

Internet을 활용한 병해충 발생예찰

송 유 한

경상대학교 농과대학 농생물학과 교수

Pest Surveillance by Using Internet

Song, Yoo Han

Department of Agricultural Biology Gyeongsang National University

ABSTRACT : For effective prevention of the spreading and outbreak of crop insects and disease pests, an intensive pest surveillance system was established to predict their density changes, and distribution. After their initial establishment by either immigration or overwintering, it is necessary to anticipate how they spread out geographically and predict where/when outbreaks are possible.

The two major tools, boundary layer atmospheric model (Blayer) and the geographic information system(GIS), have been being developed to facilitate the prediction of pest occurrence in recent days. We are also developing the PeMos (Pest Monitoring System) that is able to manage the pest surveillance data collected from 152 pest monitoring stations in Korea. These three system related to the pest surveillance should be integrated into an internet based comprehensive database management system to facilitate information resources systematically organized and closely linked.

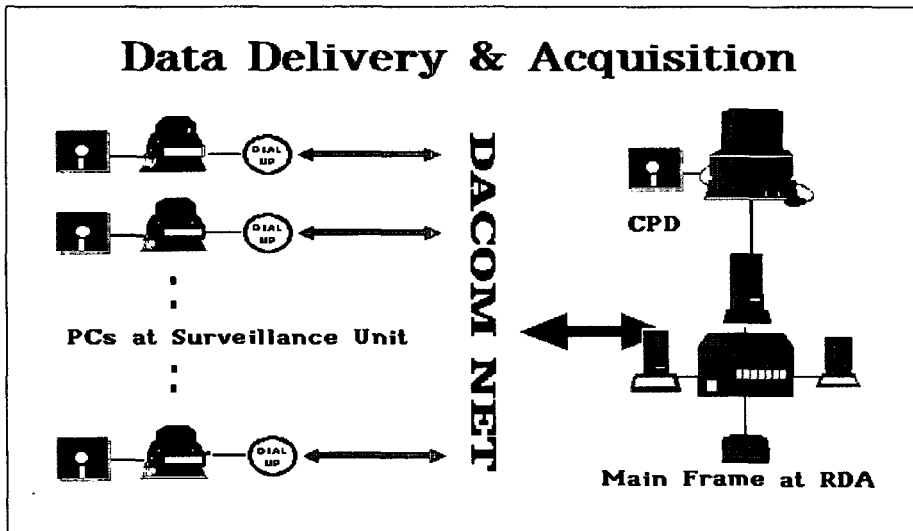
Considering various data types and large data size in each system, a new special information management system is suggested. The integrated system should express complex types of information, such as text, multimedia, and other scientific data under the Internet environment.

This paper discussed the major three systems, GIS, Blayer, and PeMos, relevant to the crop pest surveillance, then how they can be integrated in a comprehensive system under the Internet environment.

Key words : Pest surveillance, GIS, Blayer, Database, Internet, Information, Data, Forecasting, Prediction, Model, Object relational.

I. 서론

농작물의 병해충 발생을 예측하고 방제전략을 미리 수립하기 위해 농촌진흥청은 “병해충 발생예찰사업”을 실시하고 있다. 이 사업의 주된 임무는 전국의 152개 병해충 발생예찰소에서 수집되는 조사자료를 집계, 분석하여 농민에게 병해충의 예찰정보를 제공하는 것이라고 볼 수 있다. 그러나 이 사업의 수행과정에서 발생하는 각종 조사자료의 량이 연간 400여만 건에 달하게 된 현 시점에서 단순한 수작업으로는 자료의 요약과 분석이 어렵고 자료수집으로부터 예찰정보를 도출하고 이를 농민에게 전달하기까지 상당한 시간이 소요되어, 전자계산기를 이용한 자동화 자료전달, 관리, 요약 및 분석체계가 시급히 요구되었다.



<그림 1> 병해충 발생예찰 전산화자료 보고 및 관리체계 (각 예찰소에서 조사된 자료는 공중통신망(DACOMNET)을 통하여 농촌진흥청의 주전산기로 직접 입력됨)

따라서 1986년부터 전자계산기를 활용한 병해충 발생예찰자료의 수집, 보관, 검색, 분석, 및 출력에 관한 기초연구가 수행되기 시작하여 1987년에 “병해충 예찰조사일보”가 전산화되었고, 1988년에는 “관찰포 조사자료” 그리고 1990년에는 “병해충 발생예찰답 조사보고자료”를 관리할 수 있는 <그림 1>과 같은 전산체계가 구성되었다 (송유한 등 1986; 송유한 1987, 1988, 1990).

이와 같이 개발된 “예찰자료 전산화보고 및 관리체계”를 활용하여 농촌진흥청 기술보급국에서는 전국의 152개 병해충 발생예찰소의 도움을 받아 1981년부터 누적된 예찰자료를 입력하기 시작하여 현재까지 수천만 건의 자료가 이미 입력이 되어 있으며, 이 자료는 병해충의 과학적인 예찰과 적절한 방제대책을 농민에게 추천하여 저공해 농산물을 생산할 수 있는 기반을 마련하는데 매우 중요한 역할을 해 오고 있다.

그러나, 이러한 전산화된 누적 예찰 조사자료를 효과적으로 활용하기 위해서는 자료를 분석할 수 있는 적절한 도구(주로 예찰모형)가 절실히 필요하다. 대표적으로 개발되고 있는 모형으로서는 병해충의 발생을 지역적 공간적으로 분석하고 예측하는 지리정보처리체계(GIS)를 이용하는 모형(Arc/Info 모형)과 외국으로부터 저층 제트기류와 함께 이동하여 오는 장거리 이동성 병해충의 경로와 도착 후 분포를 예측하는 대기경계층 모형(Blayer)을 들 수 있다(Song 등 1993; 송유한 1992, 1995, 1997; Turner 등 1998).

또한, 공중통신망을 기본으로 한 <그림 1>과 같은 예찰자료 관리체계로는 기상정보, 해충발생 및 분포정보(Density Layer), 분석정보 등 관련 정보가 데이터베이스에서 체계적으로 관리되지 못하여 자료의 분석과 예측정보의 도출에 일관성과 편의성이 결여되고, 특히 일선 예찰소에서 분석된 자료에 접근할 수 없는 등, 좀 더 정확하고 신뢰성 있는 정보를 빠른 시간 내에 도출할 수 없다는 문제가 있었다. 이는 이 시스템이 개발 될 당시(1997년)의 컴퓨터 통신 및 Database기술의 미비로 인한 시스템 개발상의 제약 때문으로서, 최근 급격한 발전을 보이고 있는 인터넷 및 Database의 I/O를 Web 상에서 구현할 수 있는 기술이 출현 된 현 시점에서 이들을 활용하여 새로운 “병해충 발생예찰 조사자료의 관리체계(PeMos)”를 개발 할 필요성이 제기되었다.

본 논문에서는 수집된 “작물병해충 발생예찰 조사자료”를 분석/해석하고 조기경보가 가능하도록 해 주는 첨단 전산기술인 ① 지리정보처리체계(GIS Model) 및 ② 대기경계층모형(Blayer Model)을 소개하고, 인터넷의 웹(Web) 환경에서 예찰조사자료의 입출력, 자료관리, 요약 및 분석을 가능하게 해 주는 ③ Database 시스템(PeMos)에 대하여 논의 하며, 최종적으로 GIS, Blayer, PeMos 등 위 3개 시스템을 상호 연계하여 통합 데이터베이스 시스템으로 구성하고 인터넷을 통하여 활용할 수 있는 방안에 대하여 기술하고자 한다.

경상대학교 개교 50주년을 맞아 개최된 본 심포지엄에서, 지난 20여 년간 나름대로 연구해온 “병해충 발생예찰”에 대하여 발표를 할 수 있게 된 것을 영광으로 생각하며, 우리 경상대학교가 세계 속의 우수한 대학으로 발전해 나가기를 기원한다.

II. GIS를 활용한 병해충발생 위험지 예측 자동화체계

지리정보처리체계(GIS)는 이 시스템을 보는(이용하는) 학자들의 관점에 따라 여러 가지로 표현될 수 있겠으나, 일반적으로 “지리적-공간적으로 분포된 정보를 전자지도화 하여 데이터베이스를 구축하고 상호 비교, 분석할 수 있게 만든 컴퓨터를 이용한 정보관리 시스템”이라고 볼 수 있다. 우리들이 일반적인 데이터베이스(Database) 시스템을 이해할 때, 우선 얻어진 정보를 구조화하여 입력, 수정, 보관할 수 있는 정보(데이터)의 관리라는 특성과, 이렇게 구조화되어 축적된 연관 정보를 편리하게 검색, 분석할 수 있는 정보이용의 편리라는 특성이 있다. GIS도 이와 같은 일반 데이터베이스 정보관리시스템이 갖는 두 가지의 특성을 모두 가지고 있으나, 다만 GIS는 지리적, 공간적으로 분포하는 정보(Spatial Information or Data)를 전자지도의 형태로 입력, 수정, 보관하여 데이터베이스를 구축하고 이와 같이 구축된 지리적 정보를 검색, 분석할 수 있게 해 준다는 점에서 차이가 있다고 볼 수 있다. 즉, GIS는 지리적 좌표(locations)가 정보참조(referencing information)의 지시자가 될 뿐만 아니라 정량적 분석의 중요한 변수가 된다.

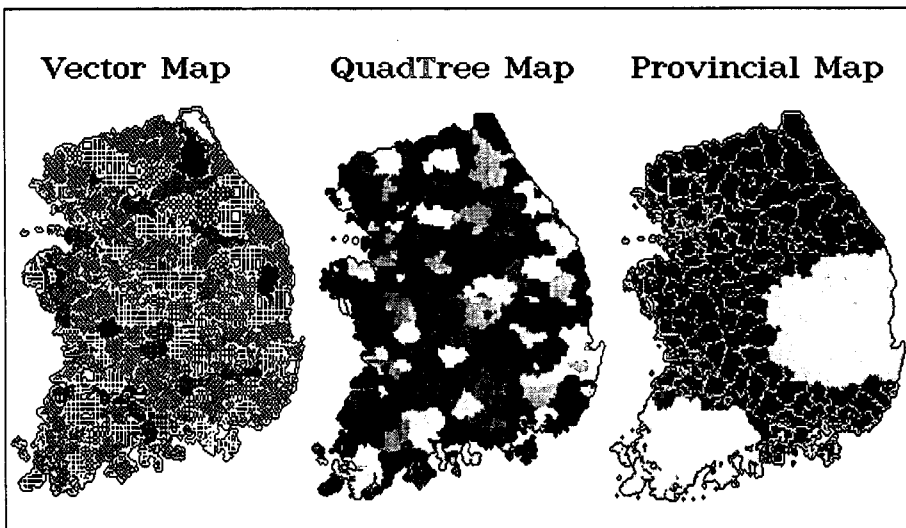
GIS는 그간 종이 위에 그려진 지리정보(paper map)를 전자적으로 표현한다는 점에서 매체가 달라 졌을 뿐 기존의 지도와 크게 다를 바 없지만, 이와 같이 지리정보를 수용하는 매체가 달라짐으로 인해 수록할 수 있는 정보의 범위가 넓어지고, 정보의 보관, 관리가 용이하여 지며, 종이지도로는 상상할 수도 없었던 다양한 정보의 해석과 비교분석을 가능하게 해 준다는 점이 GIS가 유전공학에 견줄 만한 새로운 기술(technology)로 각광을 받게 된 이유라고 생각된다.

병해충 예찰에 있어서 발생시기와 발생량을 예측하는 것도 중요하지만 우리 나라와 같이 지형이 복잡하고 농업환경이 다양한 지역에서는 병해충이 어느 곳에서 많이 발생할 것인지를 미리 알아내는 “發生危險地域의 豫測” 더 중요하다. GIS는 <그림 1> 또는 이 시스템의 발전적 Internet Version인 “PeMos”(뒤에 소개함)와 같은 병해충발생예찰자료 관리체계에서 누적되어 있는 Main Frame Based Database로부터 자료를 입력받아 이미 개발이 되었거나 개발될 예찰모형을 종합하고, 구축한 자료의 이용을 극대화하여 중앙부서 뿐만 아니라 예찰소에서도 효율적이고 과학적인 예찰 자동화를 달성할 수 있는 지름길이라고 볼 수 있다. 본 심포지엄에서는 우선 병해충 발생위험지 예측을 위한 GIS 시스템의 활용과정에 대하여 기술코자 한다.

1. GIS의 기본도(Basic Thematic Map Layers)

GIS의 초기단계에서는 우선 공간적으로 분포된 지리정보를 수용할 수 있는 기본도(Basic Thematic Map)를 작성해야만 한다. 이 사례에서는 Raster Base의 GIS인 SPANS를 이용하였으며, <그림 2>에서 기본지형의 Vector Map을 Raster Base의 기본도를 만들어 재분류하여 새로운 지도(도별지도 등)를 만드는 과정을 보여주고 있다.

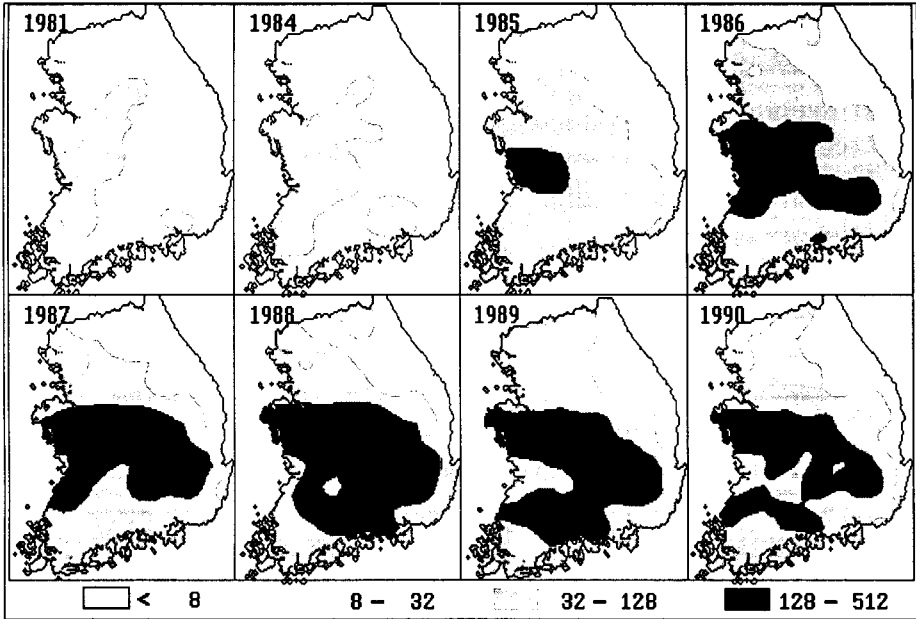
이와 같이 만들어 진 기본도(Vector, Polygonize 및 QuadTree Raster Map 등)는 이 이후 지리정보를 수용하는 매체로 작용한다.



<그림 2> GIS의 기본 전자지도의 구성과정 - 각 시군 경계도(Vector Map)를 작성한 후 기본전자지도(QuadTree Map)를 만들고 이를 도별, 기후대별, 지역 특성별로 분류하여 이용할 수 있다.

2. 이화명나방의 년도별 분포지역의 변화

전국의 152개 예찰소는 GIS에 있어서 국소 조사지(Data Point)에 해당한다. 이러한 어떤 특정 조사지에서 조사된 자료를 Point Data라고 한다. 각 조사지에서 조사된 자료를 토대로 지역적 분포를 알기 위해서는 GIS의 Interpolation기법을 사용한다. <그림 3>에서는 이러한 기법을 이용하여 1981년부터 1990년까지 이화명나방의 전국적 분포를 일목요연하게 나타낼 수 있다. 이러한 분포도의 변화를 Contingency Analysis 등 분석방법으로 처리하면 보다 더 의미 있는 해석을 얻을 수 있다.

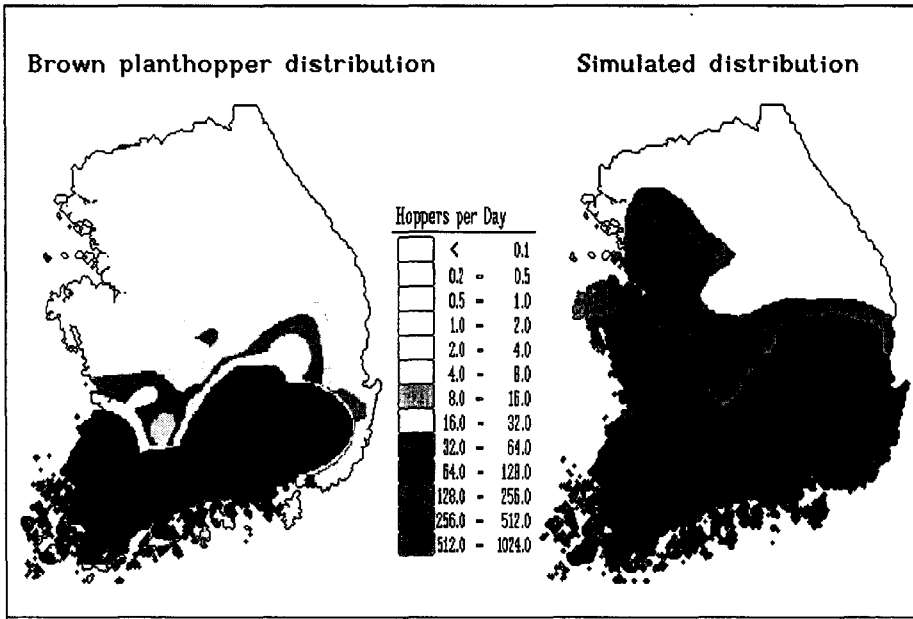


<그림 3> GIS로 추정한 지난 10년간 이화명나방의 지역적 밀도분포의 변동.
1980년대 중반부터 고밀도 지역(붉은 색)이 급속히 확산되고 있다.

3. 벼멸구의 발생위험지 예측

GIS의 큰 장점중의 하나는 현재의 상황에 비추어 미래의 상황을 예측해 볼 수 있는 Simulation Model을 수용할 수 있다는 점이다. <그림 4>는 이미 구성되어 있는 벼멸구의 Population Dynamic Model을 변형하여 GIS Model로 만들고 현재의 상황(벼멸구의 초기 비래량)으로부터 후기의 발생상황을 비교적 정확히 예측해 낼 수 있음을 보여주고 있다.

GIS 모형은 변수(Variables)로서 Map Layer를 사용하고 있다는 점이 특이할 뿐 그 기본적인 개념은 통상적인 Simulation 모형과 큰 차이가 없다.



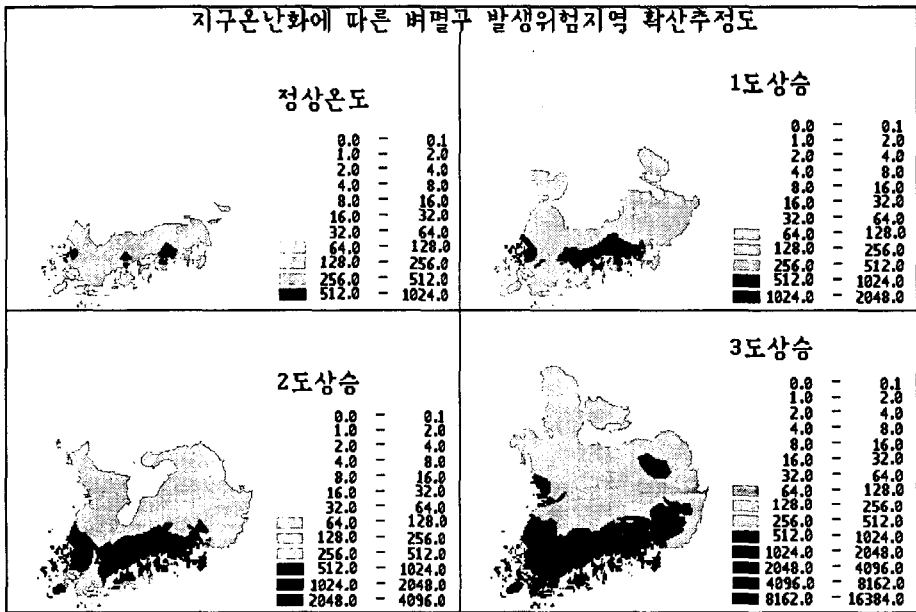
<그림 4> GIS의 시뮬레이션 모형으로 추정한 벼멸구의 발생위험지역(오른쪽)과 1990년도 실제 벼멸구 발생지역(왼쪽)의 비교 - 초기의 비래상황과 기상조건 등을 이용하여 약 두 달 전에 벼멸구의 발생이 위험시되는 지역을 예측해 낼 수 있다.

4. 기후변화에 따른 벼멸구의 발생위험지 변화의 예측

이와 같이 모형이 만들어지고 그것이 실제의 조사결과와 비교하여 정확성이 검증되면 이를 활용하여 미래에 일어날 지도 모르는 여러 가지 환경의 변화에 대비하여 그 결과를 예측하는 도구로서 사용해 볼 수 있다. 그 예로서 만일 기후의 변화로 인해 한반도의 기온이 상승하는 상황이 올 때 벼멸구의 분포범위가 어떻게 될 것인지를 예측코자 한다면, 벼멸구의 GIS모형에 온도에 대한 Map Layer를 변경하여 입력하면 즉시 <그림 5>와 같은 결과를 얻을 수 있다. 이 경우 GIS의 모형에 한두 개의 Statement만 변경하는 것으로 충분하다.

GIS는 병해충발생위험지예측 뿐만 아니라 우리 농업연구의 여러 분야에서 가장 필요한 기술이다. 이 기술을 효율적으로 잘 활용하려면 관련 연구자들 상호간에 긴밀한 협력이 필요하다. 그러기 위해서는 우리 농업 연구자들이, GIS Software의 표준을 정하고 구입할 때 공동대처하며, GIS의 훈련을 위해 상호 협조와 인력교류를 활성화해야 하고,

GIS의 자료(Map) 입력(주로 Digitizing)형태의 표준화 및 입력사업을 분담하며, GIS관련 Digital Data (Remote Sensing Data 포함)의 공동으로 구매하여 활용해야 하고, GIS장비 (Workstation, Digitizer, Plotter, Scanner 등)를 공동 활용하는 등의 협력체계를 긴밀히 구축, 유지 할 필요성이 있다고 생각된다.

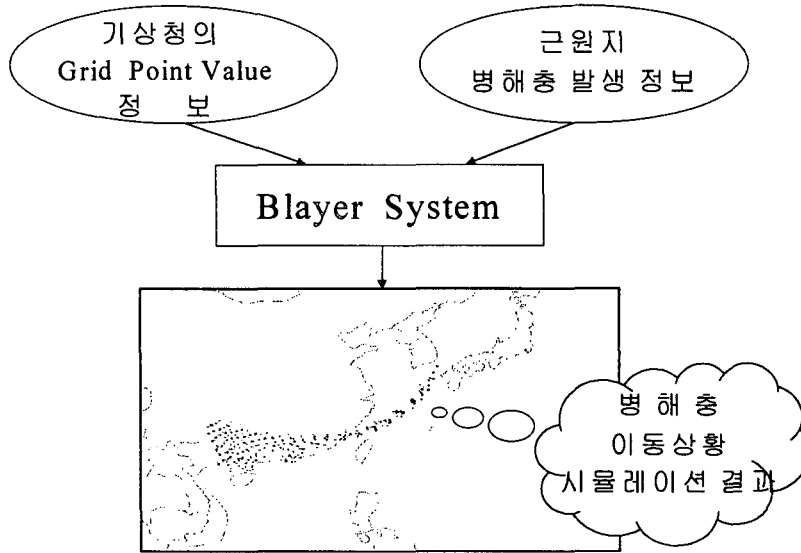


<그림 5> 지구의 온난화에 의한 대기온도의 상승 시나리오를 벼멸구의 모형에 입력하여 발생위험지역의 확산을 예상한 결과 - GIS모형을 이용하면 예상되는 미래의 상황도 미리 유추하여 볼 수 있다.

III. 대기경계층모형(Blayer)을 활용한 병해충 장거리 이동경로 추적

대기경계층모형(Boundary Layer Atmospheric Model: Blayer)은 장거리에 걸쳐 이동하는 해충의 이동수단이 되는 대기의 흐름을 Simulation하는 기상모형중의 하나로서 (Turner 1993), 미국의 옥수수지대로 이동하는 검거세미나방을 예측하기 위해 Iowa대학에서 성공적으로 개발된 바 있다(Turner 등 1998). 우리나라에서도 벼멸구와 흰등멸구 등이 검거세미나방과 유사하게 저층젯기류(Low Level Jet Stream, LLJet)를 타고 비래하기 때문에 이 Blayer 모형을 이용하여 이들의 이동상황을 Simulation 해볼 수 있

는 시스템(Blayer)이 개발되었다.

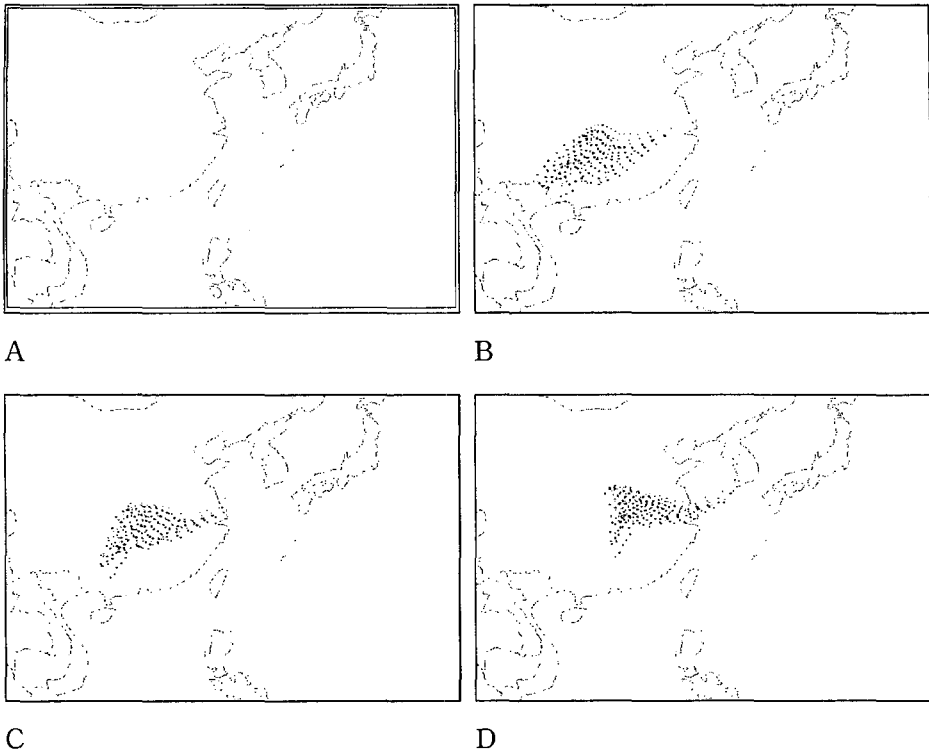


<그림 6> Blayer 시스템의 구조 및 입출력 형태

Blayer 시스템은 해충의 발생근원지 (벼멸구의 경우 중국 남부지역으로 알려짐)에서의 병해충 발생정도 및 분포와 바람, 습도, 온도 등의 요소를 표현하는 GPV(Grid Point Value) 형식의 기상 데이터를 분석하여 <그림 6>과 같이 이동성해충으로 구성된 구름을 시간적으로 연속하여 추정하고, 이동의 출발점을 인식하며, 이동 후 낙하하는 병해충의 수를 예측해 줄 수 있다.

1. Blayer에 의한 벼멸구의 이동상황

이 시스템을 이용하여 우리 나라로 이동하여 오는 대표적인 해충인 벼멸구의 비래 경로를 추정 해 본 결과, <그림 7>에서 보는 바와 같이 초기 비래의 경우 1998년 6월 상순 제주도과 전남 남해안에 비래한 벼멸구의 비래원은 중국 광둥성 남동부 지역으로서 약 51시간 후에 도달되는 것으로 나타나고 있다.



<그림 7> Blayer에 의한 1998년 6월초 벼멸구의 조기비래상황의 예측.

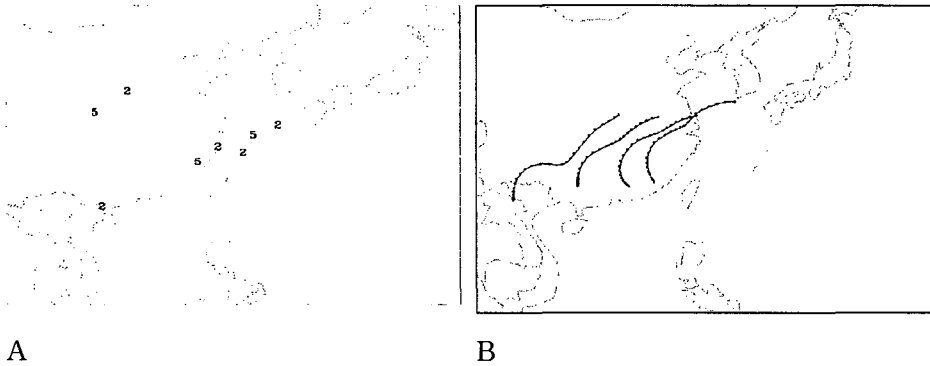
A: 벼멸구의 월동지역(비래원);

B: 6월3일 1차비래 시나리오에서 비상 27시간 후의 벼멸구 구름의 분포;

C: 비상 39시간 후의 벼멸구 구름의 분포;

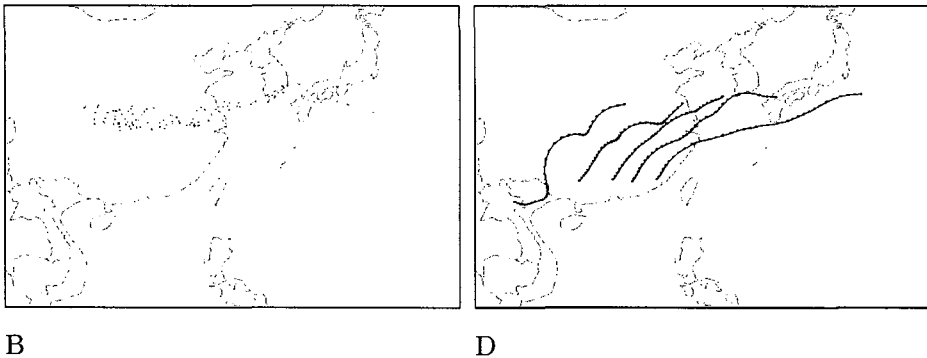
D:비상 51시간 후의 벼멸구 구름의 분포(우리 나라에 1988년 6월5일경 도착)

한편 이러한 벼멸구 비래 시나리오에서 기류의 방향 및 속도로 본 벼멸구의 구름의 가능한 분포범위와, 기류이동의 역추적(Back Trajectory Analysis)에 의한 이동의 경로를 나타낸 <그림 8>을 보면, 우리 나라로 비래하는 벼멸구는 중국의 중요 벼 재배지 전체로 분산되는 개체군과 동일한 유전자 급원을 갖고 있음을 보여주고 있으며, 좀 더 구체적으로는 중국의 광둥성 동쪽 해안지대가 직접적인 출발점임을 알아 볼 수 있다.



<그림 8> Blayer에 의한 1988년 6월초 1차비래 시나리오에서 추정된 벼멸구 분산범위 (A) 및 이동경로(B). (1960m AGL at 02 UTC, 6 June 1998)

벼멸구가 좀 더 많이 비래하는 7월 초 중순의 중기 비래상황을 역시 Blayer모델로 추적한 <그림 9>를 살펴보면, 1987년 7월 3-6일 한국의 남부해안지대에 비래한 벼멸구는 초기비래와는 다소 차이가 있는데, 중국 남부지역을 비래원으로 가상하였을 때 한국에 도달하는 벼멸구는 60시간 정도를 날아야 함으로 그 현실성이 희박하며, 따라서 좀 더 북쪽으로 비래원이 이동된다고 보아야 할 것으로 생각된다.

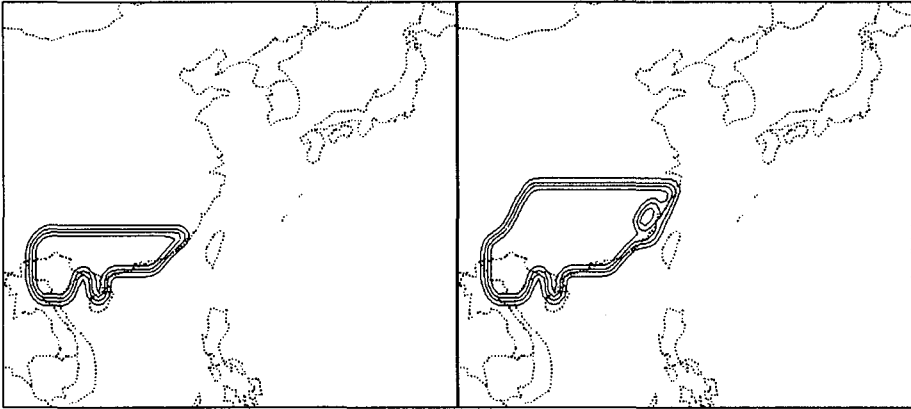


<그림 9> Blayer에 의한 1997년 7월 3일 비산 60시간 후 벼멸구의 분포(A, 적색: 733m AGL, 갈색: 1350m AGL, 황색: 1960m AGL) 및 7월 2일부터 중국 5개 지역으로부터 기류의 흐름분석 결과 (B, 733 AGL).

2. Blayer에 의한 벼멸구 초기(6월) 및 중기(7월) 비래상황 예측

1996년부터 1999년까지 3개년간 농림수산특정연구과제(첨단)로 수행중인 “장거리이동

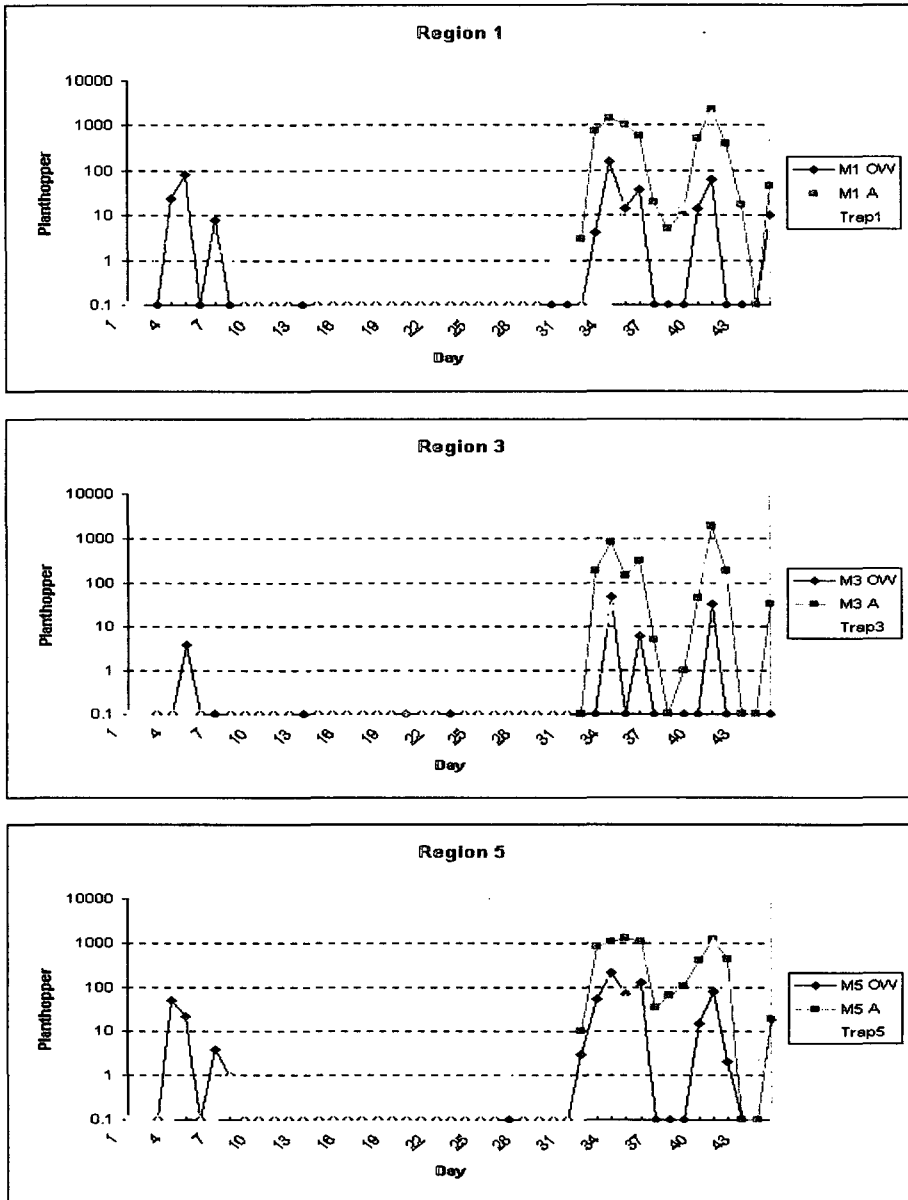
성 해충의 Internet 조기경보체계 개발” 연구의 결과로 개발된 Blayer의 예측기능을 살펴 보기 위해, 벼멸구의 비래의 근원이 초기(6월초)와 중기(7월초)에 다를 수 있다는 가정 하에, 예비 Back Trajectory 추적 결과에 따라 <그림 10>에 나타난 중국 남부지역(OW 지역) 및 그 약간 위쪽(A지역)의 두곳을 비래원으로 가정하여 Simulation을 수행하였다.



<그림 10> 벼멸구 이동경로 추적에 있어서 비래 근원지 설정. 왼쪽: 월동근원지 (OW지역), 오른쪽: 확장 비래 근원지(A지역). 확장근원지는 월동근원지에서 1개월간 확산된 것으로 가정하여 설정함.

우리 나라의 벼멸구 Monitoring 지역을 Region-1:서남해안지대, Region-2:서북부지역, Region-3:동남해안지역, Region-4:동북지역, Region-5:제주도 등으로 5개 지역으로 나누었을 때, 1987년도 실재 유아등에 잡힌 곳은 1, 3, 5 등 3개 지역이었으며, 6월초의 초기 비래상황을 보면, 1일-8일 사이에 1, 3, 5지역에서 유살 되었으며, 1지역에서 2마리 이상으로 가장 많았다 <그림 11>.

Blayer에 의해 OW지역을 비래원으로 하여 추정 한 결과도 이 실재 유살 상황과 잘 일치하였으며, 이를 분석할 때 초기에는 벼멸구가 한국의 서남부 해안 정도에 가까스로 도달 될 수 있지 않나 생각된다.



<그림 11> 1987년 6월 1일 이후 남서해안지대의 일별 실측 벼멸구 유살 수와 Blayer 에 의해 추정된 유살 수의 비교. Region 1: 한국 남서부; Region 3: 한국 남동부; Region 5: 제주도. (노란색: 실재 유아등 비래수, 검은선: 중국남부 OW지역을 비래원으로 가정하였을 때 예상 비래수, 분홍색선: 중국남부 A 지역을 비래원으로 가상하였을 때 비래수 추정).

<그림 11>은 실제 비래상황과 Simulation 결과를 대비하여 나타낸 것으로, 만일 벼멸구가 60시간 이상 공중에서 생존한다면, Blayer Simulation 에서도 6월 13일에 제주도예 상당수 비래할 수 있었을 것이며, 또한 벼멸구가 공중에서 48시간 이상 버틸 수 있다면, 남부지방에 약간의 개체가 비래하였을 가능성이 있는 것으로 분석되었는데, 13일 부근에는 제주도에는 실제로 유살 되지 않았으며 1지역과 3지역에서 각각 1마리씩 유살 되었다. 이러한 결과로 볼 때 벼멸구는 장거리 이동 중 약 48시간까지는 생존할 수 있으나 60시간까지는 생존이 어려운 것으로 판단된다.

한편 7월초의 벼멸구 비래상황과 Blayer Simulation 결과를 비교해 보면, 실제로 1, 3, 5지역에서 7월 중순까지 상당수의 벼멸구가 유살 되었는데, Simulation 결과 OW 지역을 비래원으로 한 경우(그림 11의 검은선)의 예측치 보다 A지역을 비래원으로 가정한 경우(분홍색선)에서 실측치와 더 잘 일치하였다. 특히, 7월 2일 3지역에 비래한 것은 A지역을 비래원으로 하지 않고는 설명이 되지 않았다. 그 이후 7월 11일 및 13-15일 비래한 벼멸구도 A 지역을 비래원으로 하여 Simulation 한 것과 잘 일치하였는데, 전반적으로 볼 때 중기비래의 경우 확장비래원(A지역)을 가정한 경우를 더 정확한 예측이 가능하였으며, OW지역을 비래원으로 하였을 때 설명되지 않는 경우가 두 번 나타나고있다.

결론적으로 Blayer 시스템은 인터넷 환경에서 FTP 등을 통하여 기상자료를 입력받아 이동의 근원에 따른 해충의 도착시간 및 비래수를 지역에 따라 정확하게 예측할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 시스템이 확실하게 검정되고 실용화 될 경우 벼멸구 등 돌발해충의 비래상황을 쉽고 빠르게 예측함으로써 미리 대처할 수 있을 것으로 생각된다.

IV. PeMos: 인터넷 병해충 발생예찰정보 관리체계

인터넷은 연구자들이 전 세계에 흩어져 있는 수많은 정보원을 손쉽게 이용할 수 있게 해 줄 뿐만 아니라 인터넷을 통하여 얻어진 정보들을 연구와 개발에 응용할 수 있는 환경을 제공하여 준다. 우리 농업연구자들은 추구하는 분야가 어떤 것이건 간에 당면한 문제점의 대부분을 인터넷을 통하여 해결할 수 있다. 특히, 이를 위한 사용자 인터페이스인 웹 브라우저는 이용법이 간단하고 다양한 링크와 그림 중심의 화려한 화면을 제공하고 있어 초보자라도 쉽게 접할 수 있다. 뿐만 아니라 하드웨어 환경에 독립적이기 때문에 인터넷에 연결되어 있는 정보원이라면 전세계 어느 컴퓨터에서라도 이용이 가능하다.

폭발적으로 늘어가는 사용자수에 걸맞게 인터넷을 통하여 다양한 정보들이 제공되고

있는 반면, 우리 나라에서는 농업과 직접 관련된 정보 서비스가 많지 않아 과학 영농에 크게 활용되고 있지 못하다. 그중 우리 나라의 주곡인 벼의 생산에 관련된 것도 마찬가지이다. 현재 벼의 안정 생산에 가장 큰 장애 요인중의 하나는 이동성 벼 병해충의 돌발적인 발생이다. 따라서 이들 병해충이 돌발하는 시점을 정확하게 예측하여 이들의 발생 근원과 이동 경로를 파악함으로써 주곡의 안정 생산에 크게 기여할 수 있다. 특히, 장거리 이동성 해충류는 우리 나라에서 월동하는 것이 아니라 매년 다른 나라에서 이동하여 오기 때문에 현실적으로 국내에서의 연구만으로는 해결할 수 없다.

우리 나라는 세계에서 매우 앞서가는 농작물 병해충 발생예찰 체계를 운영하고 있다. 즉, 경지 면적에 비해 가장 많은 예찰소를 가지고 있으며(해상력 26Km), 통일된 예찰포와 잘 조직된 예찰자료 수집 체계를 갖고 있다. 특히, 공중데이터통신망을 기초로 10년 전에 구축된 Database System을 통하여 지난 수십 년에 걸쳐 모아진 누적 예찰 조사 자료는 큰 자랑이라고 할 수 있다. 그러나 병해충 발생자료를 보다 체계적으로 구조화하여 분석하기 위해서는 수집된 병해충 발생조사자료를, 현재의 Internet통신기술에 걸맞게, 좀 더 효율적으로 입력, 수정, 관리할 수 있는 시스템으로의 개선이 필요하게 되었다.

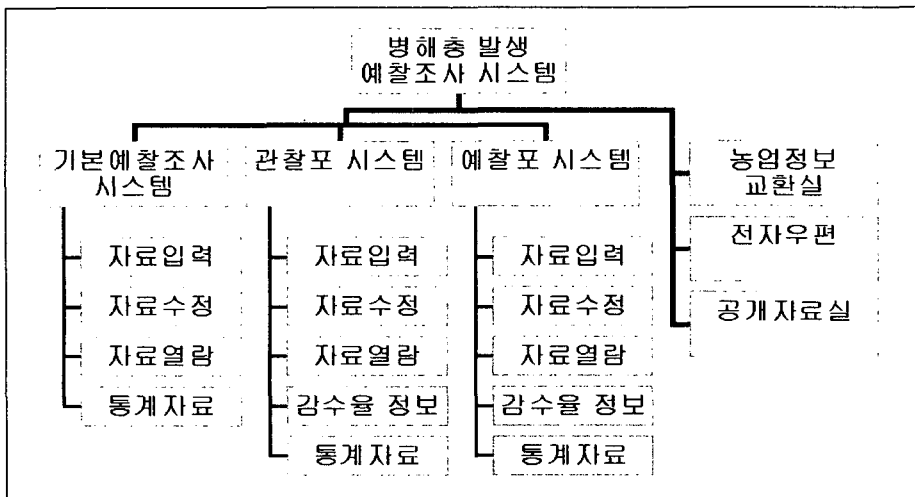
본 장에서는 기존의 벼 병해충 발생예찰 조사자료 관리체계를 개선하기 위해 인터넷을 이용하여 병해충 발생정보를 실시간으로 수집하고 이를 이용하여 새로운 지역에 대한 병해충 발생 및 확산 정도를 조기에 실시간으로 예측하여 다양한 형태로 예측 정보를 서비스할 수 있는 Database Management System인 가칭 PeMos(Pest Monitoring System)에 대하여 소개코자 한다.

1. 시스템의 구성

PeMos는 인터넷 환경에서 동작하는 6개의 부시스템으로 구성되어 있으며, 그 기능은 크게 3가지이다. 첫째는 사용자 인터페이스 부분인데, 이는 시스템 접근 및 병해충 예찰정보의 입력을 수행하는 부분으로 (1) 기본 예찰 조사 일보, (2) 관찰포 조사, (3) 예찰포 조사, (4) 농업 정보 교환실, (6) 전자 우편 등으로 구성되어 있으며, 각 부시스템은 아이콘으로 표시되어 있다. 둘째는 예찰정보의 처리 부분이다. 각 부시스템을 통해 병해충 조사지점에서 관측, 조사되어진 자료를 DBMS에 저장하여, 사용자의 질의에 대하여 처리하는 부분으로 (1) Web Server, (2) 웹 데이터 블레이드 모듈이 여기에 해당한다. 셋째는 예찰정보의 관리 운영 부분이다. 각 부시스템을 통해 예찰소에서 입력된 예찰정보를 시스템에 저장 및 관리, 운영하는

DBMS 부분이다.

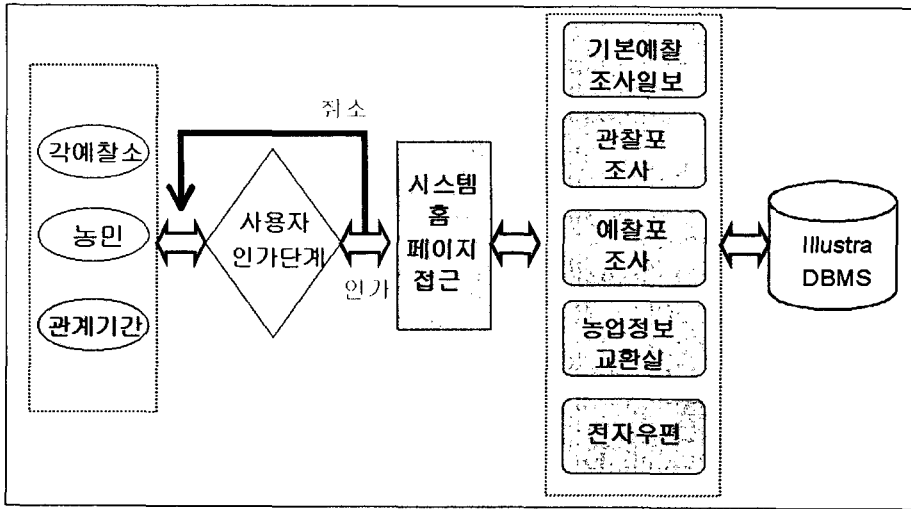
PeMos에서 예찰정보의 입력은 먼저 시스템에서 사용자들에게 인터넷 환경을 통하여 표준 입력 양식을 제공하며, 사용자는 이를 통해 병해충에 관련하여 관측 조사된 자료를 입력한다. 또한 사용자들은 병해충 예상 발생 정보를 제공받을 수 있는데, 웹 브라우저의 표준 질의 양식을 통해 시스템에게 질의할 수 있으며, 이때 시스템은 사용자의 질의에 따라서 예찰정보를 (1) 텍스트, (2) 그래프, (3) 지도 형태 등으로 질의 검색한 결과를 보여준다. PeMos를 구성하는 부시스템은 기본 예찰 조사 시스템, 관찰포 시스템, 예찰포 시스템, 농업 정보 교환실, 전자 우편, 공개 자료실 등으로 구성되어 있으며, 부시스템 상호간 계층적 구조도는 <그림 12>와 같다.



<그림 12> PeMos의 계층적 구조도

각 부시스템들은 상호 독립적인 기능을 제공하며, 병해충 예찰정보의 입력, 검색, 수정, 확인, 통계 자료, 감수율 등의 정보 제공 기능을 담당한다. 또한 부시스템에서 상호간 이동시에는 인터넷 환경에서 GUI 기반으로 다른 부시스템으로 쉽게 전환된다.

PeMos에 사용자가 접근하려면 <그림 13>과 같은 절차를 따르며, 부시스템의 사용 권한에 따라 접근할 수 있고 병해충 예찰정보도 제공받을 수 있다.



<그림 13> PeMos의 접근 순서도

2. PeMos의 구현

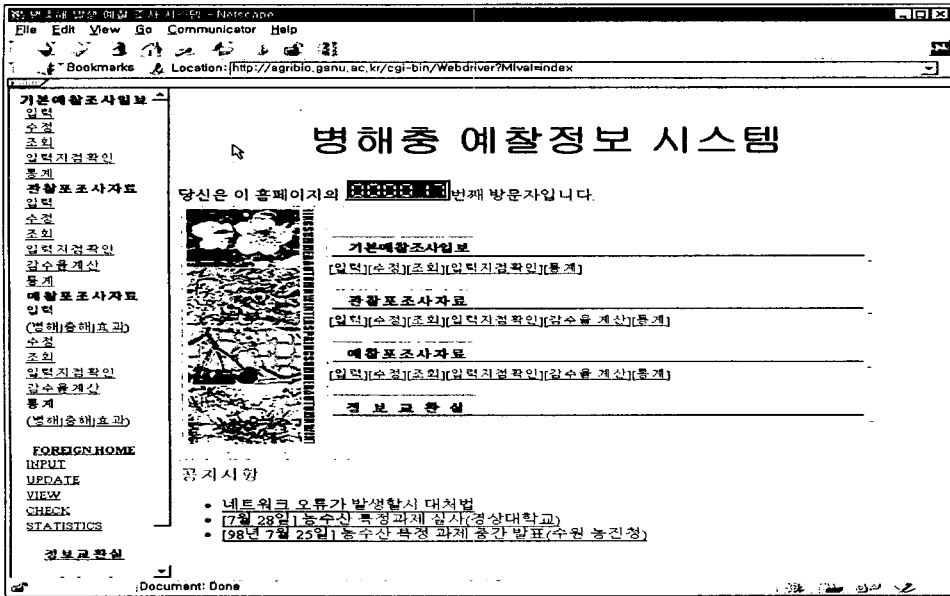
PeMos를 구성하는 각 부 시스템들의 기능과 본 연구에서 개발된 웹 페이지들의 기본적인 모양은 다음과 같다.

가. 접근 단계

초기 보안 단계에서는 사용자 ID와 패스워드 확인을 통해 보안 검사를 실행한다. 사용자 보안 검사가 확인되면, PeMos에서 제공되는 농업 예찰정보를 얻을 수 있다. PeMos를 이용하고자 할 경우에는 사전에 시스템 관리자에 의해 등록되어 있어야 하며, 만약 PeMos 시스템에 방문을 하고 싶은 사람은 사용자 ID에 "sonnim"를 입력하면 PeMos에서 제공되는 기본적인 자료들을 열람할 수 있다.

나. 홈페이지

PeMos의 기본 기능은 크게 3부분으로 구성되었다. 첫째는 사용자 인터페이스 부분이다. 이는 시스템 접근 및 농업 예찰정보의 입력을 수행하는 부분으로 (1) 기본 예찰 조사 일보, (2) 관찰포 조사, (3) 예찰포 조사, (4) 농업 정보 교환실, (6) 전자 우편 등으로 구성되어 있으며, 각 부시스템의 특징을 아이콘으로 표시하였다.



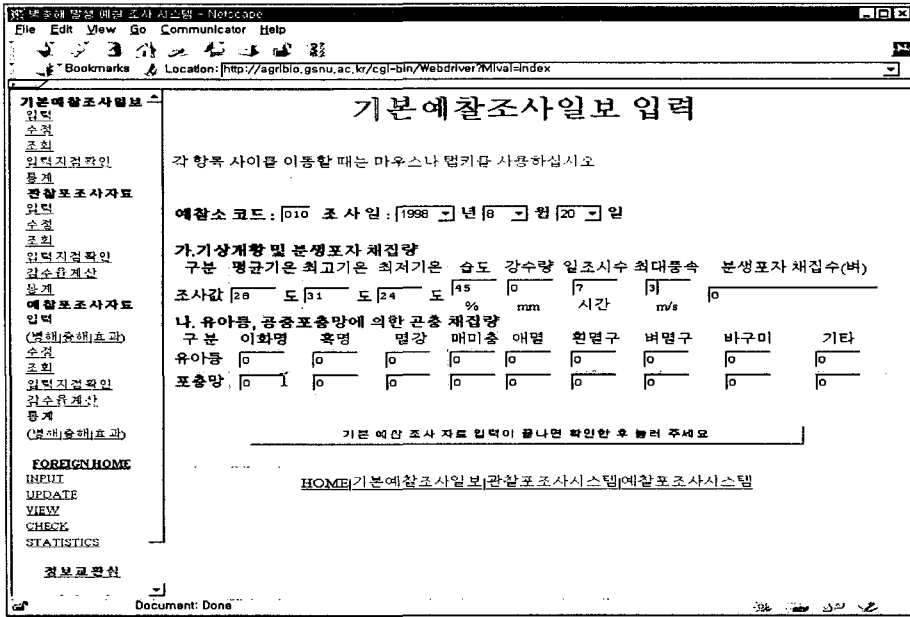
<그림 14> PeMos 홈페이지

<그림 14>는 PeMos의 홈페이지 인터페이스 화면으로, 각 부시스템에 대한 정보를 아이콘으로 표시하여, 해당 부분을 선택하면 곧 바로 부시스템에 접근할 수 있다. 홈페이지의 하단 부에는 정보 교환실의 공지사항 중 최근의 3개 기사를 링크 하여, 최신 공지 사항을 홈페이지 접근 즉시 확인할 수 있다.

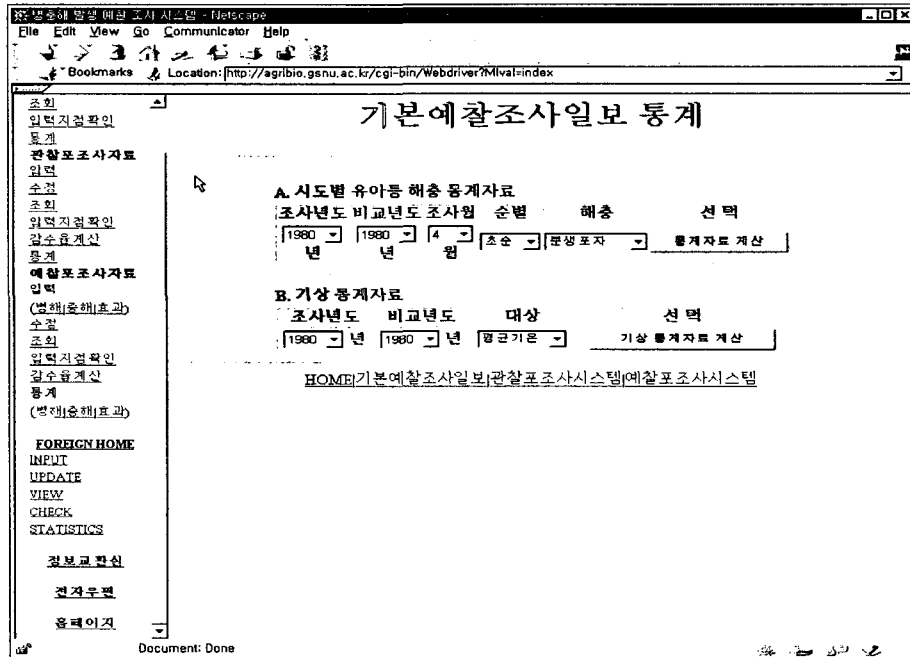
다. 기본 예찰 일보 조사 부시스템

기본 예찰 조사 일보의 입력은 아래 그림과 같이 기온, 습도, 풍속 등의 기상 개황과 포충망 및 유아등에서 채집한 해충의 수를 매일 입력한다. 입력되어진 자료는 입력 날짜와 예찰소코드를 기본 키로 하여 기본 예찰 조사 일보 테이블에 저장된다. <그림 15>는 기본 예찰 조사 일보 입력 화면의 예이다.

입력된 기본 예찰자료는 DBMS에 의해 관리되며, 사용자의 질의에 따라 병해충 예찰정보를 다양하게 생성한다. <그림 16>은 기본 예찰 조사 일보 부시스템에서 병해충 발생 정보에 대한 질의 화면이다.

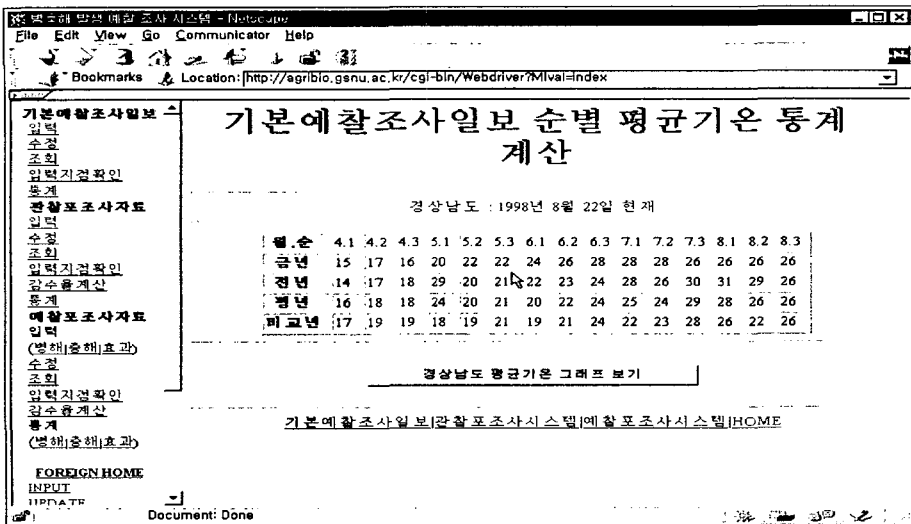


<그림 15> 기본 예찰 조사 일보 입력 화면

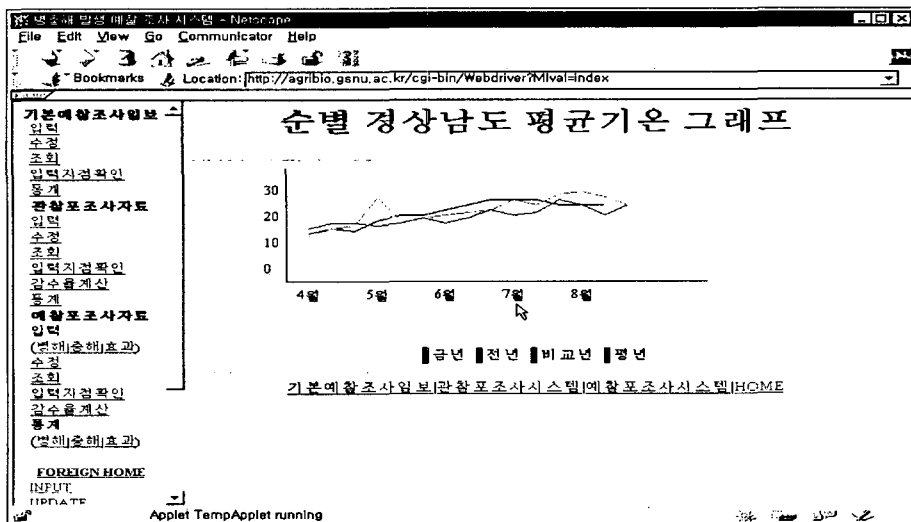


<그림 16> 기본 예찰 조사 일보 통계 질의 화면

이 질의 화면에서는 연도, 월, 일, 병해충명, 지역 구분을 질의 입력 데이터로 받아들여 “선택” 버튼을 실행하면 질의에 대한 예찰정보를 DBMS에서 검색하여 결과를 신속 정확하게 사용자에게 보여준다. 질의 화면을 통해 질의된 예찰정보에 대한 데이터는 2단계로 나누어 제공된다. 첫 번째 단계에서는 PeMos에서 관리하는 수치 데이터 예찰정보를 <그림 17>과 같은 2차원 테이블로 보여준다. 이 예찰정보를 그래프 형태로 출력하고 싶으면 두 번째 단계의 제공 형태로 <그림 18>과 같은 결과를 얻게된다.



<그림 17> 기본 예찰 조사 일보 통계 자료(표)



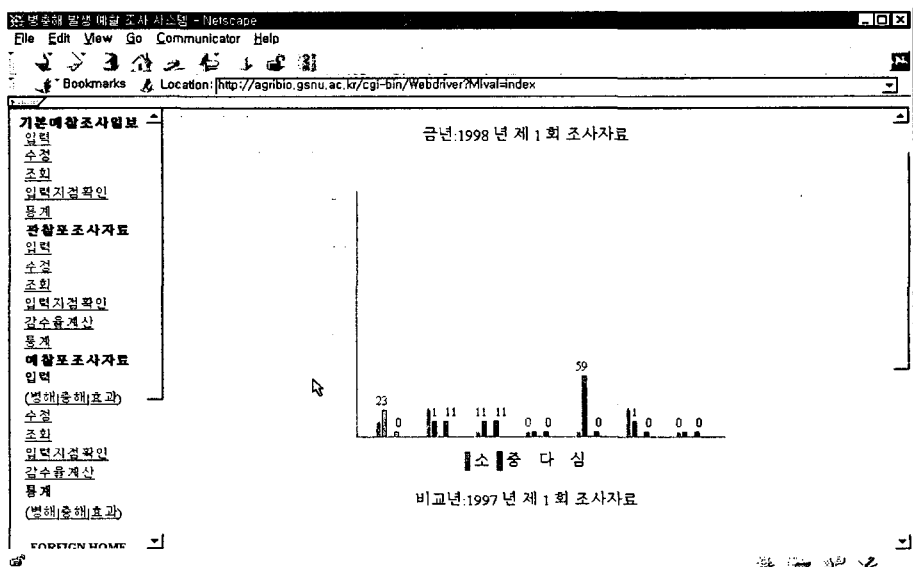
<그림 18> 기본 예찰조사일보 통계자료(그래프)

라. 관찰포 조사 부시스템

관찰포 조사 또한 예찰포 조사에서와 유사한 입력화면으로 각 예찰소로부터 소, 중, 다, 심의 네 단계로 구분된 해충 피해도와 병해 피해도 조사 자료를 입력받는다. 입력된 자료는 조사회수와 예찰소 코드를 기본 키로 하여 하나의 테이블에 저장된다. 입력된 관찰포 조사 자료는 DBMS에 의해 관리되며, 사용자의 질의에 따라 병해충 발생예찰 정보를 생성한다.

관찰포 조사 질의 화면에서는 조사 년도, 비교 년도, 조사 회수, 병해충 명, 지역 선택을 입력으로 받은 후 “선택” 버튼이 눌러지면 질의 검색이 실행되며, 예찰 통계 자료를 분석하여, 시도별, 지역별, 지대별, 모작별 등으로 구분하여 검색할 수 있다. 검색된 결과는 예찰포에서와 유사한 검색된 결과 테이블로 나타나며, 크게 2부분으로 구성되어 있다. 첫 번째는 검색된 결과 테이블로 상단에 표시되었고, 두 번째는 검색된 질의 테이블을 막대 그래프나 지도 형태로 출력할 수 있게 하는 부분으로 하단에 나타나 있다. 두 번째 부분에서는 병해충 발생정도 단계를 사용자가 입력하게 하여 병해충 발생 정도를 분류하여 보이도록 한다.

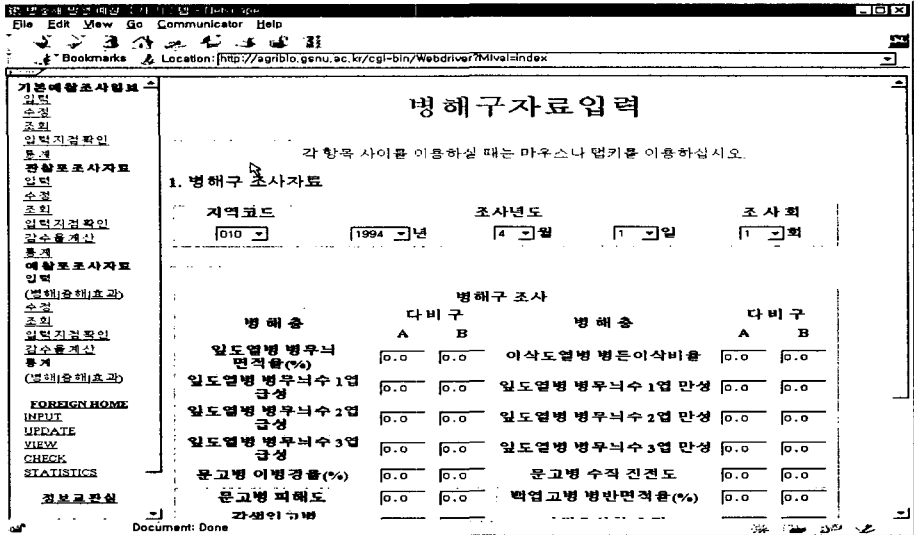
텍스트 형태의 출력은 수치로서 예찰자료를 표시하고, 그래프 형태의 출력에서 X축은 지역을 나타내며, Y축은 발생 면적을 나타낸다. 비교 년도 자료와 현재의 자료를 각각 다른 그래프로 표시하여 쉽게 비교하여 볼 수 있다. 그리고 지도 형태의 출력은 지역별 감수율 상황을 지도상에서 단계적으로 각각 다른 색상으로 표시함으로써 전국의 상황을 한눈에 파악할 수 있다.



<그림 19> 관찰포 막대그래프 통계 자료

마. 예찰포 조사 부시스템

예찰포조사 부시스템은 병해구, 충해구, 무방제구로 구분하여 병해충 예찰정보를 입력한다. 입력된 자료는 조사회수와 예찰소 코드를 기본 키로 하여 각각의 테이블에 저장된다.

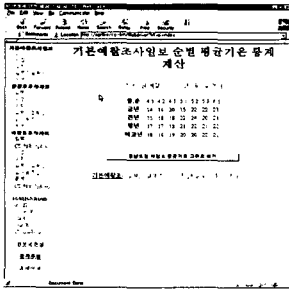


<그림 20> 예찰포 조사 병해구 입력 화면

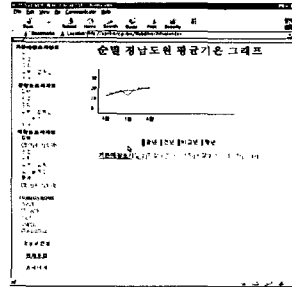
예찰포 조사 부시스템에서 병해충 예찰정보 입력이 완료되면, "입력확인" 버튼을 실행하여 DBMS에서 예찰정보 데이터를 저장한다. 저장된 예찰정보는 사용자의 질의에 따라 예찰정보를 생성하여 텍스트, 그래프, 지도 형태의 모양으로 보여준다.

예찰포 조사 질의 화면에서 조사 년도, 비교 년도, 조사회수, 병해충명, 지역선택 등으로 입력을 완료한 후 "선택" 버튼을 실행하면 질의 검색을 수행하여 검색 결과를 생성한다. 질의 입력데이터 중 "비교 년도"는 사용자에게 검색하는 데이터를 특정자료와 비교할 수 있는 기능을 제공한다. 만약 조사 년도와 비교 년도가 동일할 경우에는 조사 년도만을 수행한다.

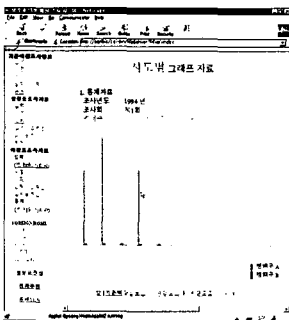
예찰포 조사 질의 검색 결과 테이블은 역시 크게 2부분으로 구성되어 있는데, 첫 번째는 검색된 결과를 2차원 테이블로 표시하고 창의 상단에 나타난다. 두 번째는 검색된 질의 테이블을 지도 형태의 예찰정보로 출력할 경우, 지도에서 표현되어지는 병해충 발생 정도 단계 기준을 5단계로 사용자가 정의하게 하여 그 기준에 따라 분류된 병해충 발생 정보를 보이기 위한 것으로 창의 하단에 나타나 있다.



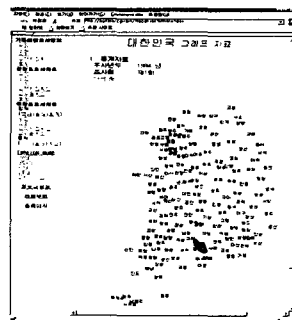
(가) 텍스트



(나) 작은선 그래프



(다) 막 대 그래프



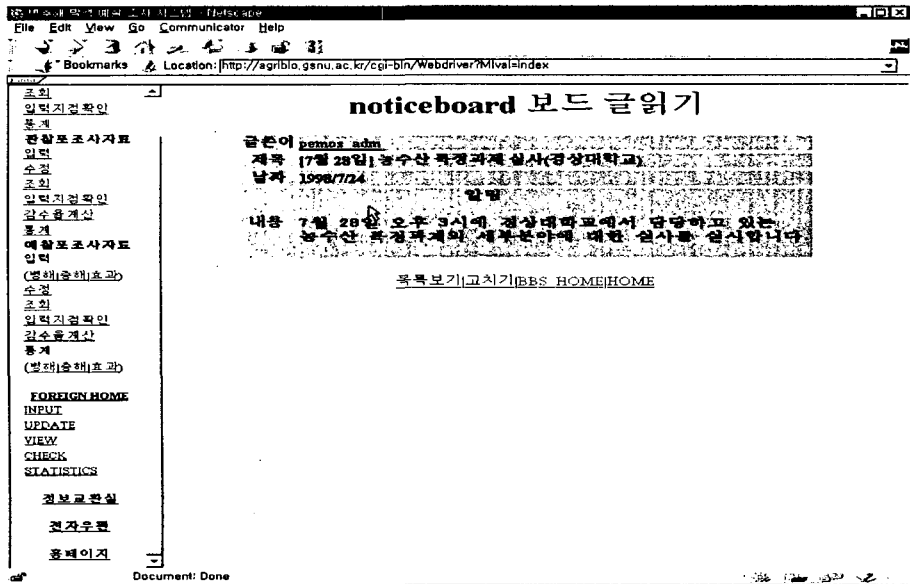
(라) 지도

<그림 21> 조사자료의 질의에 대한 다양한 예찰정보 출력 형태

사. 농업 정보 교환 및 전자우편 부시스템

농업 정보 교환실은 PeMos 시스템의 사용자간에 상호 정보를 교류하기 위해 만들어졌다. 이 시스템을 이용하여 공지 사항의 전달, 건의 사항 제출, 자유 정보교환 등이 가능하다. 게시판 메뉴에서는 다른 게시판에는 사용자가 자유롭게 기사를 쓰거나 읽을 수 있지만, “공지사항” 게시판은 관리자만이 기사를 쓸 수 있고 다른 사용자는 그 기사를 읽기만 할 수 있다. 선택된 게시판에 등록된 글의 번호와 글쓴 사용자의 ID, 각 기사 조회수, 그리고 제목을 보여준다. 사용자의 ID는 사용자의 전자우편 주소와 링크 되어 전자우편을 보낼 수 있도록 해주며, 제목은 해당 기사와 연결되어 있다.

전자우편은 인터넷 서비스 중에서 가장 많이 쓰이는 서비스중의 하나로 개인과 개인 혹은 개인과 다수간에 연락을 할 수 있다. 정보교환실의 경우에는 사용자 모두가 글의 내용을 읽을 수 있는 반면, 전자우편은 사용자가 메시지를 공개하지 않고 원하는 사람에게만 전달할 수 있다. PeMos의 등록된 이용자는 이 시스템의 Server인 “agribio.gsnu.ac.kr”에 계정을 갖게 됨으로 Netscape 등의 전자우편 프로그램을 이용하여 상호 서신을 교환할 수 있다.



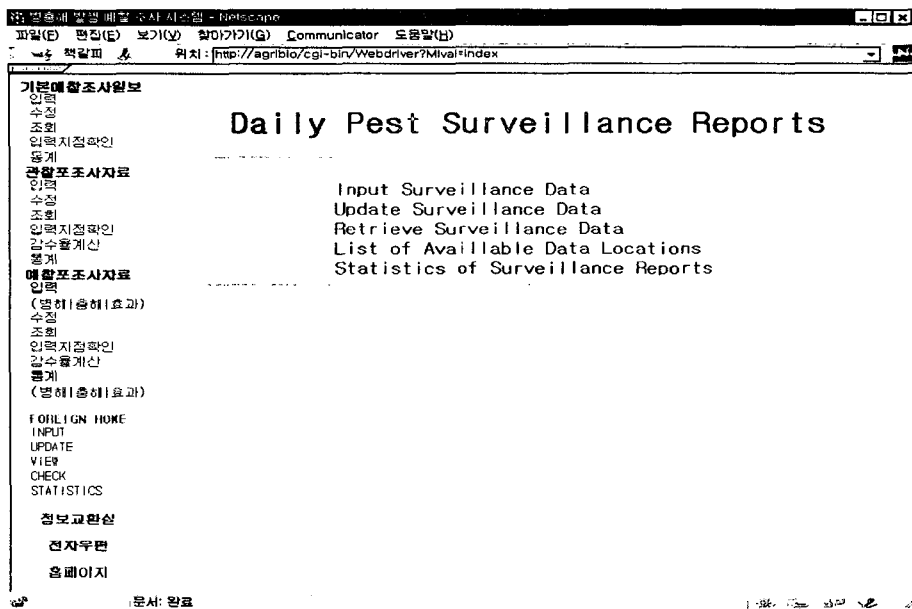
<그림 22> PeMos 정보 교환실 기사 읽기 예

아. 국제간 데이터베이스 구성

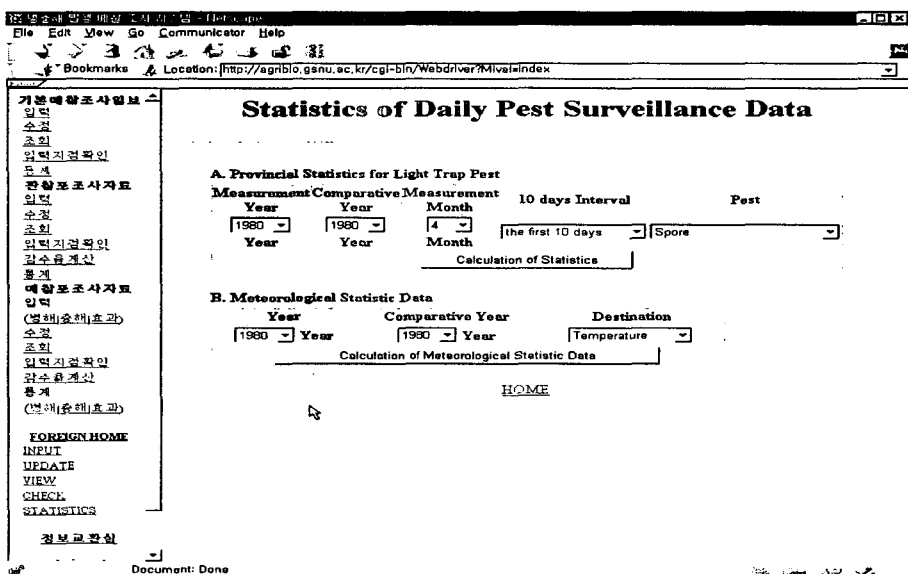
이동성 병해충은 매년 다른 나라로부터 이동하여 오기 때문에 국내에서의 연구만으로는 대비할 수 없다. 즉, 이동성 해충이 움직이고 있는 지역의 전체를 연구 대상으로 하여 격발하는 해충류의 이동 상황을 예측하는 것이 매우 중요하지만 지금까지는 이들의 감시 및 예측을 위한 국제적인 노력이 없었다. 장거리 이동성 병해충의 발생과 경과에 이동 경로상에 있는 국가에서의 발생 시기와 경종법, 방제법 등과 밀접한 관련이 있어 비래원과 이동 경로의 파악이 중요하다. 즉, 이동 경로에 있는 지역의 여건에 대한 정보를 수집하고 분석하는 수단을 개발하고 이를 통하여 확실한 협력 체계를 구축하는 것은 기상 예보를 위해 인접국간에 자료를 교환하고 공동으로 분석하는 체계를 구축해야 하는 것과 같은 이치이다.

따라서 PeMos에서는 장거리 이동성 병해충의 지역간 이동 경로를 감시하고 신속한 정보의 교환을 위해 인터넷 웹 홈페이지를 개발하고 있으며 국내 및 국제 예찰자료를 입력, 분석, 관리할 수 있는 데이터베이스의 구축을 병행하고 있다. 현재 개발된 형태는 기본 예찰조사일보 부시스템의 구조와 거의 흡사하다. 우선 등록된 국가로부터 병해충 예찰정보를 입력받아 기초 자료로 사용되며, 크게 자료 입력, 수정, 검색, 입력 지점 확인,

통계 자료 등의 5가지 기능을 갖는데 인터넷 사용의 경험이 있는 사람이라면 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 편의 위주로 구성되어 있다.



<그림 23> 국제네트워크 사용자를 위한 홈페이지

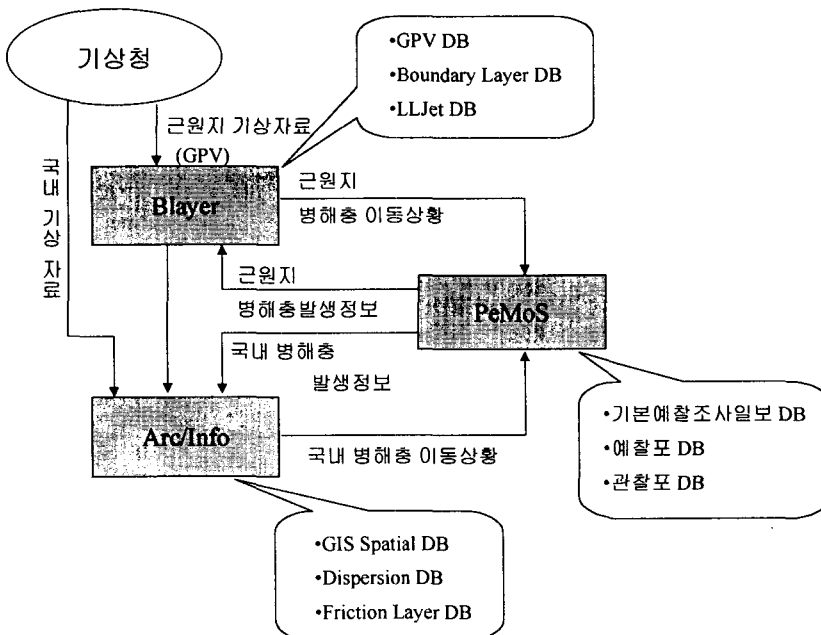


<그림 24> 국제 네트워크 사용자 질의 화면

V. 인터넷 환경에서의 “병해충 발생예찰 통합정보 시스템”

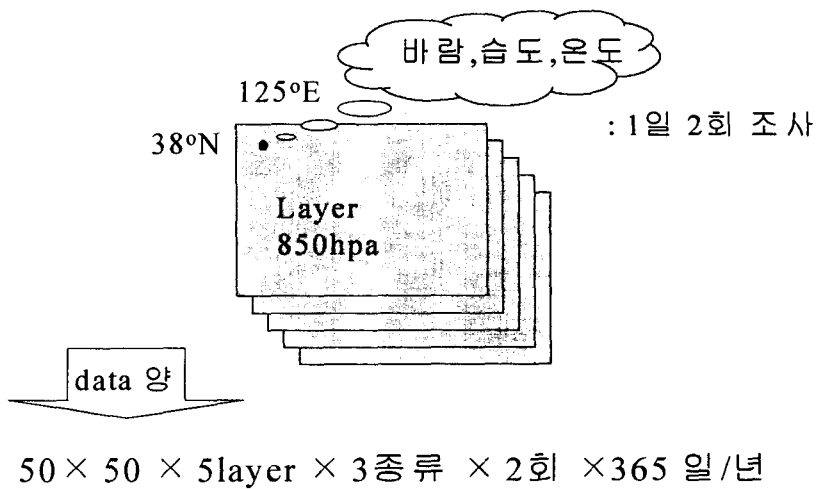
앞에서 살펴본 GIS, Blayer, 및 PeMos 등 세 가지 시스템은 비록 그 필요에 따라 현재 별도로 구축되어 사용되고 있으나, 병해충 발생상황을 실시간으로 예측하기 위해서는 이들을 하나의 통합된 시스템으로 연동시킬 필요성이 있다. 따라서 이들 각 시스템들이 사용하는 각종 정보를 하나의 데이터 모델로 통합하여 실시간으로 관리하고 웹에 기반을 둔 사용자 인터페이스 시스템을 이용하여 동적으로 정보를 서비스하는 시스템을 구성하는 것이 급후 수행하여야 할 과제이다.

이러한 통합 예찰정보 시스템이 개발되면 현재 독립적으로 사용되던 세 시스템들이 상호 효과적으로 연동되어 입력 데이터의 정확도와 시뮬레이션 결과의 신뢰도가 향상되고 무엇보다 실시간으로 병해충 발생 정보가 예측되어 서비스될 수 있다. 뿐만 아니라 현재의 시스템에서는 결과를 확인한 후 버리게 되는 각종 정보를 체계적으로 데이터베이스에 누적시켜 기상이나 병해충 발생의 예측 연구에 사용될 수 있고, 시일이 흐를수록 더욱 많은 데이터가 누적되므로 보다 정확한 예측 모델의 개발이 가능해진다.



<그림 25> GIS, Blayer, PeMos 상호간의 입출력체계와 연관관계

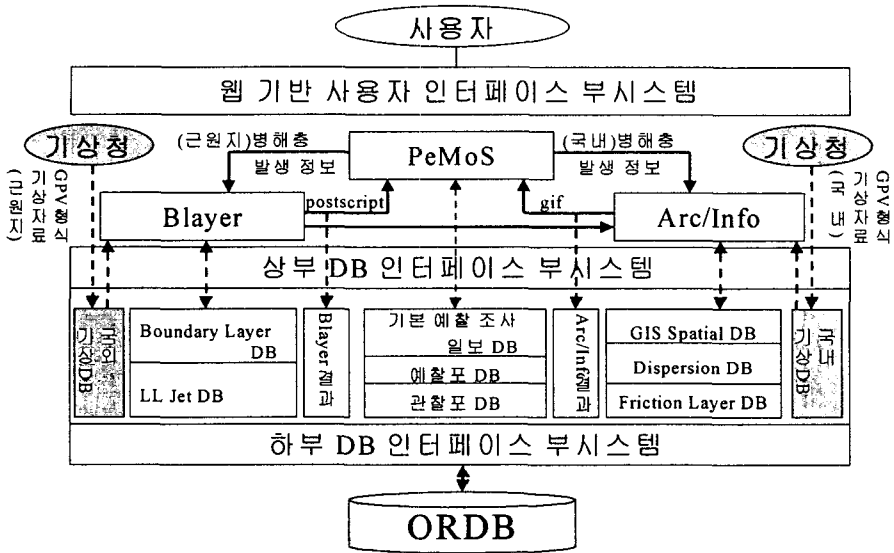
개발될 통합 예찰정보 시스템에서 관리되어야 할 데이터는 텍스트 형태뿐만 아니라 비정형 수치 관련 데이터, GIS 데이터, 과학 실험 모델 관련 데이터들로서 그 양이 방대하고 종류가 다양할 뿐만 아니라 매우 비정형적이다.. 예를 들어, Blayer 시스템에 입력되는 기상 데이터의 경우 동남아 지역에 대한 대기의 상태 정보를 나타내어야 하기 때문에 1일 0.5M Byte 정도의 시공간 정보를 발생시키며 구성되는 데이터의 종류도 다양하다.



<그림 25> Blayer의 입력 자료의 예

알려진 바와 같이 이러한 과학 데이터를 기존의 관계형 데이터베이스로 모델링하여 구현하기에는 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 다양한 타입의 데이터를 처리할 수 있고, 실세계를 보다 쉽게 표현할 수 있게 하는 객체 관계형 데이터베이스 기술을 이용하여 이들을 통합해야 한다.

<그림 26>은 이러한 통합 예찰정보 시스템의 구조를 나타낸 것으로서, 기상청에서 기상 자료를 입력하면 이 자료가 기상 DB로 구축됨과 동시에 GPV 형식의 데이터로 변환되어 Blayer 시스템으로 전송되고, PeMos 시스템의 국제 홈페이지로부터 입력되는 병해충 발생 정도에 대한 자료 역시 Blayer 시스템으로 입력될 수 있도록 구성되어 있다. 이러한 데이터를 기반으로 Boundary Layer DB와 LLJet DB가 구축되어 필요에 따라 Blayer 시스템에서 호출하여 사용하기도 한다. 이때 출력 결과로서 나오는 병해충 이동 상황에 대한 시뮬레이션 결과는 PeMos 시스템을 통해 인터넷상에서 텍스트, 그림 또는 연속 그림의 형태로 서비스되며, Arc/Info GIS의 입력 자료가 된다.



<그림 26> 통합 예찰정보 시스템의 구성도

GIS는 Blayer 시스템의 결과와 PeMos 시스템으로부터 국내 기상 및 병해충 발생 자료를 입력받아 GIS Spatial DB, Dispersion DB, 그리고 Friction Layer DB를 구축하면서 GIS 형식의 그림을 그릴 수 있는 수치 데이터를 출력하게 되고 일반 사용자에게는 PeMos 시스템을 거쳐 인터넷으로 서비스된다. PeMos 시스템은 각 예찰소로부터 인터넷을 통해 입력받은 자료를 이용하여 DB를 구축하며, Blayer 시스템과 Arc/Info GIS에서 시뮬레이션 되어 나오는 결과인 병해충 이동 및 확산 상황에 대한 정보를 텍스트, 지도, 그래프 등의 다양한 형태로 사용자들에게 서비스한다.

현재 통합 예찰정보 시스템의 개발을 위해서 기존에 사용중인 Blayer 시스템과 Arc/Info GIS의 논리적 데이터 구조를 통합하고 PeMos 시스템과 연동시킬 수 있도록 통합 데이터 모델을 고안하고 있는 중이다. 데이터베이스와 각 시스템들과의 결합을 위해 다양한 데이터베이스 접근 모듈들을 설계하고 있으며, 개발이 완료되면 PeMos를 이용하여 인터넷상에서 각종 통계 데이터와 시뮬레이션 결과를 실시간으로 서비스해 줄 수 있을 것이다.

VI. 결 론

지금까지 Internet을 활용한 농작물 병해충 발생예찰정보 전산화 관리 및 효율적인 발생예찰과 관련하여, 지리정보처리체계(GIS), 대기경계층 모형(Blayer), 그리고 웹 기반의 데이터베이스관리체계인 PeMos 등 3가지 시스템에 대하여 소개하였으며, 앞으로 이 세 가지 모듈을 Internet에 통합하여 운영하기 위한 “통합 예찰정보시스템”의 필요성과 기본적인 구조에 대하여 논의하였다.

현재까지는 주로 벼 병해충을 대상으로 한 “병해충 발생 기본예찰 조사일보”, “관찰포 조사자료”, “예찰포 병해충 발생상황 조사자료” 등에 대한 정보가 서비스될 수 있도록 개발이 되고 있으며, 여러 종류의 자료를 처리하기 위해 다양한 데이터 타입을 융통성 있게 제공하는 객체 지향 개념을 지원하는 Informix사의 Illustra 객체 관계형 데이터베이스를 이용하고 있다. 특히, Illustra의 웹 데이터 블레이드 모듈을 이용함으로써 웹과 데이터베이스 시스템을 쉽게 연동시킬 수 있고 사용자로부터 입력된 데이터를 Java Applet을 이용하여 처리함으로써 보다 효과적으로 질의 결과를 그래프나 지도, 동영상 형태로 서비스할 수 있을 것으로 예상된다.

이와 같은 시스템이 개발됨으로써 병해충 발생 자료와 병해충 발생 예측 자료가 통합적으로 데이터베이스에서 관리 운영되고, 예측 시스템들(Blayer, Arc/Info)에서 분석된 정보 역시 데이터베이스에서 통합되어 일회용이 아닌 누적 정보로 보관, 관리, 검색할 수 있게 될 것이다. 이러한 시스템의 가장 큰 장점은 병해충 예찰 기본 자료뿐만 아니라 분석 자료까지 연관되어 수록 관리 누적됨으로써, 장기적으로 자료가 모아졌을 경우 패턴 분석을 통하여 확률적 수치 예찰이 가능하게 된다는 점이다.

병해충 예찰 사업이 시작된 1960년대 이후 지금까지 30여년간 수많은 자료의 분석 결과 및 도출된 정보가 일회용으로만 쓰이고 사장되어 온 것은 안타까운 일이며, 이제는 쌓여진 자료 자체가 소중한 정보의 근원이 되어야 한다는 사실을 인식해야 할 때라고 생각된다. 데이터베이스 기술 측면에서 볼 때도 새로운 시공간 형태의 다양한 과학 데이터에 대한 심도 있는 이해와 데이터들 사이의 복잡도가 매우 높은 응용을 위한 데이터 관리 기술을 개발할 가능성이 높다는 점에서 관련 연구들에 많은 영향을 미칠 수 있다. 본 연구가 성공적으로 수행되었을 경우 서로 관련된 과학 예측 시스템들 사이를 효과적으로 통합시킬 수 있는 메타 데이터 모델을 개발할 수 있을 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. ESRI (Environmental Systems Research Institute). 1992. Understanding GIS, The ARC/INFO™ Method. Published by Environmental Systems Research Institute Ltd.
2. Heong, K. L., Y. H. Song, S. Pimsamarn, R. Zhang, and S. D. Bae. 1995. Global warming and rice Arthropod Communities. Pages 326-335 in Peng et al. (Eds.) "Climate Change and Rice", Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995.
3. Mun, J. H., Y. H. Song, G. K. Roderick, and K. L. Heong. 1998. Genetic variation among Asian populations of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stal) and *Sogatella furcifera* Horvath (Homoptera: Delphacidae): Mitochondrial DNA sequences. *Bulletin of Entomological Research* (submitted).
4. Richard Turner, "International Pest Surveillance using the Internet", National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand. 1997. 8. 13.
5. Song, Y. H. 1992. Pest Surveillance in Korea - Organization and Function. In Reports of a Workshop on "Pest Surveillance and Forecasting Systems in Rice Pest Management Decisions", 21-23 December 1992, Muda Agricultural Development Authority Headquarters, Alor Setar, Malaysia.
6. Song, Y. H. 1995. Risk Assessment for the Monsoonic Migratory Pests of Rice in Korea. Pages 101-112 in N. Hokyō and G. Norton eds., Proceedings of International Workshop on the Pest Management Strategies in Asian Monsoon Agroecosystems, November 15-18, 1995, the Kyushu National Agricultural Experiment Station, Kumamoto, Kyushu, Japan.
7. Song, Y. H. 1995. The organizational Structures and Systems Relevant to Rice Pest Management and their Impacts in South Korea. In Reports of "a Workshop on Organizational Structures and Systems in Rice Pest Management", 17-20 April 1995, Maruay Hotel, Bangkok, Thailand.
8. Song, Y. H. 1997. International Pest Surveillance Using Internet. Presented at the "International Symposium on Integrated Pest Management in Rice-Based Ecosystem", October 20-24, 1997, Guangzhou, P.R. China

9. Song, Y.H., K.L. Heong. 1993. Use of geographical information system in analyzing large area distribution and dispersal of rice insects in South Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 32(3): 307-316.
10. Star, J. and Estes, J. (1990) *Geographic Information System - an introduction.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 303pp.
11. Turner, R. W., K. B. Uhm, and Y. H. Song. 1988. Boundary layer (BLAYER) atmospheric model for predicting the long range movement of rice planthoppers, *Nilaparvata lugens* (Stal) and *Sogatella furcifera* Horvath (Homoptera: Delphacidae). *Bulletin of Entomological Research* (submitted).
12. 김현주, 장훈, 허진용, 류은정, 배종민, 강현석, 송유한. 1997. 웹 기반 병해충예찰정보 시스템에 관한 연구. *전산연구* 12: 105-115.
13. 송유한. 1986. 병해충 발생예찰정보 전산화를 위한 시스템 개발 연구. 1986 농시논문집(산학협동편) 29: 401-417 (1986).
14. 송유한. 1991. 전자계산기를 활용한 병해충의 발생예찰. 송정 현재선교수 정년퇴임 기념 “응용곤충학론총” 338-370면. 서울대학교 농과대학 농생물학과 동창회.
15. 송유한. 1992. 전산화된 모델을 활용한 병해충 방제전략. '92 경남농진심포지엄, pp.59-84.
16. 송유한. 1995. 지리정보처리시스템(GIS)의 농업적 이용. *농업과 정보기술* 4권 2호: 57-66.
17. 송유한. 1997. “지리정보처리체계(Geographical Information System: GIS)를 활용한 농작물 병해충 발생위험지역 예측의 자동화에 관한 연구”, 학술진흥재단 '93 자유공모과제 최종보고서. 107pp.
18. 송유한, 박영도. 1986. 농작물병해충발생 예찰정보 전산화관리체계. '86 농업과학 심포지엄 첨단과학기술과 농업혁신. pp.163-174.
19. 송유한, 배종민. 1997. 농업기술개발의 효율화를 위한 인터넷 이용. *농업과정보기술* 6(1): 25-42.
20. 송유한, 박영도. 1986. 농작물병해충발생 예찰정보 전산화관리체계. '86 농업과학 심포지엄: 첨단과학기술과 농업혁신. pp.163-174.
21. 장훈, 류은정, 김현주, 배종민, 강현석, 송유한. 1998. 농작물 병해충의 예찰을 위한 통합 정보 시스템의 개발. *한국멀티미디어학회지* 1(1): 16-21.