

RS와 GIS를 이용한 지방자치단체 산불방재통합시스템에 관한 연구

변종봉* · 경천구

한국생산성본부 정보화사업부 GIS팀

The Study of the Forest Fire Management System in the Local Autonomous Entity using RS and GIS

Jong-Bong Byun*, Cheon-Ku Kyung

Information System Dep't, Korea Productivity Center

요약 : 현재 산림청에서는 NGIS와 연계한 국가차원의 산림지리정보시스템(FGIS)을 구축하는 사업을 추진중이며, 행정자치부에서는 정보화촉진기본법에 따라 국가적 행정종합정보화 차원에서 제안된 2단계 소방/재난관리시스템 구축의 필요성을 제시하고 있다. 이러한 범국가적인 사업과 연계하여 각 지방자치단체 규모의 산림행정체계에 적합하고, 국지적 기상조건 및 확산요인을 고려한 시스템을 개발하여 일선 실무자의 행정생산성 향상차원에서 실제 활용될 수 있는 개별시스템으로 구현해야 할 필요성이 있다.

따라서, 본 연구는 각 지방자치단체의 산림담당자가 산불의 사전예방 및 홍보활동을 위한 산불 다발지역을 분석하고, 광범위한 산림지역을 효과적으로 감시하기 위한 산불감시카메라의 위치를 선정할 수 있으며, 산불 발생시 국지적 확산요인을 고려한 실시간 산불확산 형태를 예측할 수 있는 시스템을 설계하고자 한다. 또한 평상시 소방시설물을 관리하고 산불 발생시 신속한 진압을 위한 각종정보(예:최단이동거리분석)를 제공하며, 산불감지 시점으로부터 상황종료 시까지의 종합사고보고를 위하여 위성영상과의 비교분석 등 사후관리까지의 체계를 수립하고자 한다.

1. 서 론

매년 산불발생이 증가하고 있으나, 지방자치단체의 지역적 특성을 반영한 체계적이고도 종합적인 방재(防災)시스템은 아직 개발되지 못하고 있다. 따라서, 현 체계로는 산불발생의 초기감지가 어렵고 효과적 진화대책 수립이 곤란한 실정이며, 이에 대한 대책으로 국내 산림행정체계에 적합하고, 국지적 기상조건 및 확산요인을 고려한 시스템의 개발이 필요하다.

국가적 차원에서 현재 산림청은 NGIS

와 연계한 국가차원의 산림지리정보시스템(FGIS) 구축사업을 추진중이며, 행정자치부는 정보화촉진기본법에 따라 국가적 행정종합정보화 차원에서 제안된 2단계 소방/재난관리시스템 구축의 필요성을 제시하고 있다.

본 연구의 목적은 각 지방자치단체의 산림담당자가 산불의 사전예방 및 홍보활동을 위한 산불 다발지역을 분석하고, 광범위한 산림지역을 효과적으로 감시하기 위한 산불감시카메라 위치를 선정하며, 산불 발생시 국지적 확산요인을 고려한 실

시간 산불확산 형태를 예측할 수 있는 시스템을 설계하고자 하는 것이다.

또한, 평상시 소방시설물을 관리하고 산불 발생시 신속한 진압을 위한 각종정보(예:최단이동거리분석)를 제공하며, 산불감지 시점으로부터 상황 종료시까지의 종합 사고보고를 위하여 위성영상과의 비교분석 등 사후관리까지의 체계를 수립하고자 한다.

2. 연구사

미국에서는 1972년 Deeming에 의해 NFDRS(National Fire Danger Ration System)가 산불진행에 따른 물리적 습성을 근거로 개발되었으며, 1992년 Woods와 Gossette는 캘리포니아주 산타모니카 산림 지역에서 GIS를 이용해 산불관리모델을 개발하였다.

캐나다에서는 1987년 산불위험 예보시스템인 DFFDRS(Canadian Forest Fire Danger Ration System)를 개발하여 계속해서 계량화하고 있으며, 일본에서는 1988년 입체지도 제작용 프로그램인 MAPS를 이용하여 일정 시간마다의 연소범위를 입체지형도상에 색깔로 표시하여 산불의 연소확대 과정을 나타내었다.

국내에서는 1989년 임업연구원에서 정연하, 이시영 등이 산화 위험률 예측에 관해 연구하였고, 1990년 이시영은 환경인자가 산불의 온도 및 연소속도에 미치는 영향을 밝혔으며, 1992년 정연하는 낙엽의 연소특성과 기상조건에 따른 산화 위험예측 모델을 개발하였다. 1995년 김웅식 등은 GIS를 이용한 산불확산 Simulation 알고리즘을 개발하였으며, 박은경은 GIS를 이용하여 산불 확산 모델링을 하였다. 또한 김윤정은 GIS를 이용하여 산불예측 모델을 개발하였으며, 2000년 한상현은 GIS

를 이용한 산불방제방안을 연구하였다.

3. 국내동향 및 현황

3.1 시스템 구축사례

「경북 울진군 산불감시시스템」은 1994년도에 구축되었으며 원격제어가 가능한 360° 회전형 감시카메라를 설치하여 담당부서에서 모니터링하는 방식으로, 산불다발기간에는 공익요원을 활용하여 오후 10시까지 모니터링한다. 이 시스템의 장점은 구축예산이 적게 소요되고(감시카메라 2대 포함), 운용법이 단순한 점이며, 단점은 상시감시가 곤란하고 산불발생시 정확한 위치 파악이 곤란하며, 유선장치이므로 장비의 유지관리와 전송받은 데이터의 digital 방식 저장이 어렵다는 점이다.

「광릉수목원 산불감시시스템」은 1996년에 구축되었으며 3대의 감시카메라가 동시에 산림을 감시하고 삼각측량법에 의하여 산불발생지점의 위치를 파악하는 방식이다. 이러한 방식으로 산불발생 위치 파악 정확도는 상당히 상승하였으나, 카메라가 다수 필요하고, 1대만 고장나도 위치측정이 곤란하며, 도상작업시 오류 가능성이 내재하는 단점이 있다.

「홍천 국유림관리소 산불감시시스템」은 2001년 5월까지 구축할 예정으로 감시카메라에 의하여 영상뿐 아니라 산불발생지점의 위, 경도 측정기능과 국지기상측정을 위한 별도 기상관측장치가 설치된다.

이 시스템은 산불위치의 정확도가 향상되었고, 무선으로 데이터송신이 가능한 장점이 있으나 획득된 자료를 효율적으로 분석, 관리할 수 있는 응용시스템은 별도로 구축되지 않을 계획이다.

3.2 기술동향

산불감시장비와 관련하여 최근에는 고

해상도로 촬영 및 확대, 축소가 가능하고 적외선 감지장치에 의한 자동경보시스템을 갖추고 있는 장치들이 개발되고 있다.

또한, 화상정보를 무선(wireless)으로 송신하고, 수신된 각종 자료를 토대로 전용 산불확산예측소프트웨어를 사용하여 산불의 확산범위를 표현하기도 하나 아직까지는 전문적 GIS 도구의 분석능력에 미치지 못하고 있다. 향후 RS, GPS를 이용한 산림현황 및 화재발생의 위치측정 기술과의 연계가 필요한 실정이다.

GIS Application에 의해 다양한 공간DB가 구축되고, 분석 Tool들이 개발되어지고 있다. 최근에는 기존 GIS엔진에 특정목적에 위한 전문 Application을 구축하는 것이 가능하며, 필요한 기능만을 보유하여 시스템의 불필요한 부분을 방지하고 향후 확장을 유연하게 하는 component GIS의 활용이 주류를 이루고 있다.

한편, 현재까지는 위성의 촬영주기(visiting cycle)가 12시간 이상이기 때문에 산불발생 당시 실시간 이용이 활발하지 못하나 앞으로는 고해상도 인공위성 영상이미지의 활용 가능성이 매우 높다.

<표 1> 국내 산불발생현황

구 분	1996	1997	1998	1999	2000	
건 수	527	524	265	315	653	2000년 동해안 산불피해상황
임산지 실화	248	247	104	156	271	
논, 밭 소각	73	103	65	57	129	
어린이 불장난	30	10	11	10	17	
기타	176	164	85	92	236	
면적(ha)	5,368	2,330	1,014	473	25,526	
피해액 (백만원)	13,322	1,629	2,516	666	65,060	60,639

주) 2000년은 상반기(1~6월)산불피해 상황임
(자료출처 : 산림청 통계자료)

3.3 국내 산불현황

산불은 기후적으로 가장 건조하고 낙엽이 많은 춘기(3~5월)과 추기(11~12월)에 집중적으로 발생하고 있다. 통계적으로 보면 60~70%가 봄에 발생되고 있다. 최근 들어 산불의 발생빈도가 잦아지고 규모가 대형화되어 감에 따라 정부에서도 산림보호예산 중 산불방지에 대한 대책마련에는 병충해방지에 이어 두 번째로 많은 예산이 확보되고 있다. <표 1>참조

4. 구축범위 및 방법

4.1 시스템 구축범위

시스템의 공간적 범위는 대전광역시 행정구역내 산림과 주변 10km이내의 산림을 대상으로 한다.

<표 2> 산불방재시스템의 공간DB목록

주 제 도	입력도	축척	생성방법
등고분석도	지형도	1:5,000	수치고도자료 (DEM)에서 추출
경사분석도	지형도	1:5,000	"
향분석도	지형도	1:25,000	"
임상도	임상도		임상도입력
연료분포도	임상도		임상도에서 추출
도로위치도	지형도		지형도에서 입력 (Digitizing)
화제보고지역도	지형도		"
수계도	지형도		"
화제민감지역도	지형도		grid data overlay

시스템의 업무상 범위는 화재다발지역 예측 및 사전홍보업무, 기존 소방, 군시설 위치 및 소방능력정보 관리업무, 감시카메라 위치선정 및 운용, 유지관리업무, 국지 기상정보 관리를 통한 산불 확산예측 업무, 기존 소방시설(군시설) 운용과 최적 이동경로 분석업무 및 대책수립, 사후 사고보고 및 산불정보관리 업무로 구분된다.

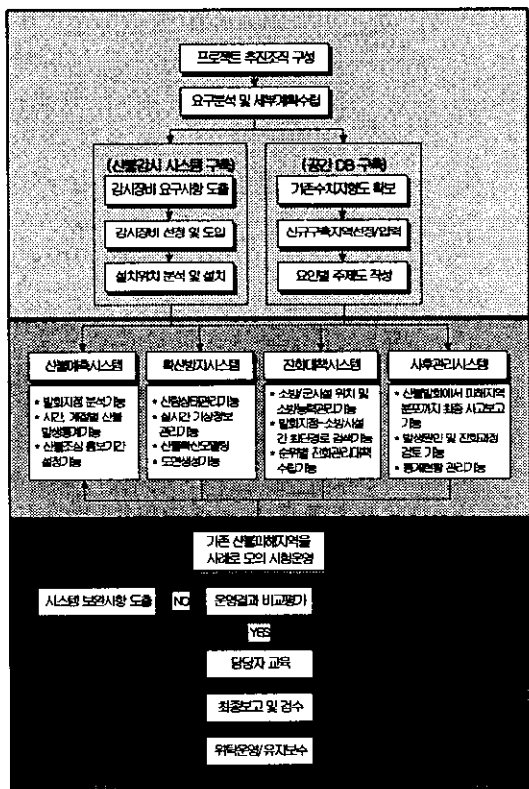
한편 기타 활용업무로서 감시카메라를

활용하여 산림의 사계절 변화 및 야생동물의 서식 등을 촬영하여 관광홍보 및 학습, 교육자료로의 이용 등이 포함된다. 업무영역에 있어서는 지방자치단체의 산림담당자와 산림청, 지방산림관리청 등 상급, 유관기관과의 업무협의를 통한 책임 및 한계를 명확히 할 필요가 있다.

4.2 시스템 구축방법

공간자료는 각 지방자치단체의 보유자료와 유관기관의 협조자료, 신규구축자료 등으로 세분화한다.

GIS Tool은 국내에서 상용되는 ESRI 계열의 ArcInfo 8.0, ArcView GIS 3.2을 사용하였다. 시스템의 기능에 따라 sub-system을 개발한다.



<그림 1> 시스템 구축과정

5. 시스템 설계

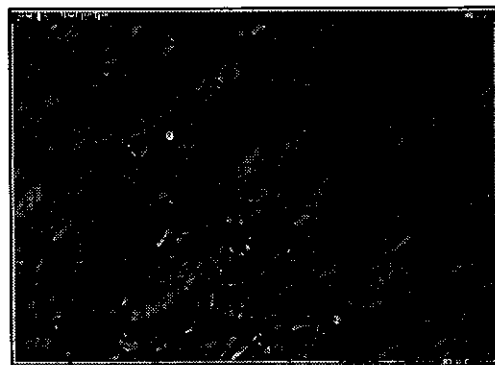
5.1 산불예측시스템

미국, 캐나다 등지는 자연발화가 많으나 우리나라는 대부분이 인위적 요인에 의한 발화이다. 따라서, 이전의 산불 다발지역과 등산객 접근 지역에 대한 산불발생 위험도를 작성할 필요가 있으며, 산불발생의 조기감지 및 진화의 전(前)단계에서 산불발생의 가능성 지수분석을 통한 산불예방 홍보 활동이 필요하다.

한편, 산불발생 예상지점을 지속적으로 분석하여 감시카메라의 위치를 새로 선정하거나 변경하여 감시범위를 정하여야 한다.

산불예측시스템의 기능은 다음과 같다.

- 산불발생지점의 위치표시 (산불규모에 따른 point 크기 차증)
- 지점 선택의 속성정보 표시
- 임상, 지형, 기상정보등을 종합한 화재 보호지역, 화재민감지역 표시
- 종합적 산불발생 위험도 작성기능
- 각종 산불위험지역을 효과적으로 감시하는 감시카메라 적정위치 및 설치대수 분석기능



<그림 2> 산불다발지역 분석

시스템의 기대효과로 산불발생위치 및 규모 등 관련 통계자료의 신속한 검토 및 체계적인 보관이 가능하고, 산불발생 위험

도 예측을 통한 사전 화재 방지 효과를 갖는다. 또한, 가장 합리적인 감시장비 배치기능을 통한 예산 절감 및 감시효과가 예상된다.

5.2 산불감시시스템

첨단감시장비를 이용한 산림의 상시관리로 산불징후 감시 및 조기 발견이 필요한 실정이다. 산림청 통계에 의하면 시간대별 산불 발생보고의 9.1%가 30분 이내로서 신속한 경보체계를 필요로 한다.

따라서, 종전의 폐쇄회로식 감시체계와 모니터링에 의한 개략적 위치판단이 아닌 발화지점의 보다 명확한 위치정보를 필요로 하게 된다.

다음은 산불감시시스템의 주요기능이다.

- 원격제어 및 360° 자동 회전기능
- digital 방식의 확대, 축소 기능
- 적외선 감지장치를 통한 열감지 및 자동경보기능
- 발화지점의 TM좌표값 자동 측정 및 digital 송출기능
- 영상자료 무선 송출기능

시스템 구축의 기대효과로 조기에 산불 발생을 경보하므로써 초동진화에 결정적인 역할을 할 수 있고, 자동정보에 의한 영상확인으로 발화진위를 판단할 수 있다.

상시 모니터링이 필요치 않으므로 담당 인력을 절감하는 효과를 가지며, 발화지점의 도상 판정이 아닌 정확한 좌표측정으로 위치정확성을 향상시킬 수 있다.

부가적 기대효과로 거동수상자 발견, 산림의 계절적 변화에 따른 학습 및 관광홍보자료로 활용할 수 있다.

5.3 확산방지시스템

국지적인 연료, 기상, 지형등 다양한 변수에 의한 산불확산모델링이 필요하며, 단위시간대별 확산 범위 분석을 통하여 진

압대책수립을 위한 사전정보로서 요구되어 진다.

확산범위의 정확한 판단에 따른 등산객 대피 및 시설보호 역시 필요한 요소이다.

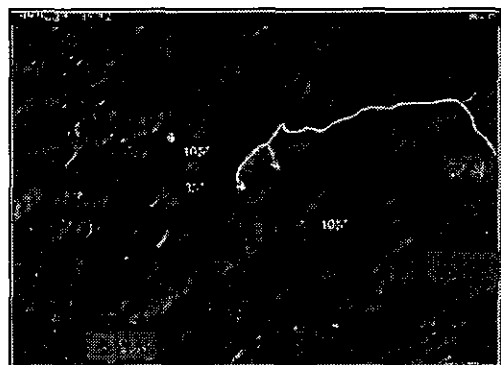
확산방지시스템의 기능은 다음과 같다.

- 연료의 유형, 양, 연료수분 함유량 표시
- 실시간 기상자료 입력기능(일사, 풍향, 풍속, 기온, 강우, 습도 등)
- 지형(경사도, 향)에 따른 화재확산률 분석기능
- 실제 확산상황에 따른 확산범위 사용자 변경 기능

시스템의 기대효과로 산불확산경로 및 확산범위의 정확한 예측으로 효과적인 화재진압을 유도하고, 종전의 풍향, 풍속에 의한 확산거리계산 방식에서 강우, 일사등 다양한 기상자료와 지형 및 연료상태를 고려한 GIS개념의 확산률(ROS)에 의해 확산 범위를 산출해 낼 수 있다.

5.4 진화대책시스템

산불확산구역까지 최단시간내에 도착가능한 산불진압시설의 판단을 위한 의사결정지원체계가 필요하다. 이에 따라, 소방 및 군시설의 위치 및 소방능력에 대한 전산화된 정보 관리가 필요하다.



<그림 3> 산불발생지점의 최단이동거리분석
진화대책시스템의 기능은 다음과 같다.

- 소방 및 군시설의 위치 및 소방능력 표

시기능(장비포함)

- 화재구역까지의 거리, 도로, 임도 상황 등을 고려한 최적이동경로 표시(순위별)
- 육상통로 접근근란 구역에 대한 항공, 소방인력 배치 계획기능

시스템의 기대효과는 구역내 소방시설 능력에 대한 통계자료를 체계적으로 관리할 수 있고, 신속한 화재진압으로 인명, 산림 및 기타 재산 피해를 최소화함은 물론이며, 효율적 소방장비 운용으로 불필요한 운용비용을 절감할 수 있다.

5.5 사후관리시스템

산불발생 및 피해에 관한 공간정보가 부재한 상황에서 산불사고처리에 관한 사후 검토자료 미비하여 산불관련 통계자료를 전산화할 필요가 있다.

사후관리시스템의 기능은 다음과 같다.

- 사고보고서 자동생성 및 편집기능
- 산불관련 속성자료, 영상자료 관리 및 검색기능
- 관련문서 및 현황도면 관리기능

시스템의 기대효과로는 사고보고서를 자동생성함으로써 행정업무의 절감효과와 더불어 산불관련 통계 DB를 자동으로 구축할 수 있고, 관련자료를 신속히 대내외 홍보하여 산불에 대한 경계심을 고취시킬 수 있다.

6. 결론

본 연구를 통하여 국내 지방자치단체의 산불방재업무를 통합(예측+감시+확산방지+진화+사후관리)하는 시스템을 구축하고, 위성영상과 지리정보체계를 활용하여 산불방재업무를 효율화할 수 있는 가능성을 제시하였다.

지방자치단체의 산불방재시스템을 표준화하여 전국적으로 확대하면 예산을 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 또한,

향후에 이러한 시스템을 보완, 발전시켜 산림종합관리시스템으로 확장할 수 있으며, 우리나라 산림행정의 중대과제인 산불방재 정책수립의 모델로 제시될 수 있다.

개별시스템의 구축을 위하여는 산림청과 각 지방자치 단체의 실무자로 구성된 실무추진팀을 구성하고, 현행 업무절차를 고려한 단계별 시스템 구축범위의 설정과 기본계획 수립이 선행되어야 할 것이다.

사사

본 연구에 많은 도움을 주신 산림청 산불방지과와 대전광역시 공원녹지과에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 산림청(2000). 임업기술
2. 이시영, 연육철, 정연하(1991). 산불의 연소 진행속도 및 연소물의 내화성 연구, 임업연구원 연구보고 42, 107-114
3. 이시영, 곽동훈, 김창호(1994). 산불연소확대요인 분석에 관한 연구, 동국대 농림과학연구소 제18권, 69-85
4. 이시영(1995). 산불살생 위험도 및 연소확대요인 분석에 관한 연구, 동국대학교 박사학위논문
5. 박은경(1996). GIS를 이용한 산불확산 모델링, 서울대학교 대학원 석사학위논문
6. 안상현(2000). GIS를 이용한 산불방제방안, 충북대학교 대학원 석사학위논문
7. Chou, Y. H(1992). Management of wildfires with a geographical information system, Int. J. Geographical Information Systems, Vol.6, No2, 123-140
8. Woods, J. A. and Gossette, F.(1992). A Geographic Information System For Fire Hazard Management, ASPRS/ASCSM/RT Vol3. 5 6-65
9. Joseph K. Berry(1995). Spatial Reasoning for Effective GIS, Fort collins, 1-36