

산불방지시스템의 구축 상황

김 현 식^{3**}

The Construction of Forest Fire Prevention System in Korea

Hyun-Sik KIM^{1**}

들어가면서

우리나라는 전국토의 65%가 산지이며 97%가 임목지로서 낙엽등 가연성 물질이 많이 쌓여있으며, 산림구조가 불에 잘 타는 침엽수가 많고(45%), 산악형 산림으로서 연소진행 속도가 빨라 급속히 확산되며, 봄철의 건조와 강한 계절풍 등 산불에 취약한 구조를 가지고 있다.

더욱이 매년 등산이나 행락을 위하여 산행하는 인구가 증가하고 있으며, 농촌에서는 논·밭두렁 및 농산폐기물 소각이 관행적으로 행해지고 있어 산불발생의 개연성은 높아지고 있다.

최근 5년간 통계를 보면, 연평균 500건 이

상의 산불이 발생하여 서울 남산면적의 약 20배에 해당하는 6천ha의 산림이 소실되었으며, 매년 20명 이상의 인명사고와 150억원의 재산상의 손실을 입고 있다. 임목피해 뿐만 아니라 산림의 공익기능을 고려하면 연간 피해액은 거의 500억원에 이르며, 피해를 복구하는데는 50년 이상의 장기간이 소요되고, 산주의 산림투자 의욕을 위축하는 현상을 초래하고 있다. 특히 2000년에는 건국 이래 최대의 산불로 기록된 동해안 산불 등으로 2만5천여ha의 산림이 불타고, 올해에도 서해안지역에 4월 14일 폭풍주의보가 발령된 가운데 충남과 전북에서 동시다발적인 산불

표 1. 최근 5년간 산불발생 및 피해 현황

구 분	연도별	5년평균	1997	1998	1999	2000	2001
건수(건)		524	524	265	315	729	785
면적(ha)		6,077	2,330	1,014	473	25,607	963
건당면적		9.2	4.4	3.8	1.5	35.1	1.2
피해액(백만원)		14,554	1,629	2,516	665	65,242	2,717
인명피해(명)		20	30	16	5	30	20

표 2. 최근 5년간 산불발생원인

구분	계	입산자 실화	논·밭두렁 소각	담배불·쓰 레기소각	성묘객 실화	어린이 불장난	기타
건수(건)	524	235	100	68	32	15	74
비율(%)	100	45	19	13	6	3	14

2002년 9월 21일 접수 Received on September 21, 2002 / 2002년 9월 25일 심사완료 Accepted on

September 25, 2002
1 산림청 산불방지과장 Korea Forest Service Republic of Korea 산불방지과장 Korea Forest Service

** 연락처 E-mail: khs0715@foa.go.kr

이 발생하여 가옥·창고·가축 등의 피해를 입어 국민들을 안타깝게 한 바 있다.

우리나라 산불의 발생환경과 피해정도는 자연적인 요인의 영향을 많이 받고 있으나 그간 발생한 산불의 직접적인 원인은 등산객 증가에 따른 입산자 실화와 관행적으로 이루어지고 있는 논·밭두렁 및 농산폐기물 소각이 산불로 비화한 것이 대부분을 차지하고 있는데서 알 수 있듯이 사소한 부주의로 발생하는 인재 성격의 재해로 사전 예방이 매우 중요한 것으로 나타나고 있다.

산림청에서는 2000년 동해안 산불을 계기로 산불의 증가 및 대형화 추세에 대비하기 위하여 지금까지의 예방·진화·사후복구체계를 종합적으로 재검점하여 정부차원의 산불방지종합대책을 마련하였으며, 산불예방과 진화체계 확립, 무선통신망과 헬기 등 진화장비의 확충 및 현대화를 계획하고 있다.

아울러 GIS, GPS 및 통신망을 결합한 컴퓨터 네트워크를 구축하여 강하고 빠른 산불방지체계를 정립하는 것을 주요골자로 하고 있다. 이는 선진국처럼 과학적이고 체계적으로 산불을 관리하기 위하여 운영측면을 강조한 것으로 앞으로 산불방지업무를 한 차원 높게 추진할 수 있는 계기가 될 것으로 기대되고 있다.

따라서, 여기에서는 지금까지와는 달리 새로운 구상으로 추진하고 있는 산불방지시스템의 개요와 추진상황을 소개하고자 한다.

산불방지시스템의 개요

산불로부터 산림피해를 최소화하기 위해서는 조기발견과 조기출동을 통한 초동진화가 무엇보다도 중요하며, 이를 위해서는 강함(strong)과 빠름(speedy)이 추구되어야 한다. 강함이 조직, 인력, 장비와 같은 하드웨어에서 나온다면, 빠름은 이들 자원을 효율적으로 운영할 수 있는 시스템인 소프트웨어에서 나오는 것이다.

산불예방과 진화에 있어서 세계적인 선두

주자인 캐나다의 사례를 참고하여 산림청이 구상하고 있는 산불방지시스템은 지리정보체계(GIS, geographic information system), 지구위치결정체계(GPS, global positioning system)와 통신기술을 이용한 컴퓨터네트워크 시스템의 구축으로 요약할 수 있다.

먼저 GIS는 산불발생과 진화에 영향을 주는 연료, 지형 및 기상과 같은 인자를 데이터베이스화하고, 지형도, 임상도와 같은 지리정보가 들어있는 수치지도를 연결함으로써 구축될 수 있다. GIS시스템 구축에 의하여 관서별로 설치되어 있는 산불방지대책본부에서는 지역별, 시간별로 산불위험정도를 예측하여 필요한 예방조치를 취할 수 있으며(그림 1), 산불발생 시 불의 크기, 진행방향을 분석하여 그에 알맞는 진화인력과 장비의 투입을 결정할 수 있게 된다.

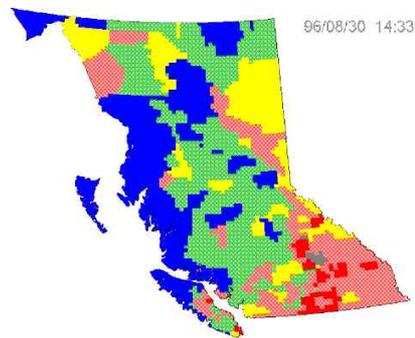


그림 1. 캐나다 BC주의 산불위험예보

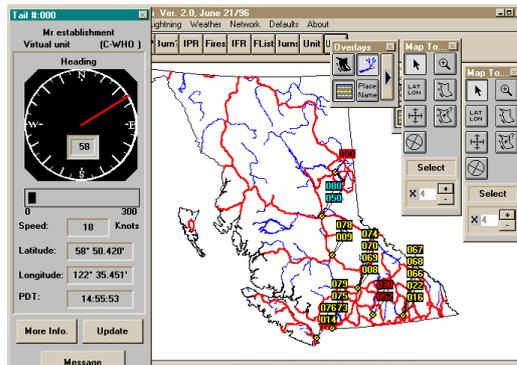
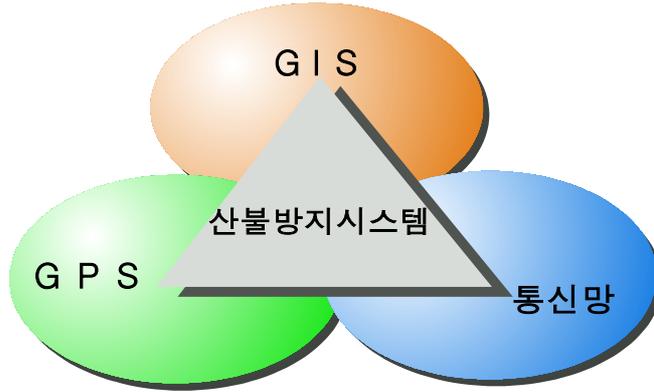


그림 2. GPS에 의한 항공기 위치탐지

산불방지시스템(Forest Fire Control System)

- 목 표: 선진적인 산불예방과 초동진화체제 구축
- 구 성: GIS, GPS와 통신을 결합한 컴퓨터 네트워크망 구성



□ 시스템의 목적과 정보내용

구 분	목 적	정 보 내 용
GIS	· 전국의 지형·임황·기상 파악 · 지역별 산불위험예보 · 산불의 진행속도와 방향예측	· 지형도, 임상도, 기상자료 · 산불위험예보모델 · 산불진행 예측모델
GPS	· 이동장비의 위치탐지 · 진화대, 장비 등 자원의 배분	· 항공기, 차량 등의 위치정보
통신	· 중앙·지방의 산불방지대책본부 및 기·진화대와 연결	· 음성통신 · 데이터 통신 · 영상통신

□ 과 제

- GIS구축
 - GIS의 기본적인 도형정보로서 지형도, 임상도 입력
 - 산불위험예보모델 및 산불진행예측모델의 개발
 - 기상청 기상자료의 수신체계 구축
- GPS구축
 - 이동장비에 위치분석기, 데이터 송신기 설치
 - 중앙 산불방지대책본부에 수신장비 시설
- 통신
 - 양질의 음성통신을 위한 통신방식의 개선
 - 데이터 통신망의 구축(인공위성 또는 유선 이용)
 - 영상통신을 위한 CCTV망 구축(항공기 및 산불대책본부)

주) 김현식(1997)

한편, 항공기와 차량에 GPS를 설치하여 언제든 이동중인 장비의 위치를 파악할 수 있는 시스템에 의하여 대책본부에서는 산불현장에서 가장 가까운 진화자원을 파악할 수 있게 되어 초동진화를 위한 조치를 취할 수 있게 될 것이다(그림 2).

GIS와 GPS시스템을 구축·결합하고, 중앙과 지역산불방지대책본부간을 연결하는 산불방지시스템을 구축하기 위한 전제로서 통신망의 정비는 필요하며, 음성과 데이터 통신, 나아가서 영상통신까지 가능하게 하는 통신망의 운용이 요구된다(그림 3). 음성통신은 중앙·지방의 산불방지대책본부 및 헬기·진화대의 연결에, 데이터통신은 이동장비의 위치 파악에, 영상통신은 화재 현장의 영상촬영과 대책본부로의 송신에 기여할 수 있어야 한다.

새롭게 마련한 산불방지종합대책에는 산불무인감시카메라의 확충, 전문진화대의 조직과 훈련, 헬기·진화차와 같은 진화장비의 확충 등 하드웨어 면에서는 지금까지의 문제점을 보완할 수 있는 발전적인 내용이 담겨져 있다. 이를 계기로 한 차원 높은 산불방지가 가능하게 될 것으로 기대가 되고 있으나, 산불관리

선진국에 비하여 예방과 초동진화를 위한 운영시스템의 측면에서는 아직 걸음마 수준에 지나지 않으며, 이 부문에 보다 많은 관심과 노력을 기울여야 할 것이다.

시스템 구축 상황

1997년에 구상된 산불방지시스템은 2000년 동해안 산불을 계기로 연구가 활발히 진행되고 있다. 산불발생 환경을 파악하여 적절한 예방조치를 취할 수 있도록 도와주는 산불위험예보모델, 산불발생 시 확산 방향과 화세를 예측하기 위한 산불확산예측모델을 개발함과 아울러 이를 GIS로 구현하는 연구가 이루어지고 있다. 또한, 헬기의 정보 및 위치를 파악하기 위한 GPS 연구는 마무리 단계에 있으며, 무선통신망 구성은 기본계획에 따라 시설이 진행되고 있다.

1. 산불위험예보모델

임업연구원 산불연구실에서 산불에 대한 대국민 경각심을 고취하고, 지역별 산불방지의

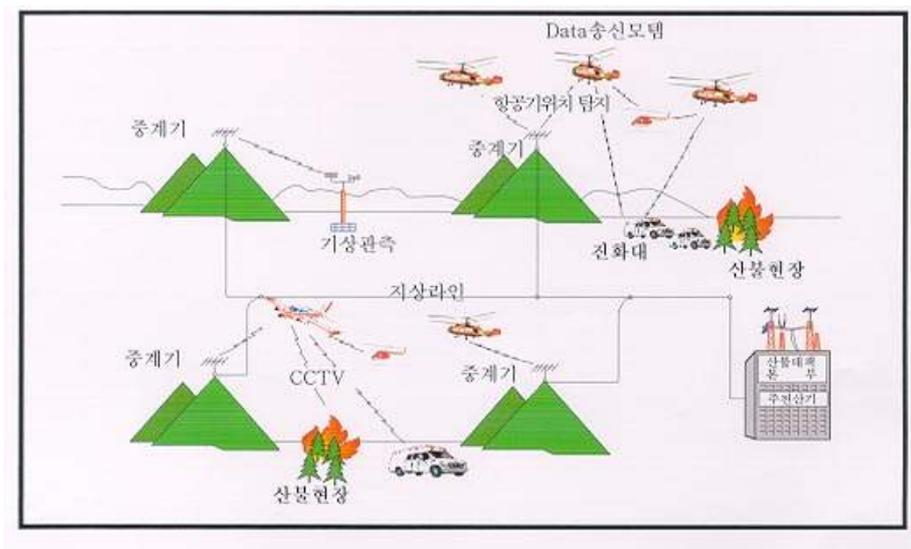


그림 3. 산림무선통신망 구상도

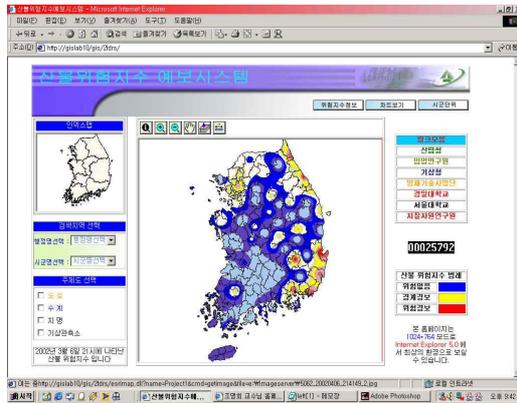


그림 4. 산불위험예보도(등치선 표시)

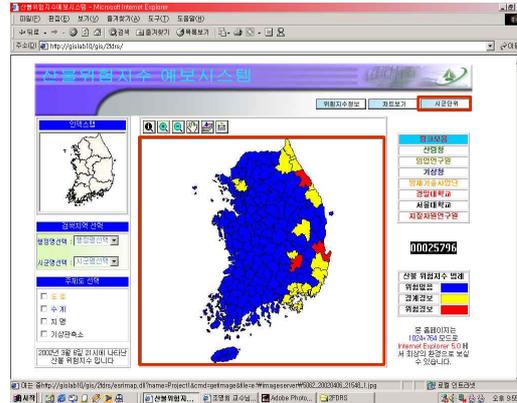


그림 5. 산불위험예보도(시군 단위)

기초정보로서 활용하기 위하여 산불위험예보 모델을 개발하여 하루 전에 산림청 홈페이지를 통하여 예보하고 있다. 산림 내 낙엽 등 가연물질이 연소될 수 있는 상태와 기상예보를 인자로 전국 23개 지역별 주요도시의 산불이 발생할 수 있는 위험도를 지수로 산출하여 위험지수가 61~80이면 산불경계경보를, 위험지수가 80 이상이면 산불위험경보를 발령할 수 있으며, 입산통제 등의 조치를 취하게 된다.

표 3. 산불위험예보와 행동지침

경보별	발령요건	행 동 지 침
산불 경계 경보	위험지수 61~80	· 입산통제구역을 산림면적의 30% 이상 지정·통제
		· 관리대상 등산로의 50% 이상 폐쇄
산불 위험 경보	위험지수 81~100	· 입산통제구역을 산림면적의 50% 이상 지정·통제
		· 관리대상 등산로의 80% 이상 폐쇄

2000년 동해안 산불을 계기로 예보의 정밀도를 높이기 위하여 과학기술부 과제로 3년간(2000.4~2003.4) 연구를 수행 중에 있다. 지금까지는 동해안 지역을 대상으로 임상(연료), 지형(방위, 경사, 발화지점) 등의 요인들을 통합하여 산불발생위험지수를 개발하였고, 이를

실시간으로 웹 상에서 표출하기 위하여 기본 주제도 DB를 구축하였으며, 산불위험지수 예보 운용시스템을 설계하는 등 웹 기반 산불위험지수 예보시스템을 개발하였다.

개발된 산불발생위험지수는 산불발생의 사전감지 및 진화장비의 사전배치 등을 통해 산불방지시스템의 효율성을 제고할 수 있고, 인터넷을 통하여 산불위험지수 표출과 검색을 가능하게 함으로써 국민 누구나 관심지역의 산불 위험정보를 신속하게 획득할 수 있다. 이를 통하여 국민들의 산불방지에 대한 이해와 관심의 폭을 넓혀 주고 네트워크의 기술 발달과 웹 상에서의 공간 분석이라는 또 다른 시도를 통하여 보다 질적으로 향상된 서비스를 제공할 수 있으리라 생각된다.

2. 산불확산예측모델

산불발생 시 헬기와 진화대원의 투입 등 자원의 배분과 효율적인 진화대책을 수립하기 위하여 우리나라의 지형과 임상에 따른 산불연소 확산유형을 정립코자 산불진행예측모델을 개발하고 있다. 1997년에는 산림청의 연구용역으로 산불의 확산에 영향을 미치는 요인인 연료(임상), 바람(풍향, 풍속), 지형(단순사면형, 능선사면형, 구릉형)을 인자로 기초적인 연구를 실시한 바 있으며, 2000년 동해안 산불을 계기로 산불위

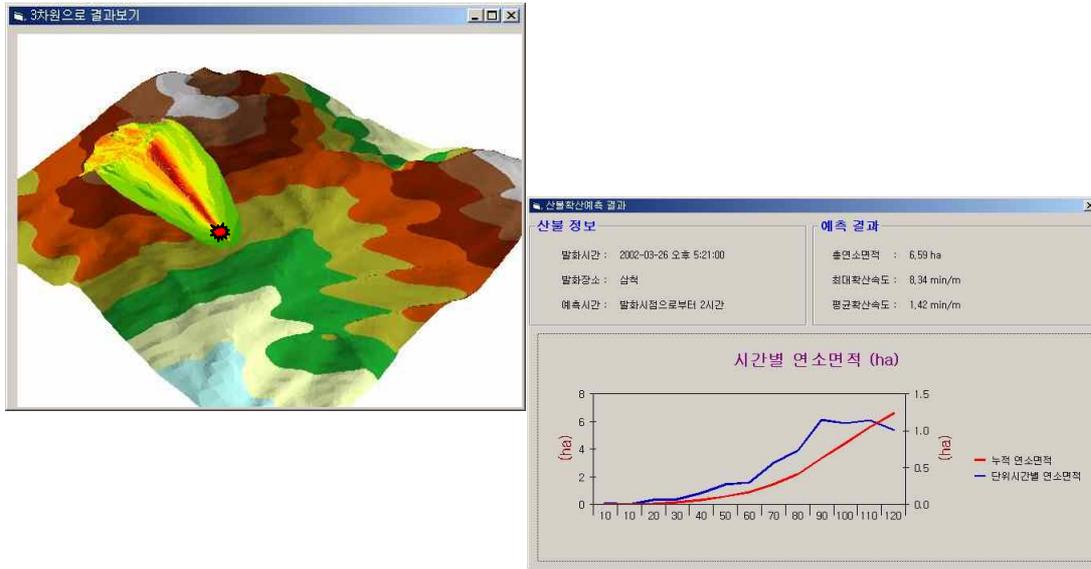


그림 6. 확산예측결과 - 3차원 및 통계

험예보모델과 아울러 과학기술부 과제로 3년간 연구를 수행 중에 있다.

제1단계에서는 선진 외국의 산불관리시스템 개발과 활용 체계를 연구하여 국내 현실에 맞는 산불확산예측프로그램의 체계를 정립하며, 실제 산불발생지를 대상으로 시·공간에 따른 유형별 산불 연소 및 확산 특성을 연구하고, 산불 확산에 영향을 미치는 주요 인자를 구명하기 위하여 현지 조사와 이 데이터를 이용한 분석을 수행하여, 지형, 기상, 연료 등의 산불 확산 인자들을 이용한 산불확산예측 알고리즘을 개발하였다.

앞으로 이를 토대로 제2단계의 연구에서는 산불관리자가 이용할 수 있는 산불확산예측프로그램을 개발하고, 사례연구를 통하여 시스템의 적용성을 검토하고 수정·보완할 계획이다.

3. GPS의 구축

산불진화는 항공기에 많이 의존하고 있는 반면 종합적인 운항상황 및 관리시스템이 없어 헬기의 이동상황 등 위치정보를 무선통신

에 의존하고 있는 실정이다.

이를 극복하기 위하여 2001년 산림청에서 연구용역을 추진하게 되었으며, 신속한 현장정보를 제공하기 위해 GPS와 GIS, 무선통신시스템을 통합한 ‘산불진화자원정보관리시스템’을 개발하였다. 이를 통하여 항공기의 운항정보를 실시간으로 파악함으로써 산불관리자는 산불진화에 필요한 자원정보를 얻어 체계적인 산불진화 업무를 수행함과 아울러 항공기의 운항상황을 종합적으로 관리하게 된다.

본 연구에서는 시스템에 필요한 자원정보로 경북지역의 1:25,000 수치지도와 전국 1:250,000 수치지도를 하천, 담수지, 도로, 지형, 행정경계 등 사용목적에 맞는 레이어로 분류하고, 헬기와 관련된 계원, 사고이력, 격납고 및 조종사 현황 등을 DB화하였으며, 헬기와 관련된 정보의 조회와 위치파악을 위해 무선으로 수신받은 GPS데이터를 TM좌표계로 변환하여 헬기의 위치를 실시간으로 파악할 수 있도록 하였다.

앞으로 전국 1:25,000 수치지형도를 매칭하



그림 7. 메인화면

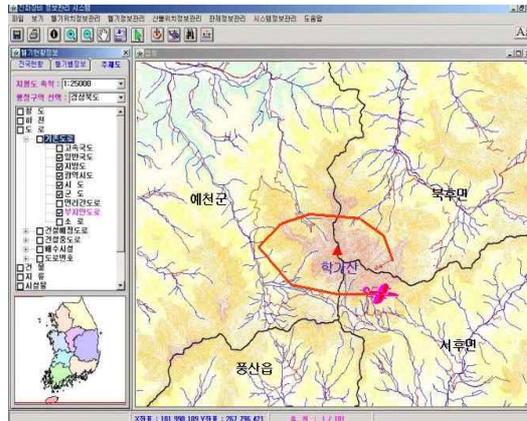


그림 8. 메인화면

고, 진화헬기와 유조차 등 이동장비에 GPS를 장착함으로써 실용화 될 것으로 기대되고 있다.

4. 산림무선종합시스템의 구축

현재 사용하고 있는 단일통신방식의 무선통신망은 통신량 증가에 따른 혼선과 잡음 발생으로 교신에 어려움이 많고 산림청과 시·도간 무선통신망이 구성되어 있지 않아 연락체계가 취약한 실정이며, 데이터통신과 영상통신은 이루어지지 않고 있다.

2005년부터 무선통신방식을 광대역에서 협대역으로 변경코자하는 정보통신부의 방침(1996. 3)에 따른 사전대비와 산간오지의 난청지역 해소 및 통신량 증가에 따른 혼선방지를 위하여 1997년부터 2005년까지 산림무선통신망 구축을 계획하고 있다.

이를 위하여 1997년 기본계획 수립을 위한 연구를 추진하였으며, 이를 기초로 채널복합형 음성통신망을 연차적으로 구축하고 있다. 무선중계기는 전국에 72개소를 설치하는 것을 목표로 50개소를 설치하였으며, 앞으로는 산간오지의 난청지역을 중심으로 시설하여 전국적으로 원활한 무선통신 체계를 유지할 계획이다.

제어시스템은 중앙 및 지방산림관리청은 설치를 완료하고, 앞으로 광역자치단체까지 확

대할 계획이다. 아울러 지역제어시스템까지 전파가 도달되지 않는 중계기를 대상으로 국유림관리소에 간접제어시스템을 시설할 계획이다.

한편, 이와는 별도로 GPS관련 데이터 전송을 위하여 이미 설치된 음성중계기 중 13개소에 GPS중계기를 설치하였다. 가까운 장래에 기술의 발전과 더불어 산불현장의 영상을 송수신할 수 있는 통신시스템의 구축도 가능하게 될 것이다.

표 4. 무선통신망 구축계획 및 추진현황

구분	목표기 (개소)	시설 개소	추 가 시 설				
			2002	2003	2004	2005	
무선 중계기	72	50	22	5	5	6	6
지역 제어 시스템	15	5	10	2	2	2	4
간접 제어 시스템	20	-	20	5	5	5	5

향후 과제

산불방지는 근원적 예방과 초동진화체제의 확립으로 산림피해를 최소화하고 자연생태계

를 보호하는데 그 목표를 두고 있다. 정부차원에서 마련한 산불방지종합대책을 착실하게 추진해 나가는 것만으로도 이러한 목표에 어느 정도 접근할 수 있을 것이다.

그러나 장비의 확충 등 하드웨어적인 측면보다 강조되어야 할 것은 보유하고 있는 자원을 어떻게 효율적으로 활용할 것인가 하는 소프트웨어적인 측면이라고 생각된다. 산불에 의한 피해면적은 시간에 단순 비례하는 것이 아니라 기하급수적으로 확대되어 간다. 따라서 산불의 조기발견과 산불현장의 임황, 지황, 풍속 등 산불확산에 영향을 미치는 요인들을 즉각적으로 파악할 수 있는 운영체제의 구축은 산불피해 최소화에 매우 커다란 역할을 하게 될 것이다. 또한 우리나라의 산불은 계절적으로 뿐만 아니라 하루 중에도 일정 시간대에 집중적으로 발생하는 경향을 가지고 있어 헬기와 같은 제한된 자원의 적정한 배분을 도모할 수 있는 운영체제의 구축 역시 중요하게 될 것이다.

시시각각으로 변화하는 산불현장 상황에 즉각 대응하여야 할 산불방지시스템은 다른 어떠한 시스템보다도 강력하고 동적인 시스템이며, 그 구축을 위해서는 그만큼 복잡하고 어려운 과제를 가지고 있는 것도 사실이다.

GIS의 구현을 위해서는 기본적인 도형정보로서 전국적인 지형도, 임상도가 입력되어야 하고, 개발된 산불위험예보모델과 산불진행예측모델을 실시간으로 웹에 표출하기 위해서는 기상자료의 수신체계를 구축하고 이들을 통합하여야 하기 때문에 많은 시간과 노력이 요구된다.

GPS의 완전한 실현을 위해서는 항공기에는 항법장치를, 산불대책본부와 산림항공관리소등에는 수신장비를 확보하는 등 하드웨어의 확충이 필요하다.

산불방지시스템의 유기적 연결을 위한 통신망의 구축 또한 많은 투자와 시간을 필요로 하는 것으로 일시에 완비하기 어려운 점이 많다. 산불관리에 적합한 음성, 데이터(GPS용) 및 영상(CCTV용) 통신을 위한 멀티미디어 통신망 구성이 필요하며, 각종 기기의 확장성과 호환성을 고려하여야 한다. **KAGIS**

인용문헌

- 김응식. 1997. 산불진행예측모델의 개발. 산림청.
- 김현식. 1997. 선진 산불방지시스템 구축을 위하여. 산림청.
- 오정수 외. 2002. 산불예측 및 감시기술 개발. 과학기술부.
- 이무영. 1997. 산림무선통신망 개선방안. 산림청.
- 이시영, 강용석, 안상현, 오정수. 2002. GIS를 이용한 산불피해지역 특성분석. 한국지리정보학회지 5(1):20-26.
- 조명희, 오정수, 이시영, 조윤원, 백승렬. 2001. GIS를 이용한 산불정보관리시스템 개발. 한국지리정보학회지 4(3):41-50.
- 조명희. 2002. 과학적인 산불관리를 위한 GPS 시스템 구축, 산림청.
- 조윤원, 조명희, 안승섭. 2002. 웹기반 산불위험지수 표출시스템에서의 UML 설계사례. 한국지리정보학회지 5(1):58-68. **KAGIS**