

동적 홍수 정보를 활용한 대피로선정시스템*

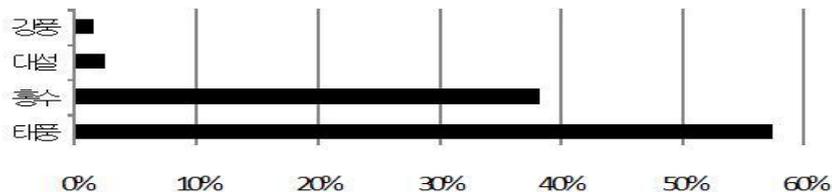
최걸기, 정근채**

홍수에 의한 피해는 해를 거듭할수록 크게 증가하고 있다. 이러한 피해를 줄이기 위해 정부에서는 다양한 대비책을 제시하고 있으며, 그 중 인적피해를 방지할 수 있는 대비책 중 하나가 대피로이다. 그러나 현재의 대피로 선정방법은 홍수 시 발생할 수 있는 지형의 변화나 홍수위의 변화에 따른 예상 침수지역 정보 등을 반영하고 있지 않아, 자칫 주민들에게 안전하지 못한 대피로를 제시할 위험이 존재한다. 이러한 위험성을 극복하기 위해, 본 연구에서 제안하는 대피로선정시스템은 동적 홍수 정보를 활용하여 위험침수지역을 정의함으로써 보다 안전성이 뛰어난 대피로를 제시한다. 홍수피해 지역의 주민들은 제안된 대피로선정시스템이 추천한 대피로를 이용함으로써 보다 안전하게 대피할 수 있으며 궁극적으로는 홍수로 인한 인명피해를 경감할 수 있을 것이라 기대한다.

주제어: 의사결정지원시스템, 홍수, 대피로, 안전, 재해저감

I. 서론

2000년부터 2009년까지 지난 10년간의 재해현황을 살펴보면, <그림 1>에 나타나 있는 바와 같이 자연재해로 인해 총 719명의 사망자가 발생하였다(중앙재난안전대책본부, 2010). 이 중 약 38%에 해당하는 276명의 사망자는 홍수(호우)로 인해 발생하였을 만큼 홍수로 인한 인명피해는 매우 심각한 형편이다. 이에 국가적인 차원에서 다양한 홍수해 대비책을 제시하고 있으며, 그 중 대표적인 인명피해 저감정책이 바로 대피로 제시이다.

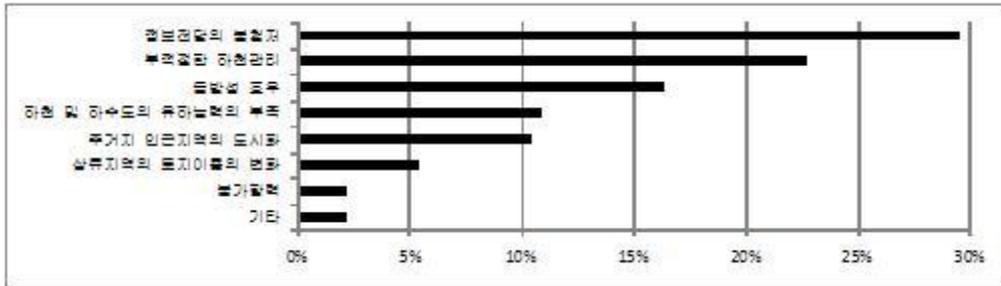


<그림 1> 2000년 ~ 2009년 자연재해 원인별 사망자 비율

* 이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

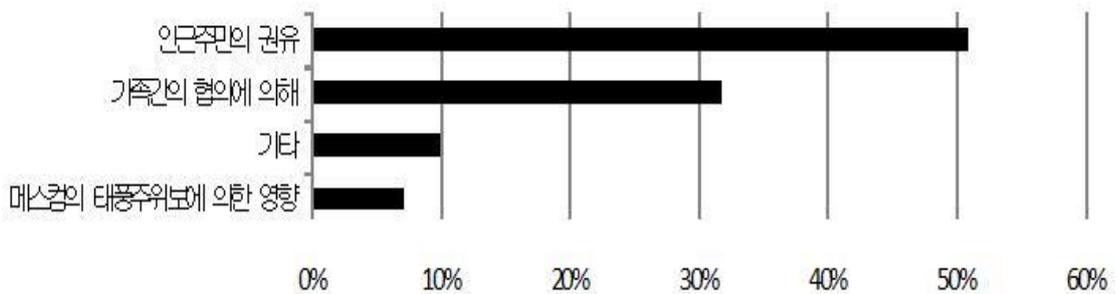
** 교신저자.

<그림 2>는 홍수에 따른 피해지역 주민을 대상으로 수해위기에 대한 의식조사 결과를 보여주고 있다(이영우 등, 2003). 홍수 피해지역 주민의 홍수에 대한 피해인식을 원인별로 살펴보면, 홍수해에 대한 정확한 정보가 제공되지 못해 피해가 발생했다는 답변이 전체의 30%를 차지하고 있다. 즉, 피해지역 주민들은 홍수 피해의 발생 원인이 부적절한 하천관리와 같은 하드웨어적 요인보다 정보전달의 부적절성과 같은 소프트웨어적인 원인에 기인한다고 인식하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 홍수로 인한 피해를 경감시키기 위해서는, 정확한 정보전달이 매우 중요하다 할 수 있다.



<그림 2> 홍수 피해에 대한 피해원인 인식 조사결과

또한 <그림 3>은 대피 의사결정에 영향을 미치는 요인에 대하여 조사한 결과이다(이영우 등, 2003). <그림 3>을 보면 설문자의 83%는 가족이나 인근 주민의 권유 등 비전문가로부터 얻은 정보를 바탕으로 대피여부를 결정한다는 사실을 알 수 있다. 이는 외부로부터의 불충분한 정보제공으로 인해 피해지역의 주민들은 지인이나 본인들의 과거 경험을 토대로 대피여부를 결정하고 있음을 알 수 있다. 이런 불확실한 정보의 활용은 실질적으로 홍수해 피해의 큰 원인의 하나가 되고 있다.



<그림 3> 대피 의사결정에 영향을 미치는 요인 조사결과

앞서 언급한 바와 같이 홍수로 인한 인명피해 경감대책의 하나로 정부는 대피로를 제시하고 있다. 대피로는 홍수가 발생하여 침수지역이 발생하게 되면 침수지역 주민들이 인근 대피소로 대피하기 위해 이

용된다. 그러나 현재의 대피로는 단순히 지도상에서 대피소까지의 최단거리를 기준으로 사전에 선정되어 시민들에게 제시되고 있는 상황이다. 이와 같이 정적인 정보만을 이용하여 사전에 지정된 대피로를 이용하는 경우, 대피로 주변에 동적인 상황변화가 발생하여 갑작스럽게 물이 불어나거나 지류가 변하게 되면, 대피로를 통해 대피하던 주민들의 안전이 위협받는 상황이 발생할 수 있다. 즉, 정적인 정보를 이용하여 사전에 미리 지정해 놓은 대피로를 무조건적으로 신뢰할 수는 없는 상황이 발생한다.

앞서 홍수 피해 주민에 대한 조사결과에서 나타난 바와 같이 부정확한 정보의 제공 및 이용은 오히려 홍수로 인한 인명피해를 증폭시키는 원인이 될 수 있다. 인명피해를 경감시킬 수 있는 신뢰성 있는 대피로를 제시하기 위해서는, 강수량, 강수로 인한 수심과 유속의 변화, 또한 이로 인한 하천지형의 변화 등 다양한 동적 홍수 정보를 활용해야 한다. 즉, 동적 정보를 활용한 새로운 대피로 제공 체계가 제시되어야 하는 것이다.

그러나 대피로 선정과 관련된 기존 연구들은 댐 붕괴 시 도심지 밖 안정지대로의 대피에 소요되는 시간을 추정한 연구를 제외하고는 거의 찾아볼 수 없으며, 관련 연구들도 범람지역 지형변화 예측, 범람지역 수위 예측, 적정피난수심 산정 등 단편적 측면의 분석에 초점을 두고 있어, 여러 동적인 정보를 종합적으로 활용하여 적용해야 하는 대피로 선정문제에 대한 실용적인 해답을 주고 있지는 못한 형편이다(양인태 외, 2001). 본 연구에서는 범람지역 지형변화 예측, 범람지역 수위 예측, 적정피난수심 산정 등 단편적 요인에 대한 기존 연구내용을 종합화하여 홍수발생 시 보다 안전한 대피로 선정을 도울 수 있는 정보시스템을 제안함을 목표로 한다. 자연재해의 발생은 인간의 힘으로는 어쩔 수 없는 일이지만, 지속적인 연구를 통해 재해에 대비하고 피해를 경감시키는 것은 가능하다. 본 연구도 이러한 노력의 일환으로 진행되는 것이며, 본 연구의 성과를 통해 홍수해 발생 시 인명피해를 최소화할 수 있을 것이다.

본 연구의 방법은 <그림 4>와 같다. 먼저 대피로 선정과 관련된 기존 연구문헌에 대한 조사·분석을 수행하고, 이를 바탕으로 대피로를 선정하기 위한 정보시스템을 설계한다. 여기에서 설계라 함은 정보시스템을 구현하기 위한 대피로 선정 프로세스와 이의 수행을 위해 필요한 데이터베이스를 정의하는 것을 의미한다. 이후 정의된 프로세스와 데이터베이스를 바탕으로 대피로선정시스템에 대한 프로토타입 시스템을 개발하고, 특정 지역의 홍수 시나리오에 대해 프로토타입 시스템을 적용해 봄으로써 본 연구에서 제안하고 있는 대피로선정시스템에 대한 타당성을 검증한다.



<그림 4> 연구 방법

II. 대피로선정시스템 설계

본 연구에서 다루고 있는 대피로선정시스템이란 동적 홍수 정보를 활용하여 특정 위험지역에서 인근의 안전한 대피소로 대피하기 위한 경로를 선정하여 제공하는 정보시스템으로 정의할 수 있다. 이 시스템의 개발을 위해서는 동적 홍수 정보를 이용하여 홍수에 대한 해석을 수행하고 이를 바탕으로 안전한 대피로를 선정하는 일련의 프로세스를 정의하고, 이 프로세스의 수행을 위해 필요한 자료와 정보를 관리하기 위한 데이터베이스를 정의하는 과정이 필요하다. 본 절에서는 대피로선정시스템 구축을 위해 필요한 프로세스와 데이터베이스에 대한 정의를 수행한다. 이를 위해, 우선 다음 절에서는 본 연구에서 제안하고 있는 대피로선정시스템에서 활용할 수 있는 연구내용을 중심으로 기존의 홍수 해석 및 대응 관련 연구를 간략하게 살펴본다.

1. 기존 연구 분석

동적 정보를 활용한 대피로선정시스템에서 활용할 수 있는 연구는 크게 세 가지 분야로 구분할 수 있다: 1) 범람지역 지형변화 예측, 2) 범람지역 수심 및 유속 예측, 3) 안전피난수심 및 유속 산정. 먼저 첫 번째 분야인 범람지역 지형변화 예측에 대한 연구는 다음과 같다. 강상혁·최종인(2004)은 GIS(Geographic Information System) 자료와 하천의 흐름에 따른 유사의 이동을 고려하여 하상지형의 변동을 예측할 수 있는 시스템을 개발하였다. 전계원 등(2005)은 HEC-HMS 모형과 HEC-GeoHMS 모형을 이용한 홍수유출량 산정과 HEC-RAS 모형을 이용한 외수위 변동해석을 통해 침수구역의 수리특성과 하상변동, 유사분포 등을 예측하였다.

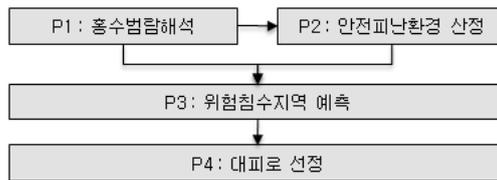
두 번째 분야인 범람지역 수위 및 유속 예측에 대한 연구는 다음과 같다. 윤광석과 여규동(2005)은 제방이 붕괴되는 과정에서 홍수류가 제내지로 어떠한 양상으로 유입되는지를 분석하기 위한 제내지 범람 예측 방법론을 제안하였다. 또한 이 방법론을 활용하여 홍수터에서의 홍수와 유속, 최대수심, 수면곡선의 관계를 분석하였다. 또한 윤희천 외(2003)는 피해 예상지역의 하천정보와 토양정보를 고려한 가상 홍수시나리오를 통해 홍수 발생 시 유량과 범람지역의 수위를 계산하였다. 전민우 외(2005)는 하천에 대한 홍수류 해석은 Preissmann 기법을 적용하고, 제내지에서의 범람해석을 위해서는 2차원 모형을 적용하여, 제내지에서의 수위 상승에 따른 하천으로부터의 월류량을 계산하고, 이를 바탕으로 제내지에서의 유속분포와 범람수심을 예측하였다.

마지막으로 세 번째 안전피난수심 및 유속 산정 분야의 연구로는 이영우 외(2003)의 연구결과를 활용할 수 있다. 이영우 외(2003)는 실제 수리 실험을 통해 범람지역의 유속 및 수심과 보행자의 보행속도간의 상관관계를 분석하고 이에 따라 안전하게 피난이 가능한 유속 및 수심을 제시하였다. 즉, 일반적인 성인 남성의 경우 수심이 55cm 이상이고 유속이 0.9m/s만 되어도 보행이 불가능하다는 사실을

밝혀냈다. 다음 절에서는 위에서 언급한 각 분야의 연구결과를 종합하여 동적 정보를 활용한 안전한 대피로를 선정하기 위한 프로세스를 서술한다.

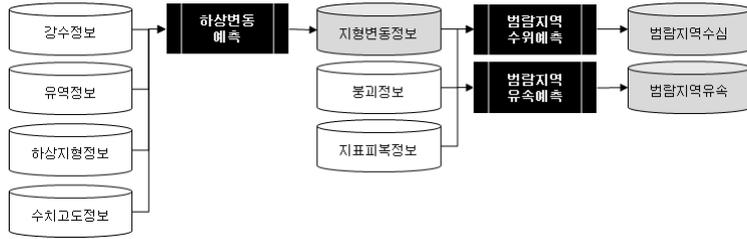
2. 대피로 선정 프로세스 정의

홍수해대피로선정 프로세스는 <그림 5>와 같이 홍수범람해석, 안전피난환경 산정, 위험침수지역 예측, 대피로 선정의 4개 하위 프로세스로 세분화할 수 있다. 첫 번째 단계로 홍수범람해석 프로세스에서는 강수정보와 하상지형정보 등을 이용하여 강수로 인해 하상지형이 어떻게 변동되었는가를 예측한 후, 범람지역의 지형변동정보와 홍수정보를 이용하여 홍수범람해석을 수행하고 이를 바탕으로 범람지역의 유속과 수위를 추정한다. 두 번째 단계로 안전피난환경 산정 프로세스에서는 재해지역의 대피대상 주민정보를 바탕으로 안전한 피난이 가능한 수심과 유속을 결정한다. 세 번째 단계로 위험침수지역 예측 프로세스에서는 적정피난환경과 범람지역의 수심 및 유속을 바탕으로 도보로 이동시 위험한 지역을 예측하여 위험침수지역으로 판정한다. 마지막으로 대피로선정 프로세스에서는 위험침수지역 정보를 활용하여 안전한 대피로를 선정한다.



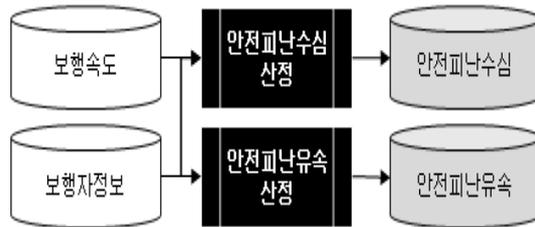
<그림 5> 홍수해 대피로 선정 프로세스 요약

<그림 6>은 P1 : 홍수범람해석 프로세스에 대한 데이터흐름도(Data Flow Diagram; DFD)를 이용하여, 하상변동예측 후 홍수범람해석을 수행하는 과정을 입·출력정보와 함께 도식화한 그림이다. 하상변동예측 프로세스에서는 강수정보, 유역정보, 하상지형정보, 수치고도정보를 이용하여 상류층으로부터 내려오는 유사 등 퇴적물에 의한 하천의 지류변화를 예측한 후 이로부터 지형변동정보를 얻는다(최종인 외, 2004; 전계원 외, 2005). 여기서 얻어진 지류변화 등 지형변동 정보는 동적 홍수범람해석을 위한 중요한 입력정보로 활용된다. 홍수범람해석에서는 하상변동예측 프로세스의 출력정보인 지형변동정보와 강수정보, 유역정보, 제방 등의 붕괴정보, 수치고도정보 및 지표피복정보를 활용하여 범람지역에 대한 수심과 유속을 예측한다(윤광석·여규동, 2005; 전계원 외, 2005; 윤희천 외, 2003; 한건연 외, 2008). 여기서 얻어진 범람지역에 대한 수심과 유속은 위험침수지역을 정의하는데 활용된다.



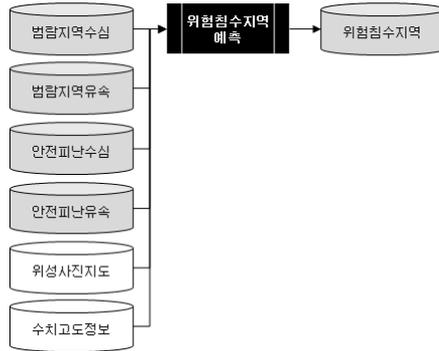
<그림 6> P1 : 홍수범람해석 프로세스

<그림 7>에 나타나 있는 P2 : 안전피난환경 산정 프로세스에서는 보행속도와 보행자정보 등의 정보를 실험을 통해 얻어진 범람지역에서의 보행속도, 수심, 유속 간의 상호 관계식에 적용하여 주민이 보행을 통해 안전하게 피난할 수 있는 수심과 유속을 산정한다. 이영우 외(2003)의 실험에 따르면 성인 남성이라 하더라도 수심이 55cm 이상이고 유속이 0.9m/s만 되어도 보행이 불가능하다. 이와 같이 P2 프로세스는 범람지역에서 수심과 유속이 어느 정도일 때 보행을 통해 안전한 대피가 가능한 것인가를 판정하기 위한 가이드라인을 제시하는 역할을 수행한다. 따라서 이 프로세스의 출력정보인 안전피난수심과 유속은 이후 위험침수지역을 판정하는데 있어서 가장 중요한 입력정보로 활용된다.



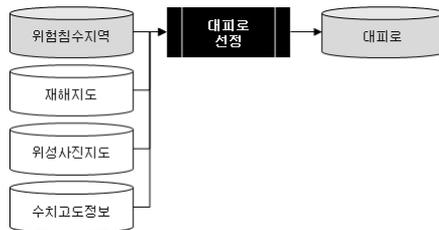
<그림 7> P2 : 적정피난환경 산정 프로세스

<그림 8>은 P3 : 위험침수지역 예측 프로세스를 보여주고 있다. P3에서는 위성사진과 수치고도정보를 조합한 위성사진 중첩 수치고도지도를 바탕으로 범람지역의 수심 및 유속에 안전피난 수심 및 유속을 대비하여 분석함으로써 위험침수지역을 결정한다. 본 연구에서 제안하고 있는 대피로선정시스템에서는 침수지역에 대해 안전피난 수심 및 유속보다 깊은 수심 및 빠른 유속을 갖는 지역을 위험침수지역으로 구분하여 지도상에 표시한다. 안전 피난 수심과 유속은 상호 보완적인 성격이 있어 수심이 깊으면 느린 유속을 가진 지역이라도 위험침수지역으로 정의되며, 반대로 수심이 낮더라도 유속이 빠르면 역시 위험침수지역으로 정의된다.



<그림 8> P3 : 위험침수지역 예측 프로세스

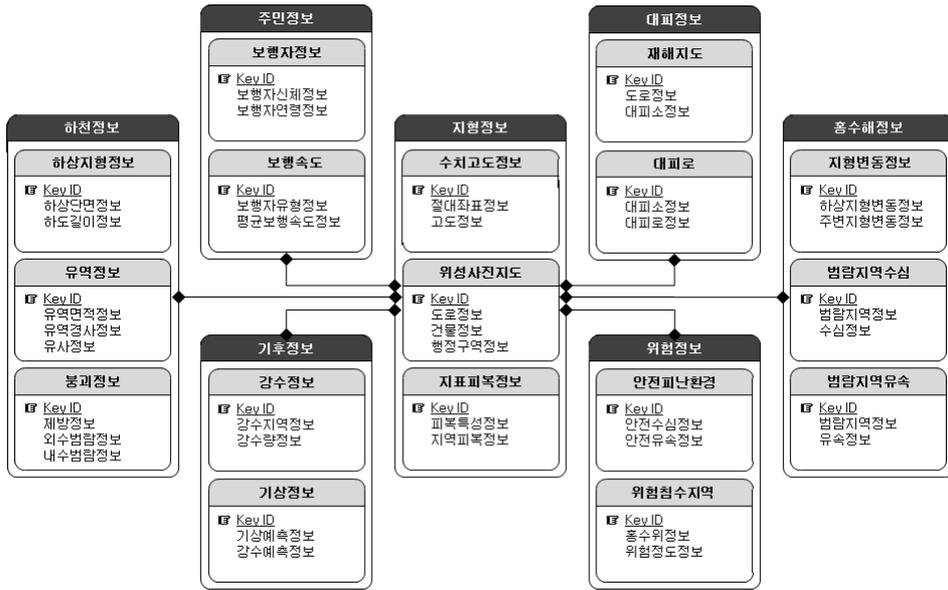
<그림 9>는 P4 : 대피로 선정 프로세스의 세부절차를 도식화한 그림이다. P3로부터 얻은 위험침수 지역을 표시한 위성사진 중첩 수치고도지도에 대피소 및 대피로 정보가 저장되어 있는 재해지도를 중첩시킨 후, 가용한 대피로 중 위험침수지역과 중첩되지 않는 안전한 대피로를 선정한다. 만약 안전한 대피로가 복수로 존재한다면, 그 중 거리가 가장 짧은 대피로를 선정한다.



<그림 9> P4 : 대피로 선정 프로세스

3. 데이터베이스 정의

본 절에서는 앞서 정의된 P1 ~ P4 프로세스의 구동을 위해 필요한 입출력 정보들을 구조화하여 구성된 데이터베이스에 대해 서술한다. <그림 10>은 대피로 선정시스템 구축을 위해 필요한 데이터 상호간의 관계를 나타내는 개체관계도(Entity Relationship Diagram; ERD)를 보여주고 있다. 데이터베이스는 크게 지형정보를 중심으로 하천정보, 기후정보, 홍수해정보, 주민정보, 위험정보, 대피정보로 구성된다.



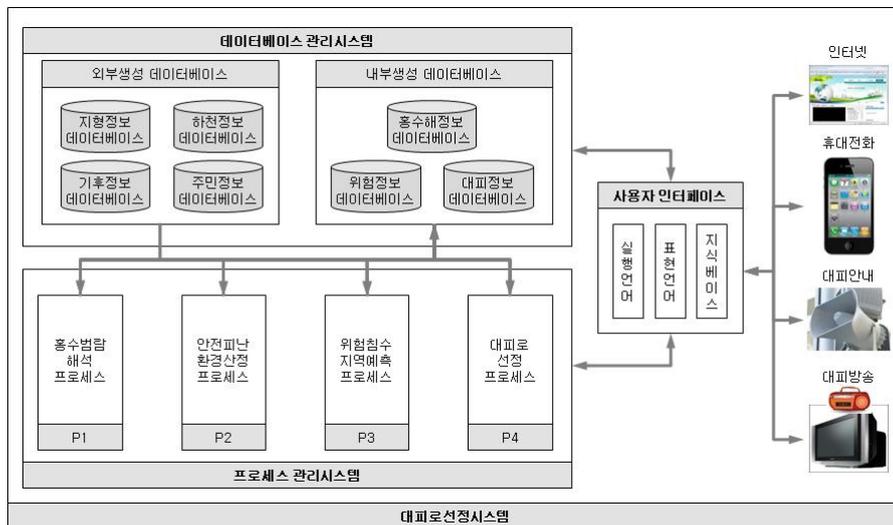
〈그림 10〉 대피로선정시스템 구축을 위한 데이터베이스

지형정보 데이터베이스는 위성사진지도, 수치고도지도, 지표피복정보로 구성되어 있으며, 홍수해 해석 및 대피로 선정을 위해 필수적인 도로, 건물, 고도 등의 지형정보를 제공한다. 하천정보 데이터베이스는 하상지형정보, 유역정보, 붕괴정보로 구성되어 있으며, 홍수 시 하천의 범람을 추정하기 위해 필요한 하상 및 유역 등의 지형정보 및 과거 범람이력정보를 포함한다. 기후정보 데이터베이스는 강수정보와 기상정보로 구성되어 있으며, 강수량에 대한 정보와 기상 및 강수에 대한 예측정보를 포함한다. 홍수해정보 데이터베이스는 지형변동정보, 범람지역수위, 범람지역유속에 대한 정보를 저장하고 있으며, 이 들 정보는 지형정보와, 하천정보, 기후정보를 바탕으로 한 홍수해석의 결과로 도출된 지형의 변동정보 및 범람지역의 수심과 유속에 대한 정보를 포함한다. 주민정보는 보행자정보와 보행속도로 구성되며, 이들 정보는 안전하게 보행이 가능한 수심과 유속의 한계치인 안전피난수심과 유속의 추정을 위해 이용된다. 위험정보는 안전피난수심과 위험침수지역으로 구성되어 있으며, 주민들의 안전피난환경 정보를 제공함으로써 위험한 침수지역을 정의하고 이를 바탕으로 대피로 선정을 가능하게 한다. 마지막으로 대피정보는 재해지도와 대피로로 구성되며, 대피로선정시스템의 최종 결과물로 제시되는 대피소 및 대피소로 접근하기 위한 대피로 정보를 제공한다.

III. 프로토타입 시스템 개발 및 사례분석

1. 프로토타입 시스템 개발

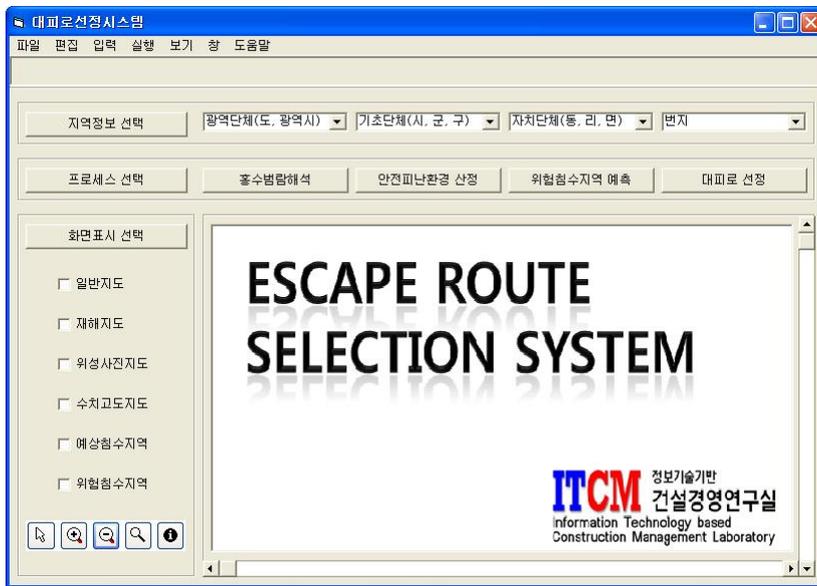
본 절에서는 앞서 설계된 대피로 선정 프로세스와 이의 운영을 위한 데이터베이스를 토대로 개발된 프로토타입 시스템을 소개한다. <그림 11>은 개발된 시스템의 전체적인 구성을 서술하고 있는 개념도를 보여 주고 있다. 본 시스템은 크게 데이터베이스 관리시스템, 프로세스 관리시스템, 사용자 인터페이스로 구성되어 있다. 데이터베이스 관리시스템은 주로 외부에서 생성되어 대피로선정시스템에서 활용되는 외부생성 데이터베이스와 시스템에서 프로세스의 구동을 통해 자체적으로 생성되는 내부생성 데이터베이스를 저장 및 관리한다. 프로세스 관리시스템은 기본적으로 대피로선정시스템에서 필요로 하는 4개의 프로세스를 저장 및 관리하며, 데이터베이스 관리시스템과 연계하여 프로세스 구동을 위한 입력정보를 받아들이고 프로세스로부터 생성되는 정보를 데이터베이스로 출력한다. 사용자 인터페이스는 사용자의 명령을 받아들여 시스템에 요청하는 실행언어, 시스템의 출력정보를 사용자에게 보여주기 위한 표현언어 및 시스템의 사용법을 안내하기 위한 지식베이스로 구성되어 있다. 대피로선정시스템은 이와 같은 데이터베이스 관리시스템, 프로세스 관리시스템, 사용자 인터페이스의 협업을 통해 사용자에게 필요한 시점에 필요한 정보를 가장 적합한 형태로 제공하는 역할을 수행한다. 즉, 대피로 정보는 사용자의 위치에 따라 인터넷, 휴대전화, 확성기를 통한 대피안내, 방송매체를 통한 대피방송 등 다양한 매체를 통해 전파될 수 있다.



<그림 11> 대피로선정시스템 개념도

<그림 12>는 개발된 대피로선정 프로토타입 시스템의 메인 화면을 보여주고 있다. 화면 상단부에는 입출력 데이터의 관리를 할 수 있는 주 메뉴가 배치되어 있어, 이를 통해 정보입력, 파일관리, 프로세스 실행 및 결과 보기, 도움말 등의 기능을 수행한다. 주 메뉴 바로 아래에는 메뉴 중 자주 쓰이는 명령들을 바로 실행할 수 있는 버튼을 제공하는 도구창이 위치하고 있다. 다음으로는 사용자가 대

피로를 확인하고 싶은 지역을 광역단체, 기초단체, 자치단체 및 번지로 선택할 수 있는 스크롤바가 배치되어 있다. 지역정보 선택 창 바로 아래에는 프로세스 선택 명령버튼이 위치하고 있으며, 홍수범람 해석, 안전피난환경 산정, 위협침수지역 예측 및 대피로 선정 명령을 지시할 수 있다. 왼쪽 아래 창은 화면표시 선택 창으로 사용자가 원하는 정보를 체크하면 프로세스 수행 결과 화면에 해당 정보가 중첩되어 나타난다. 또한 마지막으로 오른쪽의 메인화면은 프로세스의 수행 결과를 보여 주는 창으로, 화면표시 선택 창 아래에 위치한 돋보기 아이콘을 이용하여 필요에 따라 결과 화면을 확대·축소하면서 볼 수 있다. 본 시스템은 어린아이부터 노인까지 연령 및 컴퓨터의 활용도에 구애받지 않고 쉽게 접근할 수 있도록 마우스 클릭만으로 화면이 출력 될 수 있는 그래픽 사용자 인터페이스 개념으로 설계하였다.



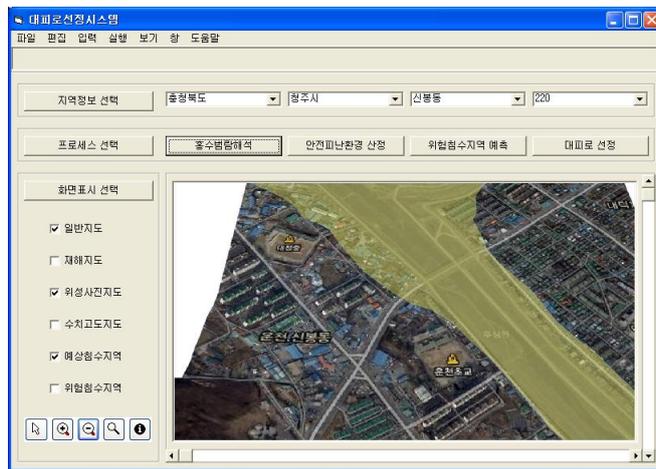
<그림 12> 대피로선정을 위한 프로토타입 시스템 메인 화면

2. 프로토타입 시스템을 이용한 사례분석

본 연구에서는 제안하는 의사결정지원시스템의 유용성을 살펴보기 위해, 충청북도 청주시에 있는 산봉 사전대피소 주변의 홍수 상황에 대한 가상시나리오를 프로토타입 시스템에 적용해보았다. 가상시나리오에서는 무심천 주변의 집중호우로 인해 주변 저지대 지역 일부가 침수되는 상황을 가정하였다. 가상시나리오의 적용은 크게 네 단계의 과정으로 구분할 수 있다. 첫 번째 단계에서는 앞서 대피로 선정 프로세스에서 정의한 바와 같이 P1 : 홍수범람해석 프로세스가 실행되어 하상지형 변동을 예측하고 이를 바탕으로 한 홍수범람해석을 통해 침수지역의 수심 및 유속을 예측한다. 두 번째 단계에서는 P2 : 안전피난환경 산정 프로세스가 실행되어 해당 지역 주민정보를 바탕으로 한 적정피난 수심

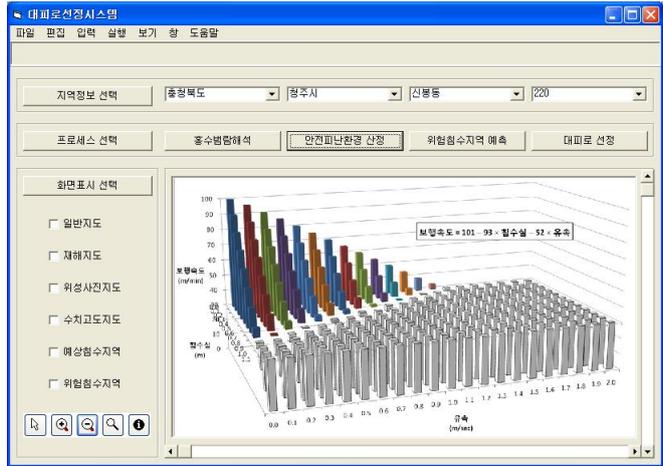
및 유속이 추정된다. 세 번째 단계에서는 P3 : 위험침수지역 예측 프로세스가 실행되어 침수 지역 중 안전피난 수심 및 유속의 조합을 이용하여 수심이 깊거나 유속이 빠른 지역을 위험침수지역으로 정의한다. 마지막으로 네 번째 단계에서는 P4 : 대피로 선정 프로세스가 실행되어 안전한 대피로를 추천한다. 아래에서는 가상시나리오 적용을 네 단계로 구분하여 대피로 선정과정을 예시한다.

첫 번째 단계에서는 P1 프로세스가 수행된다. 하상변동예측 프로세스에서는 청주시 신봉동 무심천 주변지역의 강수, 유역, 하상지형, 수치고도 등의 정보를 활용하여 하상변동을 예측하고, 홍수범람예측 프로세스에서는 이 들 정보에 하상변동 정보와 붕괴 및 지표피복 정보를 추가로 활용하여 하천에 대해 홍수로 인한 범람해석을 수행한다. 해석결과를 바탕으로 무심천 각 지점에서의 유출유량을 계산하고, 계산된 유출유량을 바탕으로 범람 시 예상수심 및 유속으로 변환하여 화면에 표시한다. P1 프로세스 수행의 결과로 얻어진 무심천 주변 범람지역은 일반지도와 위성사진지도 정보와 중첩되어 <그림 13>의 중앙에 음영으로 표시되어 나타나 있다.



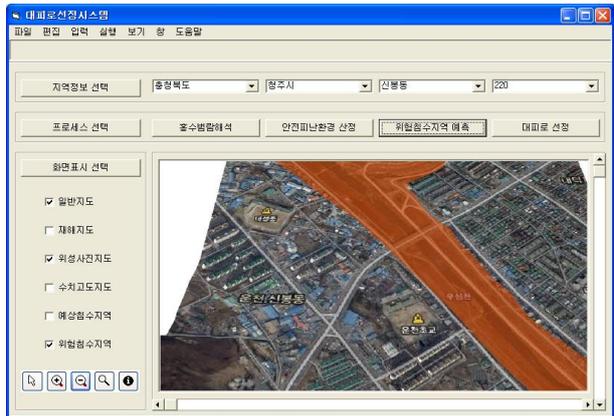
<그림 13> 홍수범람해석 결과 화면

두 번째 단계에서는 P2 프로세스가 수행된다. P2 프로세스에서는 대피로 정보를 요청한 사용자의 신체, 성별 및 연령 정보 등을 입력받아 안전피난수심과 유속을 산정하게 된다. <그림 14>는 보통 체격의 성인 남성에 대한 입력정보를 바탕으로 수심, 유속과 보행가능속도 세 변수 간의 관계를 보여주는 화면을 나타내고 있다. 그림에서는 보행속도를 30m/min으로 설정한 경우, 안전한 보행이 가능한 수심과 유속의 조합을 보여주고 있다. 그림에 나타나 있는 바와 같이 안전한 보행을 위해서는 수심이 증가하면 유속이 감소해야 하며, 유속이 증가하면 수심이 감소해야 한다. 프로토타입 시스템에서는 안전한 보행이 가능한, 즉, 안전한 보행이 가능한 속도가 30m/min 이상인 수심과 유속의 조합(그림에서 막대그래프가 위로 올라가 있는 조합)을 안전피난환경으로 정의한다.



<그림 14> 적정피난환경 산정 결과 화면

세 번째 단계에서는 P3 프로세스가 수행된다. <그림 15>는 P3 프로세스의 결과 화면을 보여주고 있다. 예측되는 범람지역 중에서 P2 단계에서 산정한 안전피난환경, 즉, 안전한 수심과 유속의 조합으로 정의된 지역을 제외한 나머지 범람지역을 위험침수지역으로 전의한 후 음영으로 표시하고 있다. 즉, 음영으로 표시된 영역 안을 통과하는 대피로는 안전하지 않음을 나타내는 것이다. <그림 13>과 <그림 15>를 비교해 보면 전체 범람지역 중 수심이 깊고 유속이 빠른 중심부가 위험침수지역으로 예측됨을 알 수 있다.



<그림 15> 위험침수지역 예측 결과 화면

마지막으로 네 번째 단계에서는 P4 프로세스가 수행된다. <그림 16>은 재해지도에 예상침수지역과 위험침수지역을 중첩시켜 나타낸 화면으로 이용가능한 복수의 대피로가 표시되어 있다. 화면에 보이는 바와 같이 산봉사전대피소에서 대성중학교 대피소에 이르는 최단거리 대피로인 ①번 대피로는 위

험침수지역을 관통해야 하므로 사용할 수 없다. 반면 ②, ③, ④번 대피로는 위험침수지역을 관통하지 않은 채 대피로소 이동할 수 있다. 프로토타입 시스템에서는 이와 같이 위험침수지역을 관통하지 않는 ②, ③, ④번 대피로 중 대피소까지의 거리가 가장 짧은 ②번 대피로를 선정하여 사용자에게 추천한다. 사용자는 이 정보를 바탕으로 ②번 대피로를 이용하여 보행을 통해 안전하게 대성중학교 대피소로 이동할 수 있다.



<그림 16> 대피로 선정 결과 화면

IV. 결론

현재 중앙정부와 지방자치단체에서 제공하고 있는 대피로는 현재 시점의 홍수해 상황과 별개로 사전에 가정된 홍수해 상황을 바탕으로 안전하다고 판단된 경로이다. 그러나 <그림 16>의 결과에서 볼 수 있듯 이러한 대피로는 홍수해 발생 시 위험침수지역에 포함되어 안전하지 못할 수 있음을 알 수 있다. 본 연구에서 제안한 대피로선정시스템은 강수정보, 지형변동정보, 수심·유속 정보 등의 동적 홍수 정보를 활용하여 대피로를 선정함으로써 주민들에게 보다 안전한 대피로를 추천할 수 있다.

본 연구는 대피로선정시스템 개발의 출발점을 제시하는 연구이다. 향후 본 시스템이 실용화되기 위해서는 몇 가지 분야에서 지속적으로 연구가 수행되어야 한다. 첫째, 홍수 범람지역의 수심 및 유속에 예측할 수 있는 보다 정교한 모형이 개발되어야 한다. 둘째, 실험을 통해 보행자의 유형에 따른 안전 피난 수심 및 유속에 대한 정확한 추정이 수행되어야 한다. 셋째, 실환경에서 대피로선정시스템을 구축하고 운영하기 위해서는, 앞서 데이터베이스 정의에서 언급한 바와 같이 방대한 지역에 대한 홍수해 관련 정보가 축적되어야 한다. 이러한 추가 연구를 통해 현재 프로토타입 수준에 머물러 있는 본 시스템을 향후 실환경에서 구축하여 운영한다면, 홍수해로 인한 인명피해를 대폭적으로 경감시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

강상혁·최종인. 2004. GIS자료를 이용한 하천수위 예측시스템 구축. The Journal of GIS Association of Korea. 2(3): 229-237.

양인태·김옥남·김재철·박재국. 2001. GIS분석을 통한 홍수시의 대피예보를 위한 시간예측. 한국측량학회지. 19(3): 211-217.

윤광석·여규동. 2005. 제방붕괴에 의한 제내지에서의 범람홍수와 거동 실험. 한국수자원학회 2005학년도 학술발표회 논문집: 1021-1025.

윤희천·엄대용·이용욱·김정우. 2003. 가상 홍수 시나리오에 의한 홍수범람해석. 한국측량학회지. 21(2): 181-189.

이영우·김태수·하태우·강상혁·이상호. 2003. 침수지역 민의 피난행동의 평가와 적정피난수심의 유도에 관한 연구. 한국화재소방학회논문지. 17(4): 92-97.

전계원·안상진·연인성·최병만. 2005. 수치모형을 이용한 홍수범람지역의 수리특성 분석. 한국수자원학회 2005년도 학술발표회 논문집. 1154-1158.

전민우·한건연·최규현. 2005. 낙동강 제방 붕괴에 따른 범람홍수 해석. 한국수자원학회논문집. 38(4): 259-269.

한건연·안기홍·조완희·김동일. 2008. 2차원 비정형 격자기법을 통한 홍수위험지도의 개발. 한국수자원학회 2008년도 학술발표회 논문집: 357-361.

중앙재난안전대책본부. 2010. 재해연보 2009. 서울: 소방방재청.

崔杰起: 충북대학교 구조시스템공학과를 졸업하고, 동대학원 구조시스템공학과에서 전산유체역학 전공으로 석사 학위를 취득하였다. 현재는 해양시스템안전연구소 빙해수조 팀에서 극환경에 대한 안전성 검토 및 수치해석을 이용한 FSI(Fluid Structure Interaction) 분야에 대한 연구를 진행 중이다(gulgi@moeri.re.kr).

鄭根采: 고려대학교 산업공학과를 졸업하고, 한국과학기술원 산업공학과에서 석사와 박사학위를 취득한 후, LG-CNS Entruie 컨설팅에서 선임컨설턴트로 재직하였다. 제주대학교 경영정보학과 전임강사를 거쳐 현재는 충북대학교 토목공학부 교수로 재직중이다. IIE Transactions, IJPR, C&IE, 한국경영과학회지, IE Interface, ISR, IJMS, EJIT 등에 논문을 게재하였다. 최근에 중점을 두고 있는 연구 분야는 재해경제성평가, 의사결정지원시스템, 유비쿼터스건설 등이다(kcjeong@cbnu.ac.kr).

투 고 일: 2011년 03월 02일
수 정 일: 2011년 03월 22일
게재확정일: 2011년 03월 29일

An Escape Route Selection System based on the Dynamic Flood Information

Gul Gi Choi, Keun Chae Jeong

Damages from flood hazards have been gradually increasing during the last decades. For decreasing the damage, the government presents various precautions. One of the precautions to prevent human injuries is a escape route. The land lay and the level of floodwater can be changed by flood, however, the current escape selection process does not consider those changes. Therefore the escape routes based on the current escape selection method is lack of accessibility and reliability. In this study, for improving accessibility and reliability, we proposed a Escape Route Selection System (ERSS) to predict the change of land lay and the level of floodwater and apply them to select the accessible and reliable escape route. By using the proposed ERSS, we can provide more accessible and reliable escape routes for the residents located in the flood area. The residents can escape safely from the flood by using the proposed route and hence they can ultimately reduce their injuries.

Key words: decision support system, flood, escape route, safety, hazard mitigation