

지자체 방재 대책을 위한 풍수해 정보 시스템 구축 방향*

오재호 · 김옥연

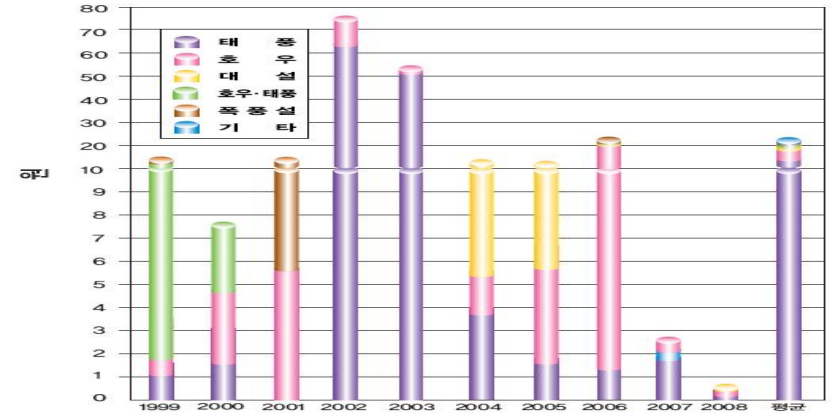
본 연구에서는 지자체 대상지역으로서 부산시를 선정하여 부산시 풍수해 지감을 위하여 부산시의 지역적 특색에 맞는 재난 대응행동 수칙을 뒷받침할 수 있는 종합 풍수해 정보 프로토타입(prototype) 시스템을 개발하였다. 본 시스템 개발을 위해서는 기존의 기상, 수문, IT인프라(infra), 네트워크, 웹 표준 등의 기반기술과 초고속망, 클러스터 컴퓨팅 기법 등의 기존 인프라를 충분히 활용하였으며, 이 시스템을 부산시 소행정 구역을 대상으로 시범 설치하고 운영함으로써 풍수해(風水害), 특히 태풍을 대상으로 종합 풍수해 정보 시스템의 효율성을 제고하였다. 결론적으로 본 연구로부터 개발된 종합 풍수해 정보 프로토타입 시스템을 시범운영한 결과, 향후 부산시 방재 활동을 뒷받침하기 위한 종합적인 정보 시스템으로서의 방향성을 제시할 수 있었으며, 나아가 부산시의 방재관련 기술 증대를 통하여 종합적 의사결정을 지원하고 그 대응체계를 마련할 수 있을 것이다.

주제어: 풍수해, 태풍, 방재 활동, 방재 기술, 의사 결정

1. 서론

최근 홍수재해에 대한 자연적 발생 요인의 빈도와 강도가 증가하고 있으며 집중 호우, 엘리뇨, 한발 등 이상기상 현상이 빈번하게 발생하고 있다. 유엔환경계획(United Nations Environment Programme; UNEP) 조사 결과에 의하면 지구온난화로 인한 자연재해는 50년 후 전 세계에서 발생할 손실이 연간 3,000억 달러에 이를 것으로 예측되고 있으며, 특히 우리나라의 최근 10년간의 자연재해 발생 원인을 보면 그림 1과 같이 태풍이나 태풍에 의한 집중호우 및 폭풍 등에 의한 자연재해가 대부분을 차지하고 있다. 또한 이러한 자연 재해 발생에 따른 피해액을 보면 표 1에서와 같이 2002년에 발생한 태풍 “루사(Rusa)” 발생 시 전국적으로 피해가 발생하여 강원도 지역은 일 최대 강우량이 800mm 이상이 나타나, 사망실종이 246명이고 총 피해액은 5조에 이르는 것으로 집계되었다. 이와 같이 기상재해의 발생에 따른 피해는 비단 우리나라뿐만 아니라 동남아시아에서도 발생률이 높게 나타난다. 특히 2007년 발생한 사이클론(cyclone) “나르기스(Nargis)”는 최대 풍속이 241km/h를 기록함으로써 이는 태풍을 분류하는 계급 중 최고 풍속 계급 기준인 최대 풍속 117.72km/h를 훨씬 상

회함으로써 태풍 강도가 얼마나 강했는지를 알 수 있다. 이러한 강력한 규모 때문에 국제구호개발기구인 월드비전에서는 사이클론 나르기스를 “전세계적인 도움이 필요한 재난”에 속하는 카테고리 3에 해당하는 기후재난으로 규정하기도 하였다. 이렇듯 우리나라뿐 아니라 전 세계적으로 지구온난화 및 기후변화 등으로 인한 이상기상 현상이 곳곳에서 발생하고 있다.



자료: 재해연보(소방방재청, 2008/ <http://www.nema.go.kr>)

〈그림 1〉 최근 10년간 원인별 피해액 현황(2008)

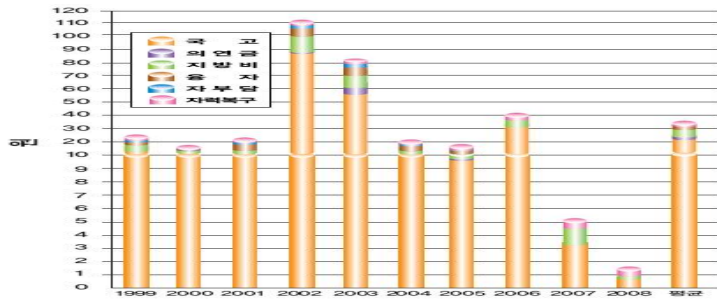
이와 같이 우리나라는 기상이변의 속출과 태풍·호우 등에 의한 풍수해가 매년 급증하고 있으며, 그 규모 또한 점차 증가하고 있는 실정인데 반해, 우리나라 각급 지자체에서는 국지 지역에 대한 상세 기상 정보에 대한 예측 및 감시 능력과 경보 전달 체계의 미비로 인해 적절한 대응체제를 수립하는데 한계가 있다. 더욱이 매년 풍수해로 인한 물질적, 경제적 피해가 급증하고 있을 뿐 아니라, 이를 복구하기 위한 재해 복구비도 천문학적 수준을 넘고 있어, 기존의 다양한 기존의 다양한 분야에서 개발된 방재 관련 기반 기술들을 종합적, 유기적으로 연계하여 국지적으로 발생하는 풍수해에 체계적으로 대응하기 위한 지자체 단위의 상세지역 종합 풍수해 정보 시스템을 개발하는 것이 무엇보다 시급하다. 즉, 풍수해·설해 등의 자연재해에 대해 인명중시의 예방적 방재대책을 목표로 철저한 재난관리와 신속한 상황관리 및 대응태세를 확립하고 신속한 재난 예·경보체계를 구축하여야 한다(김계조, 2006).

* 이 연구는 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2006-1101)의 지원으로 수행되었습니다.

피해 순위	연도	주요 피해 원인	통과 구역	최대 풍속 m/sec	최대 일강수량 mm	주요 피해 지역	이재인 인	사망 인	건물 붕괴	농경지 ha	농작물 손실 ha	선박 격침	공공 시설 개소	기타 -	피해액 (천원) (가) (L)
1	2002	태풍 (RUSA) 8.30~9.1	전남, 충북 강원	제주: 43.7 충남: 39.3 대구: 29.1	강릉: 870.5 동해: 319.5 속초: 295.5 대관령: 712.5	전국 (제주 제외)	63,085	246	7,634	17,749	231,847	827	22,388	1(사)	5,147,917,215 5,147,917,215
2	1998	집중호우 7.31~8.18	전국 (제주 제외)	완도: 46.0 담양: 41.0 광주: 39.6 마산: 37.0	철원: 280.3 춘천: 237.2	전국 (제주 제외)	24,531	324	2,793	7,796	78,079	22	20,664	7,165	1,290,367,916 1,247,817,345
3	1999	집중호우 태풍 (OLGA) 7.23~8.4	전국	완도: 46.0 담양: 41.0 광주: 39.6 마산: 37.0	철원: 280.3 춘천: 237.2	양평	25,327	67	2,373	3,879	190,518	582	14,251	8,107	1,107,789,409 1,049,042,054
4	2002	호우 8.4~8.11	전국	완도: 46.0 담양: 41.0 광주: 39.6 마산: 37.0	양평: 320.0	(전국 제외)	8,107	23	1,177	2,127	30,367	43	12,744	1(사)	918,131,949 520,312,144
5	1999	집중호우 9.9~9.12	전국	완도: 46.0 담양: 41.0 광주: 39.6 마산: 37.0	양평: 320.0	서울, 경기 강원, 충북	187,265	163	3,514	7,796	47,088	528	16,253	671,310	756,169,639 520,312,144
6	1987	태풍 (THELMA) 7.15~7.16	경남, 강원	제주: 19.0 완도: 21.0	제주: 153.6 완도: 139.1 고흥: 216.9 강릉: 173.5 부산: 135.7	남해, 동해	99,516	345	2,594	9,669	171,910	4,851	47,957	4,002	617,428,947 391,297,894
7	1995	집중호우 태풍 (JANIS) 8.19~8.30	서울, 경기 충청	양평: 8.4 보령: 18.7 태백: 9.7	양평: 119.5 보령: 361.5 태백: 140.0	경기, 강원 충북, 전북	24,146	65	956	6,433	78,592	61	17,291	21,241	567,577,549 456,252,049
8	1987	집중호우 7.21~7.23	충남, 충북 강원	대전: 303.3 제주: 224.7 부마: 517.6 익산: 238.0	대전: 303.3 제주: 224.7 부마: 517.6 익산: 238.0	충부	50,472	167	4,069	10,891	182,517	71	13,819	178	519,915,999 329,498,700
9	1996	집중호우 7.26~7.28	경기, 강원	원주: 23.0	철원: 288.0 서울: 168.5 춘천: 141.5	경기, 강원 인천, 서울	16,933	29	1,581	5,577	18,482	67	3,500	1,395	515,345,468 427,530,669
10	2002	호우 7.25~7.27	서울, 부산 대전	원주: 23.0	철원: 288.0 서울: 168.5 춘천: 141.5	충남, 충북 강원, 경북	54,041	128	2,605	3,657	65,807	35	9,073	2,508	445,599,606 294,338,865

자료: 기상청(2009)/ (<http://www.kma.go.kr>).

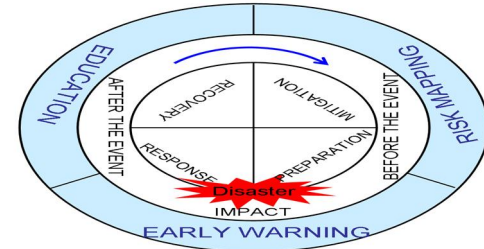
<그림 2> 주요 기상재해 발생 시 총 피해액 순위



자료: 제해연보(소방방재청, 2008/ <http://www.nema.go.kr>)

<그림 3> 최근 10년간 재원별 복구비 부담 현황(2008)

과거의 전통적인 방재계획은 재해가 발생 한 후 해당 재해에 대한 반응 책으로서 계획을 세워왔다면, 21세기 종합 방재계획 및 관리는 예상되는 재해 발생에 대한 사전 대책을 강구하는 쪽으로 초점이 맞추어 져야 한다. 또한 과거 방재계획이 사전에 정해진 대응책 매뉴얼에 따른 접근이 주를 이루었다면, 이제는 재해를 미리 예상하여 재해에 대한 예방책을 사전에 마련함으로써 전체 방재계획에 대해 기존의 부분적, top-down 식 대응책 보다는 포괄적이고 종합적인 bottom-up 식의 대응책과 방안을 마련하는 방향으로 접근하여야 한다(Okada 2008).

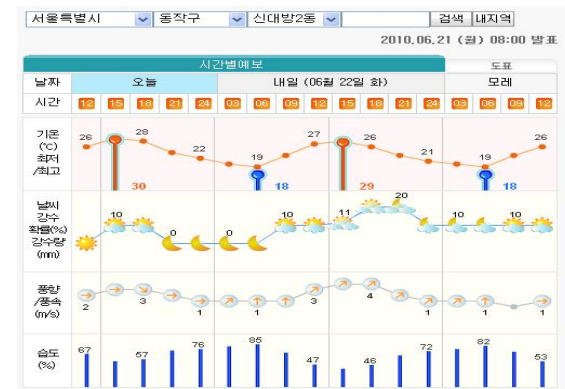


modified from Alexander, 2002

자료: Okada(2008).

<그림 4> 방재계획 수립 및 대처 과정(2008)

한편, 현행 기상청에서 제공되는 기상정보를 보면, 풍수해에 대한 정보 및 경보를 제공하고 있기는 하지만, 이를 통해 지자체에서 방재대책을 세운다거나 방재활동을 마련하는데 어려움이 있다. 그 이유는 기상청에서 제공되는 기상정보가 어느 특정 지자체 단위의 정보가 아닌데다, 그 범위가 방대하여 이를 지자체별로 방재활동과 직접 연계하기가 어렵기 때문이다. 최근에는 기상청에서 “동네예보”의 이름으로 각 지역에 대한 기상 정보를 제공하고 있으나, 아직까지는 일선의 지방자치단체 담당자들이 현장에서 의사결정을 내리기에는 충분하지 않다.



자료: 기상청(www.digital.go.kr; 검색일: 10.6.21)

<그림 5> 기상청 동네예보 사례

풍수해에 대한 방재기술은 여러 가지 복합적인 요인들을 체계적이고 종합적으로 진단하고 고도의 숙련된 전문가에 의해 응급한 상황판단과 경험으로 행해질 수 있는 기술 집적 분야이다. 더욱이 예측

이 어렵고 불확실한 홍수를 비롯한 풍수해에 대처하기 위해서는 가능한 많은 정보를 획득·분석하여 발생 가능한 상황을 예측하는 것이 필요하다. 풍수해 방재 대책이 그 역할을 충분히 수행하기 위해서는 먼저 해당 지역에 대한 충분한 자료가 확보되어야 하고, 둘째 신속한 상황관단을 위해 지속적인 정밀한 관측 자료가 필요하며, 셋째, 수집된 자료를 분석하고 평가, 예측할 수 있는 어플리케이션이 있어야 하고, 넷째 사용자 이해와 상황전파를 위한 효과적인 도구들이 있어야 한다. 마지막으로 자료의 질적, 양적 관리를 위한 물리적인 시스템의 구축이 필요하다.

따라서 풍수해에 대한 신속한 예측과 위험 전파 체계를 통하여 홍수재해를 비롯한 풍수해에 대해 일선 지자체 기관 및 국민들에게 웹 기반의 홍수정보를 제공함으로써 지자체 단위의 상세 지역 풍수해 실시간 감시가 가능하도록 하고, 나아가 재해에 대한 적극적인 대응체계를 마련할 수 있도록 할 필요가 있다. 그리고 이를 관련 기관 및 국민들에게 공개함으로써 시민들의 풍수해에 대한 불안 심리를 해소하고, 지자체를 비롯한 일선 방재 기관들의 신뢰도 제고가 필요하다.

이에 본 연구에서는 지자체의 대상지역으로서 부산시를 선정하여 부산시 풍수해 저감을 위하여 부산시의 지역적 특색에 맞는 재난 대응행동 수칙을 뒷받침할 수 있는 종합 풍수해 정보 프로토타입(prototype) 시스템을 개발하고자 한다. 특히, 부산은 한반도 남단에 위치하여 400~800m의 구릉성 산지가 부산만을 둘러싸고 있고, 낙동강 하구의 나지막한 평야가 공존하여 돌발홍수, 연안재해, 산사태, 풍수해에 취약한 지형적 특성을 지니고 있다. 그리고 시스템 개발을 위해서는 태풍 등에 대한 풍수해 예측 자료 생산을 위한 기술과 함께 Web-GIS 기반의 풍수해 및 홍수관련정보 표출시스템 구축 기술 등이 포함된다.

또한, 본 시스템을 특정 지역을 대상으로 시범설치, 운영함으로써 태풍, 해일, 도시홍수 등의 풍수해에 대해 종합 풍수해 정보 시스템의 효율성을 진단함으로써 향후 부산시 방재시스템 운영을 위한 풍수해 종합 정보 시스템 구축의 방향 및 기틀을 마련하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구내용 및 방법

1) 상세 기상 정보 생산을 위한 기상 수치모델 구축

기상청에서는 태풍 및 기상예측·예보를 위하여 다양한 기상수치모델을 이용하고 있는데, 이때의 기상수치모델이란 미래의 날씨를 예측하기 위해 만들어진 컴퓨터 프로그램으로서 대기 운동을 표현하는 수많은 수치방정식들로 이루어져있다. 이러한 기상수치모델에는 대기 중에서의 물리 과정인 태양에서의 복사, 강수, 대기와 지표면 사이에서 열과 운동량의 교환 등이 고려된다.

현재 기상청에서는 태풍진로 예측을 위한 BATS (Barotropic Adaptive-grid Typhoon Simulation)라는 기상수치모델을 개발하여 기상청의 슈퍼컴퓨터를 이용하여 현업에서 운영하고 있으며, 또한 2001년부터는 또 다른 기상수치모델인 TAPS(Typhoon Analysis and Prediction System)을 이용하여 태풍을 예측하고 있다. 그리고 태풍 예측 능력 향상을 위한 또 다른 기상 수치모델로 중규모 모델 WRF(Weather Research and Forecasts)에 기반을 둔 T-WRF(Typhoon-WRF)의 태풍 진로, 강도, 한반도 주변의 강수량의 예측성에 관한 연구와 미국 지구물리유체역학연구소(GFDL)의 태풍 보거싱(Bogusing) 기법을 연구하고 있다.

본 연구에서는 여러 대의 컴퓨터를 네트워크로 연결하여 고성능 컴퓨터(High Performance Computer)를 구축하고, 이 컴퓨터에 가장 적합한 격자 체계를 가지는 전구 수치모델을 사용하였다. 이 전구 수치모델은 예측영역이 전 지구를 대상으로 하며, 전 지구 영역에 대해 매 40 km 또는 20 km 마다의 격자점에서 수치적으로 값을 계산하게 된다. 특히, 기존의 대다수의 기상수치모델은 계산 방법에 따라 스펙트럴모델(spectral model)과 격자점모델(grid model)로 나뉘는데, 본 연구에서 사용한 모델은 크기는 격자점 모델에 속하지만, 계산 방식이 기존의 기상수치모델과는 다르다. 기존의 수치모델이 전구 영역에 대해 매 일정한 간격의 격자점으로 값을 계산하는 반면, 본 연구에서 사용한 모델인 GME(Global Model)은 전구 영역에 대해 이십 면체-육각형 모양으로 나누어 계산하게 된다. 이 수치모델의 이점은 기존의 전 지구 영역을 일정한 간격의 직사각형 모양으로 나타낼 때 지구 극지방에서 나타나는 문제점을 해결할 수 있다는 점¹⁾이며, 또한, 본 수치모델은 단 한 번의 모델 수행으로 전 세계 각 지역의 상세 기상정보를 생산해 낼 수 있다는 장점이 있다(Majewski 등, 2002: 322).

한편 실제 활용 가능한 부산시 방재시스템 구축을 위해서는 앞서 말한 40 km 또는 20 km 격자체계의 결과물로는 사실상 충분한 정보를 제공할 수 없다. 따라서 전 지구영역에 대해 전 지구모델을 매 20 km 격자 규모로 예측하고, 이를 다시 초기 입력 자료로 하여 부산을 포함한 경남 지방에 대해 더욱 세밀한 매 2.7 km 격자에 대해 태풍 예측 정보를 생활한다. 이를 위해서는 또 다른 지역모델이 필요한데, 본 연구에서 사용한 지역모델은 LME(Local Model)이다. 즉, 본 연구에서는 상세 기상 정보 생산을 위한 기상 수치모델을 구축하기 위해서 전 지구 모델(GME)을 이용하여 전 지구를 대상으로 하여 예측 정보를 생산하고, 다시 이를 초기 입력 자료로 하여 지역 모델(LME; Doms and Schaeffler, 2002)을 이용하여 더욱 세밀한 2.7 km 격자에 대해 기상예측 정보를 생산하였다.

2) 상세 정량적 강수 예측 모델 구축

상세 지역에서의 강수 정보를 예측하기 위해서는 위에서 언급한 지역모델에서는 표현되지 않는 더욱 소규모의 지형적 효과까지도 고려하여 빠른 시간 내에 국지적이고 지역적인 강수량을 계산할 수

1) 지구가 둥글기 때문에 극지방으로 갈수록 그 면적이 좁아져서 극지방에서는 적도 및 중위도 지방에서와 같이 일정한 간격의 격자점으로 표현할 수 없다(Majewski, 2002).

있도록 정량적 강수 산출 체계를 구축할 필요가 있다. 이에 본 연구에서 강수량 진단 모델(QPM, Quantitative Precipitation Model; Misumi 등, 2001)을 사용하였는데, 이는 기상청 현업에서 사용된 바 있고, 그 정확도와 계산 효율성이 이미 검증된 바 있다. 본 강수진단모델은 관측자료 및 기타 수치 모델과 비교했을 때, 매우 유사한 강수 모의 결과를 나타내어, 강수진단모델의 강수 모의 능력을 확인할 수 있었다. 또한, 강수 모의 결과의 정확성과 함께 강수 진단 모델의 경우 일반 지역 모델 등에 비해 강수를 예측하는데 소요되는 시간을 80% 이상 절약할 수 있으므로, 단기 강수 예측에 있어 매우 유용하다 (김옥연, 2010: 122). 따라서 본 연구에서는 기존의 지역 수치모델에서는 표현되지 않는 소규모 지형 효과까지 반영하여 부산지역을 대상으로 하여 매 0.5 km 마다 강수자료를 생산하였다.

3) 강우예측 및 홍수예측 모델을 연계한 도시침수 예측 모델 구축

본 연구에서는 위에서 설명한 강수예측 모델과 홍수예측 모델 및 범람예측 모델을 연계하여 도시홍수 예측 모델을 구축하였다. 본 도시홍수 예측모델의 입력 자료인 강우자료는 위에서 설명한 매 0.5 km 격자 간격의 강수진단모델 결과이며, 홍수예측 모델은 미국 USEPA(United States Environmental Protection Agency)에서 개발한 SWMM 5(Storm Water Management Model 5; Huber and Dickinson, 1988)를 사용하였다. 그리고 범람예측 모델은 홍수침수 해석에 주로 사용되는 FLUMEN(FLUvial Model Engine; Beffa, 2004)을 사용하였으며, 홍수 및 범람 예측의 대상 지역은 부산시 수영·망미 저지대 지역이다.

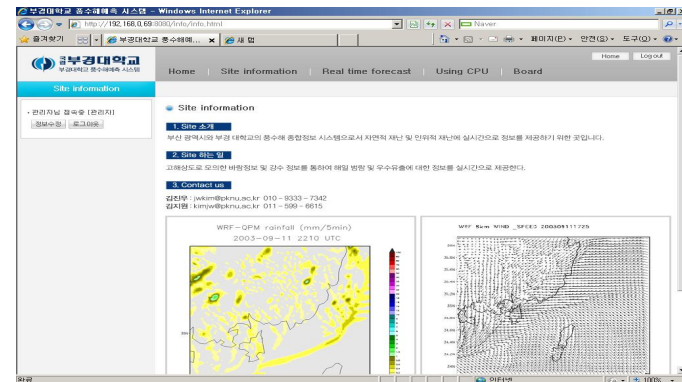
4) 부산시 방재를 위한 프로토타입(prototype) 풍수해정보 시스템 구축

부산의 경우 바다를 끼고 있는 만큼 태풍에 의한 영향이 매우 크다. 전국적으로 가장 피해가 컸던 2002년 태풍 루사 때는 부산에서만 2명이 사망하고 125억 원의 피해가 발생했다. 2003년 태풍 매미 때는 17명이 사망하고 농경지·주택 침수 및 양식어장 항만 시설 파손에 따른 피해액만 2,800억 원에 달했다. 더욱이 지구온난화 등으로 인해 평균기온이 섭씨 3도 이상 상승시 강풍이나 폭우 등이 빈발해 해안가의 30% 이상이 유실될 가능성이 있는 등 부산지역은 태풍 피해가 더욱 커질 수 있다. 이러한 기상재해와 관련하여 최전방에 있는 부산 지역에 대해 재해 방재시스템의 기초자료가 되는 기상 분야의 상세 예측 자료를 바탕으로 부산지역 악기상 예측 자료를 생산하는 시스템을 구축하였다. 특히, 앞서 설명한 기상 모델 간 연계를 통하여 전 지구 규모(GME) - 지역 규모(LME) - 국지 규모(QPM) 수치기상모형의 강수 모의 자료를 활용하여 매 0.5 km 간격의 상세 강수자료를 생산한다. 그리고 0.5 km 간격의 강수 자료와 더불어, 태풍에 동반되는 바람 또한 매 2.7 km 해상도로 예측할 수 있는 시스템을 구축하였다(그림 6) 참조.



〈그림 6〉 부산시 기상재해 방재 자료 예측 시스템 구성도

한편, 이 상에서 설명한 기상 및 홍수 수치예측 결과를 인터넷 웹페이지 형태로 표출할 수 있는 풍수해 예측 웹표출 시스템을 구축하였다. 이는 웹-GIS 기반의 표출시스템으로서 주제도 검색 및 추출이 가능한 웹 인터페이스를 구축하여 풍수해 정보의 웹 표출 및 활용이 용이하게 하였다. 즉, 기상 및 수문, 해양 분야의 기술적인 전문지식 필요 없이 풍수해정보 시스템의 예측 정보만을 웹을 통해 확인함으로써 각 지방자치단체의 담당공무원도 쉽게 그 정보를 사용할 수 있게 하였다.



〈그림 7〉 풍수해 예측 웹표출 시스템 (예시)

III. 연구 결과

본 연구에서는 기존의 기상, 수문, IT 인프라, 네트워크, 웹 표출 등의 기반기술과 초고속망, 클러스

터 컴퓨팅 기법 등의 기존 인프라를 충분히 활용하여 종합 풍수해 정보 시스템을 시범 개발하였으며, 이 시스템을 부산시 소행정 구역을 대상으로 시범 설치, 운영함으로써 풍수해(태풍 등)를 대상으로 종합 풍수해 정보 시스템의 효율성을 제고하였다.

풍수해 및 홍수예측에 대한 본 연구 결과를 바탕으로 향후 부산시가 실무에 직접 적용할 수 있는 종합 풍수해 분석 시스템을 구축한다면 첫째, 실시간 풍수해 모니터링 및 예측정보를 제공하는 것이 가능하고, 둘째, 풍수해 감시 및 예측 결과를 기반으로 읍·면·동 단위의 위험 등급을 예측하여 사전에 구현된 지역별 풍수해 위험 등급을 바탕으로 방재 담당자의 재난 시나리오에 따른 대응이 가능할 것이다. 이를 통하여 결국 부산시 방재담당 기관의 재해대응 능력이 향상될 것이며, 사회 복귀 위주의 행정에서 사전(事前, in advance) 방재 대책 위주로의 방재 행정으로의 변화가 가속화 될 것이다.

또한, 풍수해 예측 결과에 기반을 둔 피해(위험) 지역에서의 과학적인 재난재해 시나리오를 마련함으로써 시민들을 위한 안전한 대피 경로, 대피 시설 마련으로 불안 심리를 줄이고 피해 발생을 최소화할 수 있을 것이다. 또한, 표준화된 수문자료가 일관되게 관리됨으로써 중복투자를 줄이고 수자원 관리와 지역계획 등 다양한 활동이 가능하게 되어 경제적 효율을 높일 수 있을 것이다. 그리고 관련 분야의 기술적 전문지식 없이 기존 일선기관 방재 담당자의 훈련만으로도 풍수해 및 홍수분석 자료를 웹상에서 얻을 수 있게 됨으로써 인력과 비용의 절감 효과가 기대된다.

IV. 현 방재시스템의 문제점과 개선방향

1. 현 방재시스템의 문제점

해마다 많은 피해를 내고 있는 자연재해에 대한 재해 관련 의사결정 방법에 있어서 정보를 사용하고 이해해야 하는 행정처리 과정을 무시한 채 연구자와 모델 중심의 접근이 많이 지역단위의 재해취약성평가 기술의 개발과 그 적용 사이에 괴리가 존재해왔다. 또한 현재 제공되고 있는 홍수를 비롯한 풍수해 정보는 지자체별로 직접 방재계획을 수립하고 방재활동 및 대책을 마련하는데 한계가 있다. 각급 풍수해 정보는 상황에 맞는 적절한 대응책과 연동되어야만 하는데, 2003년 태풍 매미로 인한 엄청난 재해정보는 태풍 자체에 대한 정보 부재라기보다는 정보에서 행동조치에 이르는 체계가 없었기 때문이다. 또한, 기존의 방재행정은 그 일차적 피해 경감에 한정되어 있고 해당 지역의 사회적, 경제적, 환경적, 정치적 영향을 고려하는 등 포괄적 의미에서의 방재 개념이 부족한 실정이다. 따라서 이를 위해서는 각급 지자체에서 활용 가능한 상세 지역 악기상 정보 제공이 요구되며, 이를 효율적으로 활용하기 위해서 웹상에서 직접 구동하여 실제 행정 실무자 및 수요자가 손쉽게 이용할 수 있도록 하여야 한다.

2. 개선방향

기존의 풍수해 정보 시스템은 대부분이 과거의 풍수해 사상을 축적하고 이를 통계적으로 분석하여, 다양한 경우의 수에 대한 시나리오를 구축해 놓은 것을 말한다. 이를 통해 미래의 발생 가능한 풍수해 사상에 대해 가장 비슷한 시나리오를 선택하는 방법으로 시스템을 구축하였다. 하지만 이는 엄밀한 의미에서 예측이 아니다. 더욱이 지구온난화 및 기후변화 등으로 인하여 예측 가능한 범주에서 벗어난 풍수해 발생 빈도가 높아지고 있는 요즘의 풍수해 사상에 대해서는 진정한 의미에서의 “예측” 정보가 필요하다. 따라서 미래에 발생 가능한 풍수해에 대한 예측 정보 시스템을 개발하기 위해서는 기존의 기상, 수문, 웹포탈, 컴퓨팅 기술 등 각 분야에서 이미 개발된 풍수해 관련 기술을 모두 종합하여 다학제간 기술개발을 도모하고, 이를 일선 지자체 기관에서 직접 활용 가능한 상세한 풍수해 정보 시스템을 개발하는 것이 필요하다. 이러한 시스템 개발을 위해 사용할 수 있는 기술 개발 요소로는 풍수해(태풍, 강풍, 도시홍수, 쓰나미 등) 예측 기술, GIS 기반 홍수범람 분석 기술, 유역단위·행정단위 홍수 위험도 평가 기술, 자료 표준코드 체계, 자료동화 수위 및 기상요소 감시 기술, 홍수관련 정보 관리/공유배분 기술, 무전원/무선네트워크 활용 기상수문정보 수집 기술 등이 모두 포함될 수 있다. 또한, 각 지역의 토지 이용 상태, 도로망, 지형 조건 등 풍수해 위험과 관련된 각 지역의 각종 지리 정보와 전자 재해 지도를 함께 활용하여 종합적인 풍수해 관리 시스템의 자료관이 체계에 따라 실제 방재대책 수립에 활용할 수도 있을 것이다.

V. 결론

풍수해 예측을 비롯한 풍수해 정보 시스템은 사용자가 그 의미를 정확하게 파악할 수 있도록 상세 풍수해 정보를 신속, 정확하게 실시간으로 전달할 수 있어야 한다. 특히, 실시간으로 제공되는 풍수해 정보로부터 적절한 대응 체계를 마련할 수 있도록, 정보제공에서부터 대응체계 마련으로의 연계가 무엇보다 중요하다. 이를 위해서는 먼저 풍수해 상황에 대한 단계별 위험도를 제공함으로써 방재행동수칙에 직접 연동할 수 있어야 한다. 풍수해 예측의 측면에 있어서, 기존의 집중 호우나 태풍과 같은 악기상 정보가 제공되고 있다 하더라도 이는 각급 지자체에서 활용 가능한 상세 지역 악기상 정보가 아니므로, 시·공간적으로 충분히 조밀한 풍수해 및 악기상 정보를 제공하는데 충분하지 않다. 이를 위해서는 각 지자체에서 방재 대책에 직접 활용할 수 있는 최소 1 km 격자망의 상세 풍수해 정보(강수, 바람, 온도, 열파, 한파, 안개 등)를 실시간으로 제공함으로써 기상개황, 풍수해 정보, 풍수해 위험도 등의 관련 정보를 지속적으로 생산할 수 있는 시스템을 마련할 필요가 있다.

국내외의 여러 연구 및 현업 분야에서 방재와 관련된 각 분야 간의 통합시스템의 설계 및 구현을 시도하고 있으나 지속적인 관리와 모델 구현이 이루어지지 못하는 실정이기 때문에 관련 기관에서의

의사 결정 과정이 여전히 제약을 받고 있다. 따라서 좀 더 표준화되고 실용 가능한 시스템을 개발하고 관련 인적 자원을 확보하는 것이 절대적으로 필요할 뿐 아니라, 이들을 조직·관리할 수 있는 체계를 구성하고 일관된 정책지향이 요구된다. 외국의 경우 이미 그리드(Grid) 개념을 도입하여 이를 홍수 통제 및 수자원 관리에 이용하고 있다. 그리드를 통해 풍수해 상황을 감시(monitoring)하고, 예측(forecasting), 모의(simulation) 함으로써 풍수해에 대응할 만한 실시간 대응조치(real-time action)를 마련하고 있다. 특히 상세 강수 예측의 경우 중규모(mesoscale)에서부터 미세규모까지의 상세 기상 모의가 반드시 뒷받침되어야 하므로 집중 호우나 태풍 등을 예측하기 위해서는 1 km 정도의 상세한 해상도를 가지는 기상모델이 필요수적이다. 또한, 이러한 기상모델을 이용한 정량적 강수 예측으로부터 대상 지역에서의 유출, 유입량을 결정하기 위해서는 수문모델을 필요로 하며, 홍수의 영향정도를 예측하기 위해서는 다양한 저수 시설이나 강의 구조에 관한 정보를 가진 수력모델 또한 필요하다. 이러한 각각의 요소들에 관한 연구는 서로 다른 분야에서 활발히 이루어져 왔으며, 외국에서는 이들을 통합한 홍수 통제 시스템이 마련되어 있다. 그럼에도 불구하고, 국내의 경우 이들 기반 기술을 모두 통합하여 실제 방재에 활용할 수 있는 시스템이 마련되어 있지 않으므로 무엇보다 풍수해 정보를 종합적으로 제공할 수 있는 시스템을 구축하여야 한다. 이러한 방재시스템 개선 방향에 비추어 볼 때, 본 연구의 연구 결과는 효율적인 방재시스템을 구축하는데 초석이 될 것이다.

참고문헌

- 김계조. 2006. 2006년 자연재난관리 주요시책과 발전방향.
- Beffa, C. 2004. *FLUMEN User Manual*. Fluvial. ch. Switzerland.
- Doms, G. and U. Schaeffler, cited 2002. *A Description of the nonhydrostatic regional model LM. Part I: Dynamics and numerics*[Available online at <http://www.cosmo-model.org>].
- Huber, W. C. and Dickinson, R. E. 1988. *Stormwater management model, Version 4: User's manual Ver. 2.1*. U. S. Army Corps of Engineers, Computer Program 723-S8-L7520.
- Kim, O.-Y. and J. H. Oh. 2010. Verification of the Performance of the High Resolution QPF Model for Heavy Rainfall Event over the Korean Peninsula. *Asia-Pacific J. Atmos. Sci.*: 119-133.
- Majewski, D. and D. Liermann, P. Prol, B. Ritter, M. Buchhold, T. Hanisch, G. Paul, W. Wergen, and J. Baumgardner. 2002. The operational global icosahedral-hexagonal gridpoint model GME: description and high-resolution tests. *Mon. Wea. Rev.* 130: 319-338.
- Misumi, R., V. A. Bell, and R. J. Moore. 2001. River flow forecasting using a rainfall disaggregation model incorporating small-scale topographic effects. *Meteor. Appl.*, 8: 297-305.
- Okada N. 2008. Risk Awareness and Education Initiatives and Programmes Developed in Japan.

OECD-Bank Indonesia International Conference on Financial Education. 21-22 Oct. 2008, Bali, Indonesia.

吳載鎭: 서울대학교 기상학과를 졸업하고, 미국 오레건 주립대학교에서 기상학 석·박사 학위를 취득하였다(1989). 1994년부터 2001년까지 기상연구소 예보연구실장을 역임하였고, 2001년부터 현재까지 부경대학교 환경대기과학과 교수로 재직 중이며, 2006년부터 현재까지 기상지진기술개발사업단장을 맡고 있다. 주요 연구 분야는 기후 변화, 기후 수치모델링, 물리 기후학이며, 현재 한국슈퍼컴퓨터 협의회 회장, 부산발전연구원 '저탄소 녹색성장연구센터' 자문위원, 환경부 중앙환경보전자문위원회 위원, 환경부 국립생태원 건립위원회 위원, 서울시 C40 제 3차 정상회의 조직위원회 위원으로 활동 중이다 (jhoh@pknu.ac.kr).

金沃燕: 부경대학교 환경대기과학과를 졸업하고, 동 대학원에서 대기과학 석·박사 학위를 취득하였다(2008). 현재 부경대학교 슈퍼컴퓨터센터에서 전임연구원으로 재직중이다. (okyeonkim@gmail.com)

투 고 일: 0000년 00월 00일
 게재확정일: 0000년 00월 00일

**A Study on the Direction of Developing Integrated Information System of Natural Disaster for
Local Governments Disaster Prevention Measures**

Jai Ho Oh, Ok Yeon Kim

This study was carried to develop prototype integrated natural disaster information system, which was targeted at Busan for supporting to the action plan against disaster in that area. To develop the system, the already established technologies (meteorology, hydrology, IT infrastructure, network, web display) and existing infrastructure (high speed networks, cluster computing techniques) are fully utilized. This testbed, then, is operated into the administrative district in Busan by way of showing an example. In conclusion, by operating the prototype integrated natural disaster information system, it is possible to make a direction toward a future information system for the purpose of disaster prevention in Busan. Furthermore, this system will also be helpful to support the decision making and action planning through the improvement of the disaster prevention-related technique in Busan.

key word: natural disaster, typhoon, disaster prevention activities, disaster prevention techniques