시물레이션 기능이 구현되어 웹에서 작동되는 모습을 보여준다. 이때 3차원 건물을 지형 위에 올려놓아 실제 건물들이 침수되는 모습을 시물레이션 가능하다. 또한 그림 9(b)의 경우 각 건물 및 주요 시설물들이 위험한 상황임을 직관적으로 알 수 있게 구현하였으며, 그림 9(c)의 경우 누적침수를 동시에 시물레이션하여 가장 집중적으로 침수피해가 있을 만한 장소에 대해서 알 수 있도록 구현하였다.

본 연구를 통해 다음의 세 가지 결과를 도출할 수 있었다. 첫째, 본 연구에서 활용된 Unity 3D 엔진은 기존 상용 3차원 GIS 엔진이 가진 한계성인 개발자유도 부분을 해결할 수 있었다. 상용 엔진을 활용한다는 것은 제조사에서 제공하는 기능만을 활용 가능하다는 단점이 있으나, 특히 상용 3차원 GIS 엔진에서는 더 큰 단점을 지니고 있었다. 상용 3차원 GIS엔진은 GIS 분야를 위한 특수성이 있는 엔진으로서 GIS를 제외한 부분에 대한 기능이 약하다는 단점이 있

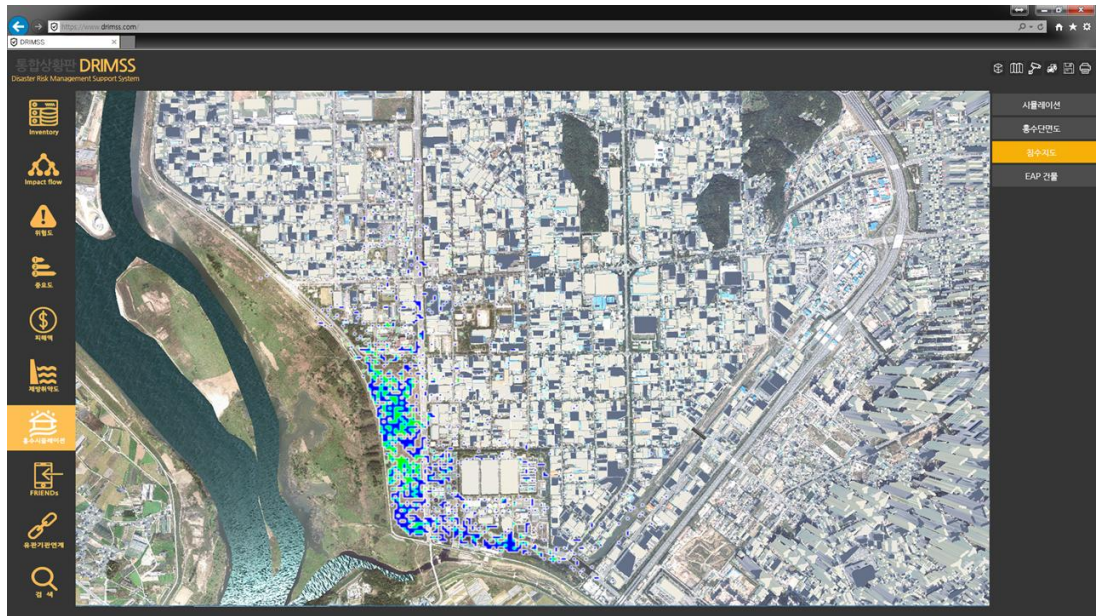
TABLE 2. Development specification

Category	Details
OS	Windows 10 pro
Processor	Intel(R) i7 - 6700
RAM	16.00GB
Graphic Card	ASUS ROG STRIX GTX 1060
DBMS	Oracle
Tools	Unity Pro 5.3.6f-1
	Microsoft Visual Studio 2015 Community (for Unity)



(a) Flood simulation display

(b) Facilities risk display



(c) Flood cumulative sum display

FIGURE 9. Constructed System

다. 특히 지리상에서 발생하는 다양한 현상에 대해 분석하는 부분에 있어서 제조사에서 제공하는 기능만 활용한다는 것은 단적인 예라고 할 수 있다. 또한, 본 연구에서 활용한 Unity 3D 엔진은 비록 상용 게임 엔진으로서 제조사에서 제공하는 기능을 기반으로 하는 개발이 필요하므로, 개발자가 직접 3차원 지리정보시스템 및 홍수가시화 모듈을 개별적으로 모두 개발하는 것에 비해 일부 한계성이 분명히 있다. 하지만, Visual Studio 기반의 C#이라는 개발 언어를 활용하여 추가적 모듈을 개발 할 수 있게 한다

는 측면에서 개발자유도를 충분히 보장하였다. 따라서 심도있는 연구개발을 통해 지리정보데이터를 자연스럽게 활용하여 자연현상에 대해 분석 가능한 도구를 개발할 수 있었다는 점이다.

두 번째는 현시점에서 많이 활용되고 있는 웹 시스템으로서 구축함으로써 다양한 계층의 접속자 즉, 현장지원 중 접속하는 사용자나 및 관리자의 역할을 위해 접속하는 사용자를 다양하게 만족하게 할 수 있다는 점이다. C/S 시스템이 아니기 때문에, 네트워크가 가능하며 웹 브라우저가 설치된 환경에서는 어디서나 접근

할 수 있는 홍수 시뮬레이션 및 분석 시스템을 활용할 수 있다는 장점이 있다.

마지막으로는 기존 홍수 모델링 방법에서 출력되는 원시데이터를 통해 홍수와 관련된 다양한 기능을 구현함으로써 새로운 분석 도구를 개발 가능하다는 측면의 가치를 보여주고 있다. 3차원이 가지고 있는 몇 가지 장점 중에 현실 세계를 그대로 보여 준다는 점과 직관적인 분석이 가능하다는 점에 있어서 그 의미를 유추할 수 있다. 즉, 홍수 시뮬레이션을 통해 예상 가능한 범위의 피해를 직관적으로 알 수 있고, 이를 통해 건물의 피해 상황을 정량적인 수치 자료로 추출하여 활용 가능하다는 점이다. 또한, 누적되는 피해 정보를 확보함으로써 신속한 의사결정에 근거자료로 활용할 수 있고, 국민의 경우 직접적인 피해를 받지 않아 장기적으로는 국민 행복을 추구할 수 있다. 그뿐만 아니라, 홍수 범람 피해를 모델링 가능한 모듈과 본 연구에서 개발된 시스템을 연동 할 수 있도록 하는 추가적인 에이전트를 개발한다면 홍수모델링과 재난관리시스템을 별개로 활용하는 불편한 기존 방법을 활용하지 않아도 된다는 장점이 있다. 즉, 재난 관리자는 통합 재난 관리 웹 시스템을 통해, 모델링 전용 프로그램을 활용하지 않더라도 강수량과 유속 등을 입력하였을 때 실시간 홍수를 예측한 정보의 출력물을 바로 3차원 웹 시스템에서 중첩하여 볼 수 있다. 따라서 재난과 관련된 동일 정보를 다른 위치에서 접근하는 재난 관리자에게 동시에 제공함으로써 즉각적인 재난 대처가 가능하다.

결론

본 논문에서는 홍수와 관련된 원시데이터를 Unity 3D 엔진 상에서 활용할 수 있도록 가공하여 효과적인 3차원 시뮬레이션을 통해 직관적인 정보를 전달하고자 하였다. 지리정보 측면에서의 3차원은 기존 각종 정보를 효과적으로 보여줄 수 있다는 2D GIS의 이점뿐 아니라 한 차원을 더 활용하여 높이의 고저 차 혹은 지형과 시설물에 대한 높이 등을 좀 더 사실적으로

보여줄 수 있다는 장점이 있다. 따라서 단순 표출 및 분석에 대한 한계를 벗어나서 효율적이고 유의미한 다양한 정보제공이 가능하도록 효과적인 시각의 측면과 누적정보 간에 GIS를 활용하여 새로 획득 가능한 자료를 제시하고자 하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법은 피해예측, 범위 및 시간별 상황을 좀 더 면밀하게 제공할 수 있어 실시간 재해 예방 컨트롤 타워의 역할이 가능한 시스템으로서 구축 가능할 것이다. 향후 후속연구에서는 시설물의 높이가 포함된 홍수의 단면 등을 추가적으로 확보 가능한 시스템으로 구축하여, 더욱 더 유의미한 시스템으로서 구축될 수 있는 연구가 필요할 것으로 보인다. 또한, 3차원을 구동하는 것이 브라우저의 자체 메모리 허용량을 초과할 때는 시스템 구동에 무리가 있을 수 있으므로 이를 해결할 수 있는 병렬처리 등의 방법이 필요할 것으로 보인다. 또한 기존 홍수 모델링 모듈과 본 연구에서 개발된 시스템을 자동으로 연결하는 에이전트의 개발을 통해 선진화된 홍수 재난 관리를 가능하도록 해야 할 것이다. **KAGIS**

REFERENCES

- Choi, H.W., S.M. Kang, K.J. Kim, D.Y. Kim, and Y.J. Choung. 2015. Development of the visualization prototype of radar rainfall data using the unity 3D engine. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 18(4): 131-144. (최형욱, 강수명, 김경준, 김동영, 정운재. 2015. Unity 3D 엔진을 활용한 강우레이더 자료 시각화 프로토타입 개발. *한국지리정보학회지* 18(4):131-144).
- Gang, S.M., D.R. Kim, Y.J. Choung, J.S. Park, J.M. Kim, and M.H. Jo. 2016a. A plan for a prompt disaster response system using a 3D disaster management system based on high-capacity geographic and disaster information. *Journal of the*

- Korean Association of Geographic Information Studies 19(1):180-196 (강수명, 김도령, 정윤재, 박주성, 김진만, 조명희, 2016a. 고용량 지리정보 및 재난 정보 기반 3차원 재난 관리 시스템을 활용한 신속한 재난 대응 체계 방안 제시. 한국지리정보학회지 19(1):180-196).
- Gang, S.M., H.W. Choi, D.R. Kim, and Y.J. Choung. 2016b. A study on the construction of the unity 3D engine based on the webGIS system for the hydrological and water hazard information display. 12th International Conference on Hydroinformatics, Procedia Engineering 154:138-145.
- Gang, S.M., S.J. Kwon, D.H. Shin, K.S. Suh, Y.J. Choung, and H.C. Park. 2016c. Construction of 3D GIS for the efficient expression of facility risk and flood data in flood disaster. 2016 Asia Conference on Remote Sensing(ACRS).
- Kim, D.R., S.M. Gang, D.H. Ryu, J.S. Park, and M.H. Jo. 2016a. A plan to provide effective risk map information by linking a 3D disaster information display system with an on-site assistance application. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 19(1):141-153 (김도령, 강수명, 류동하, 박주성, 조명희. 2016a. 3D 재해 정보 표출시스템과 현장 지원APP간의 연계를 통한 효과적인 Risk Map 정보제공 방안. 한국지리정보학회지 19(1):141-153).
- Kim, D.R., S.M. Gang, Y.J. Choung, J.M. Kim, and H.C. Park. 2016b. Development of an automatic generation system for digital elevation models using a two-dimensional digital map. Proceeding of the Fall conference of the Korean Association of Geographic Information Studies. pp. 54-55. (김도령, 강수명, 정윤재, 김진만, 박현철. 2016b. 3차원 GIS 툴킷을 활용한 효과적인 재난대응 3D WebGIS 구축 및 API 연계방안 제시. 한국지리정보학회 추계 학술발표대회 논문집. pp.54-55).
- Kim, H.K., J.H. Kim, Y.A. Gang, S.C. Shin, I.K. Kim, and S.H. Han. 2013a. Collaborative visualization of warfare simulation using a commercial game engine. Journal of the Korea Society for Simulation 22(4):57-66 (김형기, 김정훈, 강운아, 신수철, 김임규, 한순홍. 2013. 상업용 게임 엔진을 활용한 전투 시뮬레이션 결과의 협업 가시화. 한국시뮬레이션학회논문지 22(4):57-66).
- Kim H.K., S.C. Shin, and S.H. Han. 2013b. An unity3D visualization of warfare simulation on a multi-channer display facility. The Proceeding of the Conference of the Korea Society for Simulation pp.192-194 (김형기, 신수철, 한순홍. 2013b. 멀티채널 환경에서 Unity3D를 활용한 전투 시뮬레이션 가시화 프로그램. 한국시뮬레이션학회 학술대회 논문집 pp.192-194).
- Kim, J.H., S.M. Gang, J.M. Kim, and S.H. Jang. 2015. A study on measures for constructing game engine-based 3D web GIS display system. 2015 Asia Conference on Remote Sensing(ACRS).
- Lee, G.S. and I.Y. Jeong. 2008. Development of 3D GIS system for the visualization of flood inundation area. Journal of the Korean Society of Civil Engineers 28(5D):749-757 (이근상, 정일영. 2008. 홍수범람지역 가시화를 위한 3차원 GIS 시스템 개발. 한국토목학회 논문집 28(5D):749-757).
- Lee, S.H., D.S. Kim, J.M. Kim, and B.S. Kim. 2016. Development of distributed inundation routing method using SIMOD method.

- Journal of Korea Water Resource Association 49(7):579-588 (이석호, 이동섭, 김진만, 김병식. 2016. SIMOD 기법을 이용한 분포형 침수 추적 기법 개발. 한국수자원 학회지 49(7):579-588).
- Song, Y.S., P.S. Lee, Y. Yeu, and G.H. Kim. 2012. Flood risk mapping using 3D virtual reality based on geo-spatial information. Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information Science 20(4):97-104 (송영선, 이필석, 유연, 김기홍. 2012. 공간정보기반 3차원 가상현실을 이용한 홍수위험지도 제작. 한국지형공간정보학회지 20(4):97-104.)
- Yoon, S.H. 2014. A study on analysis and availability of unity 3D engine. Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 22(1):323-326 (윤석현. 2014. Unity 엔진의 분석 및 유용성에 대한 검토. 한국컴퓨터정보학회 학술발표논문집 22(1):323-326). **KAGIS**