

## 범죄분석 지리정보시스템의 설계와 구현<sup>†</sup>

박기호\*

### Design and Implementation of Crime Analysis GIS

Key-Ho Park\*

#### 요 약

범죄발생 자료는 본질적으로 지리적인 속성을 내포하고 있기 때문에 범죄분석에 있어서 공간적 패턴을 파악하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 GIS의 지도화 기능과 공간통계 기법을 접목하여 범죄발생의 공간적 양상을 규명할 수 있는 "범죄분석 지리정보시스템"의 원형(prototype)을 제작하였다. 이 시스템은 DBMS와 GIS를 연동하는 구조로서 점 자료(point data)의 공간분포 탐색, 범죄다발지역(hot-spot)의 지도화, 범죄발생의 군집성 분석 그리고 면(area) 단위 집계자료 분석 등의 기능들로 구성된다. 시스템의 설계와 구현 과정은 객체지향 방법론에 의거하였으며, 본 시스템 이외에도 현재 개발 중에 있는 웹 기반 3-Tier 구조의 시스템은 범죄분석과 인터넷 지리정보시스템에 있어서 중요한 역할을 담당할 것으로 전망된다.

**ABSTRACT:** It is important to scrutinize spatial patterns in crime analysis since crime data has geographical attribute in itself. We focus on the development of "Crime Analysis GIS" prototype which can discover spatial patterns in crime data by integrating mapping functions of GIS and spatial analysis techniques. The structure of this system involves integration of DBMS and GIS, and the major functions of the system include (i) exploring spatial distribution of point data, (ii) mapping hot-spot, (iii) clustering analysis of crime occurrence, and (iv) analyzing aggregated areal data. The process of design and implementation of this system is based on object-oriented methodologies. A web-based extension of the prototype using 3-tier architecture is currently under development.

---

<sup>†</sup> 본 연구는 2000년도 서울대학교 대학연구센터 연구비 지원을 받았습니다.

\* 서울대학교 지리학과 조교수(Department of Geography, Seoul National University, San 56-1 Shillim-Dong Kwanak-Ku, Koera, Tel(02)880-6453)

## 1. 서 론

미국 법무성(U.S. Department of Justice) 산하의 NIJ (National Institute of Justice)에서는 범죄발생 자료의 체계적 관리와 분석을 위하여 범죄분석 시스템을 구축하여 범죄발생에 대한 과학적 이해와 예방을 도모하고 있으며, CMRC(Crime Mapping Research Center)과 같은 연구기관을 운영하여 범죄발생 자료의 효과적인 지도화와 공간패턴 분석을 수행하고 있다. 현재 우리 나라 경찰청에서도 MIS와 GIS에 기반한 "범죄분석 및 예측시스템"을 개발하고 있다. 범죄발생 자료는 본질적으로 지리적인 속성을 내포하고 있기 때문에 범죄분석에 있어서 공간적 패턴을 분석하는 것은 매우 중요하다. 범죄발생의 지도화는 종이 지도에 핀을 꽂아 범죄발생 지점을 표시하는 Pin Map에서 출발하였으며(Weisburd and McEwen, 1998), 최근 들어 정보기술의 진보와 함께 GIS 관련 기술도 폭 넓게 발전하면서, 범죄발생의 공간적 패턴을 보다 효율적으로 분석할 수 있는 토대가 마련 되어가고 있다.

본 연구는 GIS의 지도화 기능과 공간통계 기법을 접목하여 범죄발생의 공간적 양상을 규명하는 도구로서 기능하는 "범죄분석 지리정보시스템"의 원형(prototype)을 제작하는 것을 목적으로 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 선행연구와 기존 범죄분석 시스템의 기능적·구조적 측면을 분석하여 본 연구를 통해 개발하고자 하는 시스템의 설계 지침을 마련한다. 3장에서는 DBMS와 GIS를 연동한 클라이언트/서버 기반의 범죄분석 지리정보시스템의 설계와 구현 과정에 대해 살펴보고, 제작된 시스템을 시험운용한 결과를 소개한다. 4장에서는 연구결과를 요약하고, 향후의 연구방향을 제시함으로써 결론을 맺는다.

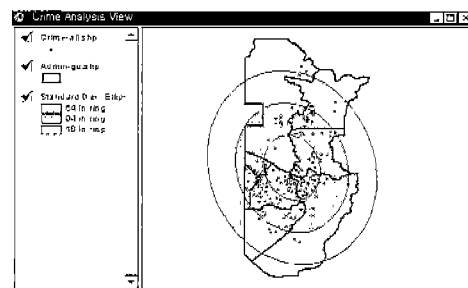
## 2. 기존 범죄분석 시스템의 검토

### 2.1 기능적 측면

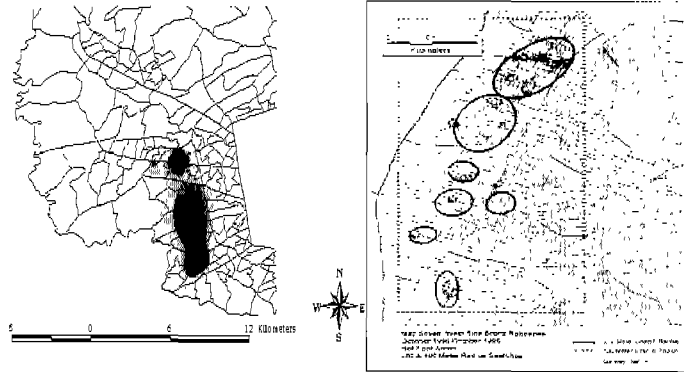
범죄발생의 공간적 패턴을 규명하기 위해서 필요한 자료는 범죄가 발생하는 공간적 스케일에 해당하는 장소에 대한 행정구역도나 경찰관할구역도와 같은 기본도와 범죄발생 지점을 표현한 주제도 등으로 구성된다. 이러한 자료들은 범죄발생의 공간적 위치뿐만 아니라 범죄의 유형, 범죄발생 일시와 같은 각종 속성자료와 범죄발생의 공간적 배경이 되는 지리적 영역에 대한 사회경제적인 변수 등도 포함한다. 기존 범죄분석 시스템들의 기능적 특성은 (i) 범죄발생 자료의 공간 분포를 가시화하고, (ii) 범죄다발지역을 다양한 형태로 지도화하며, (iii)공간통계적 기법을 이용하여 범죄발생의 공간 패턴을 분석하는 것으로 요약될 수 있다.

### 1) 공간분포의 가시화(Visualization of Spatial Distribution)

범죄발생의 공간적 위치는 점(locational point)의 형태로 표현되는 경우가 대부분이므로, 범죄발생의 공간적 양상은 점 사상(point feature)의 분포를 가시화하고 기하학적으로 요약하는 방식으로 파악할 수 있다. [그림-1]은 ESRI사의 CA(CrimeAnalysis)라는 프로그램에서 범죄발생의 공간적 분포를 타원체 형태의 도형으로 요약 제시하는 기능을 보여준다. 점 사상들의 산술적 평균과 표준거리(Standard Distance: SD)를 이용하여 타원체를 도식화하는 것은 사건의 분포 경향을 직관적으로 파악할 수 있게 해주며, 점 사상의 분포가 방향성을 띠고 나타나는 경우에 보다 더 효율적이다.



[그림-1] 범죄발생 분포의 기하학적 요약



[그림-2] 범죄다발지역(hot-spot)의 지도화

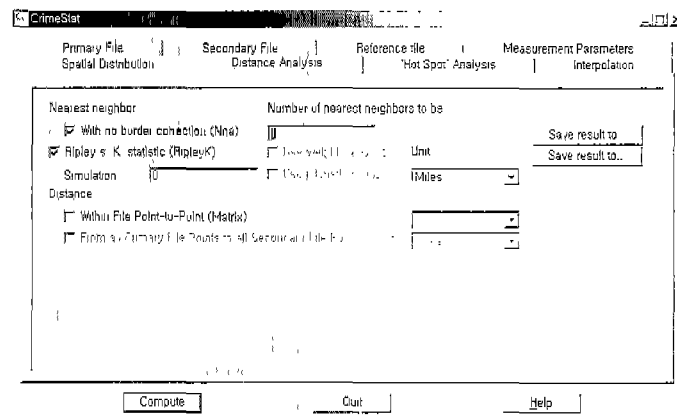
2) 범죄다발지역의 지도화(Hot-spot Mapping)

범죄발생을 점의 형태로 가시화해 보면, 범죄발생이 일정지역에 집중한다거나 혹은 전체적으로 균등하게 분포한다거나 하는 등의 공간적 패턴을 개략적으로 파악할 수 있다. Hot-spot은 범죄발생이 집중되는 지점을 규명하기 위해 고안된 개념이며, 이는 공간상의 분포에서 군집성(clustering)이 인지되는 형태라고 할 수 있다(Block, 1995). Hot-spot을 지도화하는 방법은 (i)사건의 군집정도에 근거하여 원이나 타원과 같은 기하학적 형태로 범죄다발지역을 도식화하는 것과 (ii)범죄발생정도를 나타내는 밀도면

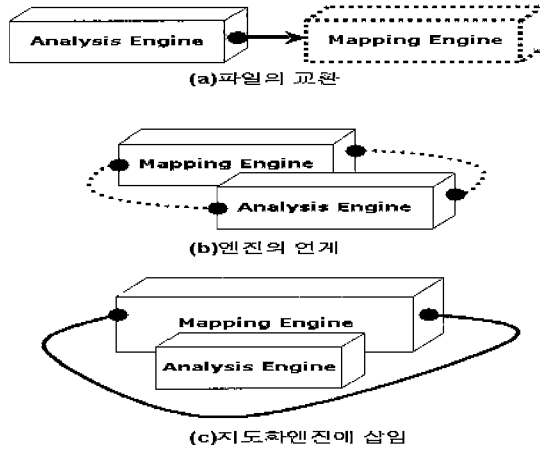
(density surface)을 원자료 위에 중첩하는 것으로 대별할 수 있다. [그림-2]는 미국 법무성의 Criminal Division에서 개발한 SCAS(Spatial Crime Analysis System)과 호주의 Charles Sturt University에서 개발한 SPAM(Spatial Pattern Analysis Machine)이라는 프로그램을 이용하여 생성한 hot-spot을 GIS 도구를 이용하여 지도화한 예이다.

3) 공간통계적 분석

범죄발생의 공간적 패턴을 여러 가지 공간통계량을 이용하여 요약하는 기능을 가진 범



[그림-3] CrimeStat의 공간통계적 범죄분석 기능



[그림-4] 지도화 엔진과 분석 엔진의 연계구조

최분석시스템들은 공간적 자기상관(Spatial Autocorrelation)이나 최근린 지수(Nearest Neighbor Index), K함수, 측정치의 내삽(interpolation) 등과 같은 공간통계적 분석을 제공하기도 한다. 공간적 자기상관은 지표상의 특정지역에서 발견되는 활동이나 현상이 주변지역과 유사한 경향을 띠는 것을 말하며, Moran's I나 Geary's C와 같은 지표를 통해 정량적으로 측정할 수 있다. 최근린 지수와 K함수는 점사상들간의 거리를 기준으로 점분포의 군집경향을 파악하는 데 이용된다(Bailey and Gatrell, 1995). [그림-3]은 미국 법무성의 관리 하에 개발된 CrimeStat이라는 프로그램의 공간통계적 분석을 위한 화면이다. CrimeStat은 분석을 위한 원자료 파일로 Shapefile(\*.shp), dBase(\*.dbf), ASCII 텍스트 등을 지원하며, 점 사상의 {x,y} 좌표를 나타내는 항목(column)의 지정을 통해 위치정보를 얻어오게 된다(Levine, 1999).

## 2.2 구조적 측면

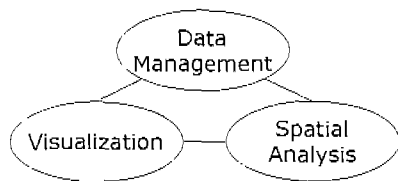
범죄분석 시스템은 지리공간 상에 분포하는 자료를 다루기 때문에 그 기능을 수행함에 있어 지도화 엔진(mapping engine)과 분석 엔진

(analysis engine)이라는 두 가지 모듈이 연계된 구조를 필요로 하게 된다(Brown, 1998). CrimeStat과 같은 프로그램은 분석지향적인 시스템으로서 외부의 지도화 시스템과 직접적인 연결고리는 가지고 있지 않지만, 범죄발생 자료의 공간분석 결과를 표준화된 파일의 형태로 외부에 제공하는 방식을 채택한다. RCAGIS(Regional Crime Analysis Geographic Information System)와 같은 프로그램은 분석 엔진과 지도화 엔진 사이의 시스템 내부적 연계를 통해 자료를 교환하는 방식을 채택한다. 분석 엔진이 질의와 분석 결과를 지도화 엔진에 전달하면, 지도화 엔진은 이를 가시화 가능한 형태로 변환하여 지도화하고, 최종 결과물은 통일된 사용자 인터페이스 상에서 가시화된다. 또한, CA나 SCAS 등은 GIS 도구인 ArcView의 확장모듈(extension module) 형태로 분석 엔진을 삽입하는 방식을 채택한다. [그림-4]는 지도화 엔진과 분석 엔진의 연계구조를 세가지로 유형화한 것이다.

## 3. 범죄분석 지리정보시스템의 설계와 구현

기존 시스템들을 통해 볼 때, 범죄분석 시스

템의 기능은 (i)데이터의 관리(Data Management) 기능, (ii)데이터의 가시화(Visualization) 기능, (iii)데이터의 공간분석(Spatial Analysis) 기능으로 요약된다. 이는 범죄분석 시스템에 있어 중요한 세 축을 형성하지만([그림-5]), 기존의 범죄분석 시스템 중 세가지 기능을 모두 갖추고 있는 경우는 드물다.



[그림-5] 범죄분석 시스템의 기능적 구성

본 연구를 통해 개발한 시스템은 데이터베이스 엔진을 이용하여 범죄발생 자료의 도형정보와 속성정보를 통합적으로 관리하고, 프로그래밍 언어로 개발한 분석모듈을 GIS 도구와 연계함으로써 범죄발생 자료의 효율적 관리와 분석을 도모한다. 특히, 다양한 가시화 방법과 공간통계적 기법에 기초하여 "범죄발생의 공간적 패턴"을 탐색하는 기능을 구현하는 데 중점을 둔다.

### 3.1 시스템 개발환경

#### 1) 시스템 개발을 위한 소프트웨어 환경

본 연구에서 프로토타입 형태로 설계 및 구현하고자 하는 범죄분석시스템은, 범죄발생 자료를 관리하는 데이터베이스 엔진으로 Oracle사의 Oracle 8i와 ESRI사의 SDE를 채택하고, 범죄발

생 자료를 가시화하는 GIS 도구로 ESRI사의 ArcView를 채택하였다. 분석시스템 개발의 토대가 되는 ArcView에 범죄분석을 위한 루틴을 추가하기 위하여, ArcView에 삽입되어 구동되는 확장모듈을 개발하였다. 확장모듈의 개발에는 사용된 도구는 ArcView Avenue Script와 ArcView Dialog Designer이며, 데이터베이스 엔진과 ArcView와의 연결에는 ArcView Data Access가 사용되었다. 다음의 [그림-6]은 본 시스템의 개발을 위한 소프트웨어 환경을 도식화한 것이다.

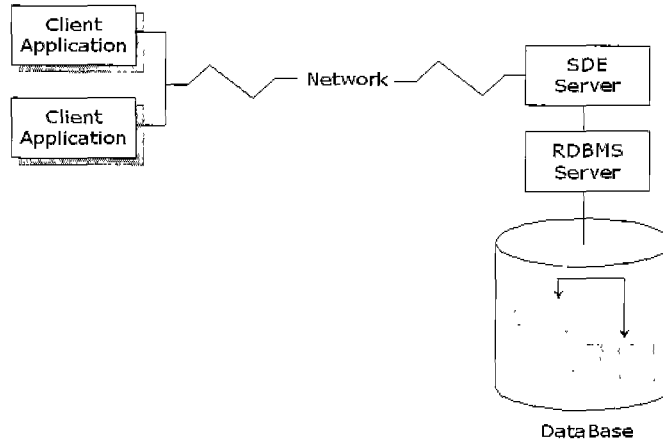
ArcView Avenue Script는 ArcView의 사용자 인터페이스를 수정보완(customizing)하거나, ArcView에 새로운 분석기능을 추가하기 위한 개발언어이다. ArcView Avenue Script는 객체지향언어로서 비교적 단순한 문법구조를 가지고 있으며, request라고 불리는 다양한 라이브러리 함수를 이용한 프로그램 작성을 지원한다(Hirschfield, 1995). 또한, 사용자 컴퓨터의 하드디스크 상에 존재하는 파일뿐만 아니라, 원격 데이터베이스에 접근하여 작업하는 것도 가능하게 한다.

#### 2) DBMS-GIS 연동 시스템의 개요

클라이언트/서버 환경은 클라이언트 측의 응용프로그램이 요청하는 데이터나 서비스를 서버 측에서 제공하는 방식의 구조이다. 다수의 사용자에게 공통적으로 제공되는 데이터를 관리하는 DBMS는 서버 측에 자리잡고, 사용자 나름의 분석을 수행할 수 있도록 하는 GIS 도구는 클라이언트 측에 놓이는 분산환경 속에서 각각의 고유기능을 수행하도록 하는 것이다. 이때,

ArcView	Avenue / Dialog Designer	Oracle	SDE
Windows 98 / NT		Windows NT	
Client side		Server side	

[그림-6] 시스템 개발을 위한 소프트웨어 환경



[그림-7] SDE 클라이언트/서버 모델

클라이언트와 서버 간의 네트워크 통신을 통한 자료의 교환은 TCP/IP 방식으로 이루어진다.

[그림-7]에서 보듯이, 데이터 서버로 기능하는 SDE Server는 RDBMS Server 상위계층에서 도형정보를 관리하는 역할을 수행하며, 실제 데이터는 DataBase의 테이블 영역에 저장된다. ArcView와 같은 응용프로그램은 “Data Access”라는 확장 모듈을 이용하여 데이터 서버에 접속하게 되는데, 이는 Windows ODBC(Open DataBase Connectivity)의 설정을 통하여 구동된다.

### 3.2 데이터의 유지관리

범죄분석을 위한 지도자료는 범죄발생의 지리적 영역을 망라하는 행정구역도나 경찰관할 구역도 등의 기본도뿐만 아니라, 해당 지역에 대한 사회경제적 변수와 범죄발생에 대한 속성 자료를 포함한다. 이러한 데이터는 GIS 도구에서 지원 가능한 포맷이어야 하므로, 경우에 따라서 원자료를 변환 또는 가공할 필요가 있다. 본 연구에서 사용한 GIS 도구인 ArcView는 AutoCAD 파일이나 ArcInfo 파일도 지원하지 않으나, Shapefile을 기본형식으로 채택한다. 이는 Shapefile이 도형정보와 속성정보를 함께 유지관

리할 수 있는 형식이기 때문이며, Shapefile은 \*.shp, \*.shx, \*.dbf 세 종류의 파일을 통해 도형 정보, 인덱스정보, 속성정보를 일관적으로 관리한다. 범죄발생 지점을 디지털화하여 마련한 공간정보에 속성정보를 추가하기 위해 자료를 가공하는 작업은, ArcView의 Table Editing 기능을 이용하거나, 상용 spread-sheet 프로그램에서 \*.dbf 파일을 편집함으로써 이루어진다. 다음의 [그림-8]은 Shapefile을 구성형식을 테이블의 형태로 나타낸 것이다. 이 중 Shape field는 feature의 type, x,y,z 좌표값, 면적, 중심점, 범위, 길이 등의 도형정보를 가지고 있고, 나머지 필드들은 사용자의 조작에 의해 추가 또는 삭제가 가능하다.

Shape	Id	Field-1	Field-2	.....	Field-n
Point	1				
Point	2				
.....					

[그림-8] Shapefile의 구성형식

일반적인 전산시스템과 마찬가지로 GIS에서도 데이터를 유지관리하기 위해 파일 기반의 방법과 데이터베이스 기반의 방법이 병행하여 사용되고 있다. 공간데이터베이스 엔진의 출현과 함께 지리 정보의 관리와 이용이 파일 기반의 체계에서 데이

터베이스 기반의 체계로 이행하고 있는 것은 데이터베이스 시스템의 우수성 때문이다. 데이터베이스 시스템은 데이터의 중복(redundancy)을 최소화하고, 데이터의 일관성(consistency)을 유지하며, 업무상 데이터의 공유를 가능하게 하고, 데이터의 무결성(integrity)을 유지하는 등 파일기반의 시스템에 비해서 많은 장점을 가지고 있다.

본 연구에서 제작한 시스템은 프로토타입 형태로서 대용량의 데이터를 처리하지는 않지만 향후의 확장성을 고려하여, Shapefile을 공간데이터베이스 엔진인 SDE에 적재(loading)함으로써, 서버측의 데이터베이스 시스템은 데이터의 유지관리를 전담하고, 클라이언트 측의 분석시스템은 공간분석의 기능을 전담하는 형태를 취하고 있다.

### 3.3 시스템의 설계

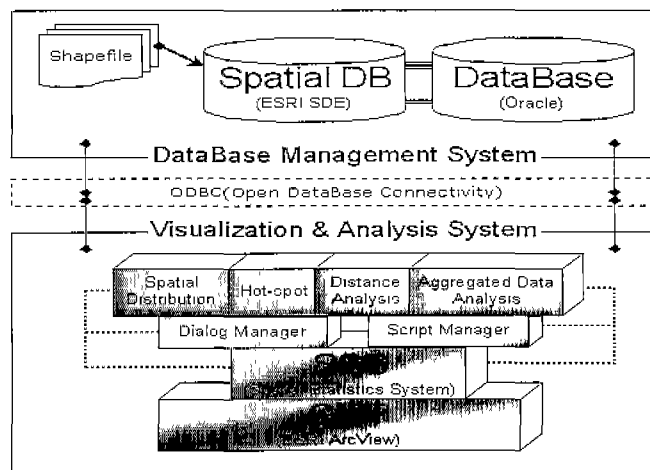
#### 1) 시스템 아키텍처(System Architecture)

범죄분석시스템은 범죄발생 데이터를 지도화하고 통계분석하는 기능을 수행하며, 이러한 기능 수행을 위해 지도화 시스템(Mapping System)과 분석시스템(Analysis System)을 하위시스템으로 가지고 있다. 지도화시스템과 분석시스템은

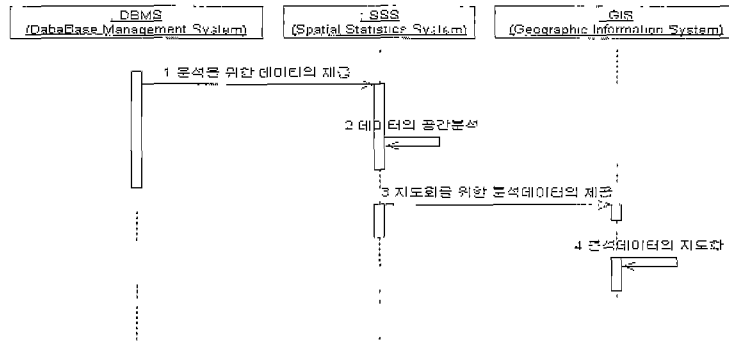
각각의 고유한 역할을 독립적으로 수행하면서, 상호간의 연계에 의해 데이터를 교환함으로써 분석을 수행하고 그 결과를 가시화한다. 본 연구에 제작한 분석시스템은 Avenue Script와 Dialog Designer를 사용하여 모듈화되었으며, 긴밀한 연계방식(tight-coupling)을 통해 ArcView 지도화시스템에 장착(embedded)됨으로써 통일된 사용자 인터페이스를 통하여 분석과 지도화의 기능을 수행한다.

본 시스템의 구조는 [그림-9]와 같이 도식화되는데, 크게 DataBase를 관리하는 부분(DataBase Management System)과 지도화 및 분석을 담당하는 부분(Visualization & Analysis System)으로 이루어지며, 양자는 Windows ODBC(Open DataBase Connectivity)에 의해 연결된다.

지도화 및 분석을 담당하는 부분(Visualization & Analysis System)은, 통계분석 모듈(Spatial Statistics System)을 GIS 도구(ArcView)에 포함시키는 형태를 취하며, 분석 모듈은 Dialog Manager와 Script Manager의 관리에 의해 여러 가지 분석기능을 수행하는 하위 모듈들로 구성된다. 본 시스템을 구성하는 세가지 축은 DBMS(Database Management System), SSS(Spatial Statistics System) 그리고 GIS(Geographic Information



[그림-9] 시스템 구성도



[그림-10] 시스템 구성의 Sequence Diagram

System)로서 세 객체들 간의 메시지 전달은 [그림-10]과 같은 UML(Unified Markup Language) Sequence Diagram으로 도식화될 수 있다.

**2) 시스템 프로토타이핑(System Prototyping)**

시스템의 구현에 앞서 시스템을 분석하고 설계하는 작업은 사전절차적인 과정으로 필수적이며, 시스템 및 인터페이스의 설계는 소기의 목적 달성을 위해 다단계(multi-level)에 걸쳐 진행된다. 본 연구에서 범죄분석을 위해 제작한 시스템의 개발단계는 [표-1]과 같은 프로토타이핑 절차를 거친다. Howard와 MacEachren(1996)이 제시한 프로토타이핑을 위한 절차의 3단계는 개념 단계, 조작 단계, 구현 단계로 이루어지는데, 개념 단계에서는 시스템의 목적과 주사용자

에 대해 규정하고, 조작 단계에서는 개념적 단계에서의 항목들을 기능별로 구체화하며, 구현 단계에서는 조작적으로 정의한 기능을 구현하기 위해 필요한 수단과 방법을 제시한다.

조작 단계(operational level)에서 구체화되어야 하는 시스템의 세부적 기능은 [표-2]와 같이 표현될 수 있다. 구현 단계(implementation level)에서 가장 먼저 고려해야 할 사항은 시스템 프로토타입의 디자인과 테스트를 위해 가장 적합한 소프트웨어 환경이 무엇인가 하는 것이다. 본 연구에서 기본적 플랫폼으로 채택한 GIS 소프트웨어인 ArcView는 (i)공간정보와 속성정보를 통합관리하는 파일 형식(Shapefile)을 지원하고, (ii)데이터베이스 엔진과의 연결을 통해 데이터베이스화된 지도자료를 사용할 수 있게 하며, (iii)스크립트 언어를 제공함으로써 개발자로 하

<표-1> 시스템 프로토타입의 개발단계

프로토타입 개발단계	수 행 내 용
개념 단계(conceptual level)	본 시스템은 범죄발생 데이터의 지리공간적 패턴을 분석하는 것을 목적으로 한다.
조작 단계(operational level)	본 시스템은 범죄발생의 공간적 분포와 범죄다발지역을 가시화하고, 구획단위 집계데이터의 분석이나 군집성의 분석과 같은 공간통계적 분석을 수행한다. <sup>1)</sup>
구현 단계(implementation level)	본 시스템을 구현하기 위해서 데이터베이스 엔진과 GIS 도구, 프로그래밍 언어 등을 이용한다. <sup>2)</sup>

1) "[표-2] 시스템의 기능적 구성"에 상세화  
 2) "4) 시스템의 구현"에 상세화



<표-2> 시스템의 기능적 구성

분 류	기 능
Spatial Distribution	Central Location
	MBR / Convex Hull
	Standard Distance Circle / Ellipse
Hot-spot Map	Nearest Neighbor Hierarchical Clustering
	K-means Clustering
Distance Analysis	Nearest Neighbor Index
	K-function
Aggregated Data Analysis	Normalized Choropleth Map
	Poisson Probability Map

여금 다양한 분석루틴을 추가할 수 있게 한다.

### 3) 시스템의 모듈구성

ArcView는 작업 대상체를 "Document"라는 단위의 객체(object)로 관리하며, View, Table, Chart, Layout, Script, Dialog 등이 "Document"의 주요 구성요소이다. 이중에서 View Document는 디스플레이하고자 하는 하나 또는 둘 이상의 "Theme(주제도에 해당)"을 담아내는 canvas에 해당하고, Script Document는 Avenue Script를 이용하여 시스템 개발자에 의해 구현된 프로그램 코드들이다. Dialog Document는 Dialog Designer를 이용하여 구현된 사용자 인터페이스이다. 본 시스템에서는 ArcView 자체적으로 지원되는 View Document 관리기능을 이용하고, Dialog Document 관리기능과 Script Document 관리기능을 개발하여 사용자 인터페이스를 통한 분석기능을 갖춘다. 이러한 View-Dialog-Script 객체들은 ArcView GUI(Graphic User Interface) 속에서 통합되며, [그림-11]은 본 시스템을 구성하고 있는 주요 관리기능과 하위 관리기능, 그리고 구성모듈을 도식화한 것이다.

ArcView GUI를 통해 사용자가 View Document Manager를 통해 작업대상을 지정하고 분석메뉴에서 원하는 기능을 선택하면(a), Dialog Document Manger가 구동되어 분석을 위해 지정해야 할 사항(option 또는 parameter)들을 사용자에게 입력받고, Dialog를 구성하고 있는 각 component의

action에 따라 실행될 Script를 호출하며(b), 호출된 Script들은 사용자의 입력사항을 검증하고(Validation Manager), 분석기능을 수행하며(Analysis Manager), 분석결과를 View Document Manager에 반환한다(Result Manager)(c).

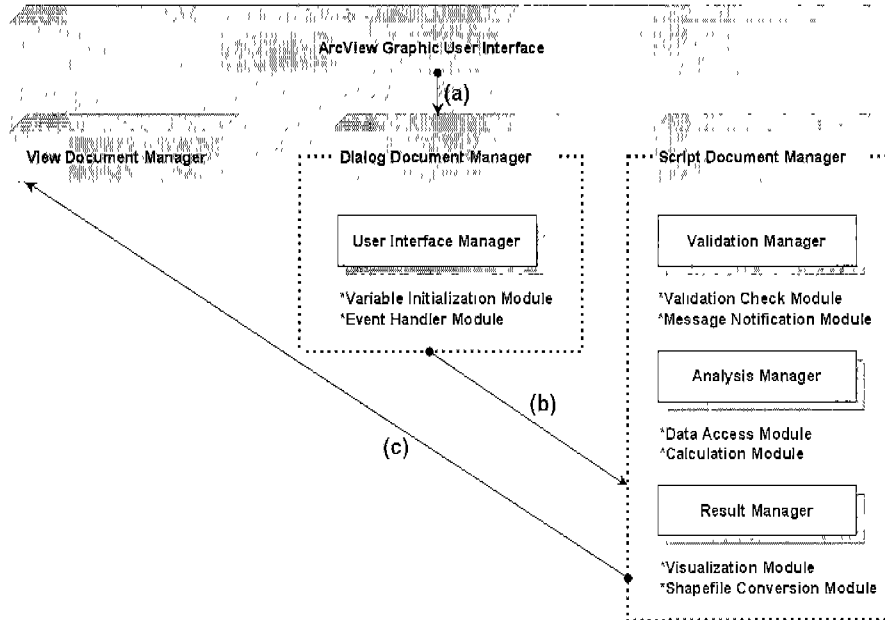
본 시스템을 구성하고 있는 관리기(Manager)들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

#### ① Dialog Document Manager

- 사용자 인터페이스 관리기(User Interface Manager)
  - 변수 초기화 모듈(Variable Initialization Module)  
화면이 최초로 디스플레이될 때 사용자 입력사항과 선택항목들을 초기화하거나, 상위선택사항에 의해 하위선택사항이 변경되어야 하는 경우 선택항목들의 설정상태를 관리한다.
  - 이벤트 핸들러 모듈(Event Handler Module)  
Dialog를 구성하고 있는 각 Component들이 사용자의 action에 따라 어떻게 반응하여 어떤 기능을 수행할 것인지 지정한다.

#### ② Script Document Manger

- 유효값 관리기(Validation Manager)
  - 유효값 검증 모듈(Validation Check Module)  
사용자 입력사항과 선택사항이 적절한(proper) 상태로 설정되었는지를 검증하는 것으로서, 예를 들어, 숫자값을 입력해야 할 항목에 문자값을 입력한다든가, 범위를 벗어나는 값을



[그림-11] 시스템의 관리기능과 구성모듈

입력한다든가, 혹은 분석을 위해 필수적으로 입력해야 할 항목을 비워둔다든가 하는 경우들을 체크한다.

- 메시지 통보 모듈(Message Notification Module)

사용자의 입력사항과 선택사항이 적절한 상태가 아닐 경우, 어떤 항목을 어떤 식으로 수정해야 하는지에 대한 알림 메시지를 내보낸다.

● 분석 관리자(Analysis Manager)

- 데이터 접근 모듈(Data Access Module)

분석기능을 수행하기 위해 작업대상 파일이나 DataBase 테이블에 접근하고(access), 해당하는 항목(field)을 선별한다.

- 계산 모듈(Calculation Module)

작업대상 항목이 가지는 값(value)들을 모으고, 해당하는 분석 알고리즘(algorithm)을 적용하여 결과값을 도출한다.

● 분석결과 관리기(Result Manager)

- 가시화 모듈(Visualization Module)

분석 결과값을 기하학적인 형태로 표현해야

할 경우, ArcView의 Graphics 클래스를 이용하여 이루어진(drawn) 도형 객체들을 View Document에 추가하여 디스플레이되도록 한다.

- 파일 변환 모듈(Shapefile Conversion Module)

분석결과로서 디스플레이된 ArcView Graphics의 도형 객체를 저장과 편집이 가능한 Shapefile 형식의 Theme으로 변환하여 View Document에 추가한다.

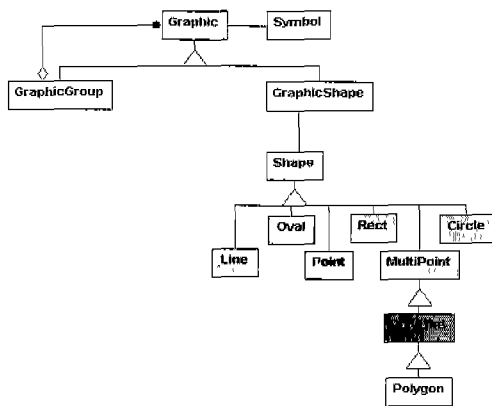
### 3.4 시스템의 구현

일반적인 객체지향언어와 마찬가지로 ArcView Avenue Script는 여러 가지 클래스 객체와 객체의 속성(property: variable) 및 동작(method: request)을 이용한 프로그래밍을 지원하며(Razavi, 1997), 다음과 같은 특징을 가진다.

● 변수: 작업변수의 경우, 선언(declaration)이나 정의(definition)의 과정 없이도 생성 가능하며, 전역변수(global variable)를 이용한

데이터의 교환이 가능하다.

- 형변환(type casting): asLine, asPolygon 등과 같이 클래스 객체가 가진 [asTYPE] 형태의 request를 이용하여 이루어진다.
- 하위모듈(sub-program)의 호출과 객체의 전달: call by name형식을 취하며, 매개변수 리스트(parameter list)를 첨부하는 방식으로 이루어진다.
- 공간연산자: Shapefile 데이터 모델([그림-12])에 기반한 공간연산자들은 사상(feature)의 좌표, 길이, 면적 등을 구하거나, 사상들 간의 거리, 인접성 또는 중첩성 등 위상관계에 의한 연산을 하거나, 사상들의 병합(merge) 또는 클리핑(clipping) 등의 기능을 가진 request들을 지원한다.
- Dialog Designer와의 연동
- Database System과의 연동



[그림-12] Shape Class Diagram

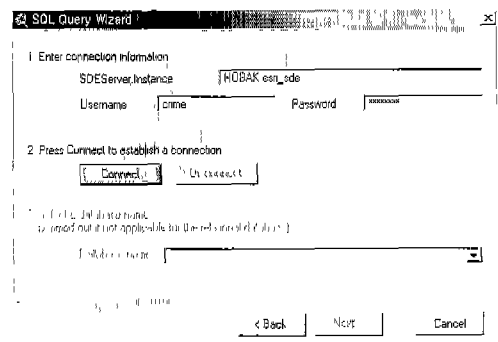
1) 분석 관리자(Analysis Manager)의 구현

본 시스템의 근간을 이루는 것은 분석루틴으

로 구성된 Analysis Manager 부분이며, 이는 Data Access Module과 Calculation Module로 나뉜다. 이 두 가지 모듈을 보다 구체적으로 살펴 보면 다음과 같다.

① Data Access Module

분석기능의 작업대상이 되는 Theme은 사용자 컴퓨터(local machine)의 하드디스크 상에 Shapefile의 형태나, 원격 DataBase System에 Table의 형태로 존재하게 된다. 전자의 경우는 일반적인 윈도우용 프로그램과 동일한 방식으로 파일탐색기(file browser)에 의해 접근 가능하고, 후자는 ArcView Database Access([그림-13])의 지원에 의해 접근 가능하다. 또한, 프로그램 내부적으로는 다음과 같은 코드에 의해 원격 DataBase에 접근하여 데이터를 불러들이고, SQL 문 실행결과를 VTab이라는 ArcView 클래스 객체에 할당하는 방식으로 작업할 수 있다.



[그림-13] ArcView DataBase Access를 이용한 원격 DataBase 연결

② Calculation Module

분석기능의 핵심적인 Calculation Module은 Convex Hull, SD Ellipse, Nearest Neighbor

```

TheSQL = SQLCon.Find("ODBC_CONNECTION_NAME")
TheSQL.Login("USER_NAME"/"PASSWORD")
TheVTab = Vtab.MakeSQL(TheSQL, "SQL_SENTENCE")
    
```

Hierarchical Clustering, K-means Clustering, Normalized Choropleth Map, Poisson Probability Map, Nearest Neighbor Index, K-function 등에 관한 것이며, 이 중 몇 가지 모듈의 구현과정에 대해 살펴보면 다음과 같다.

• SD Ellipse

표준거리 타원을 생성하기 위해서는 기준점과 장축 및 단축, 기울기 각도 등을 구하고<sup>3)</sup>, 이들을 매개변수로 하여 Ellipse 클래스 객체를 생성하는 make request를 작성한다. 생성된 타원은 GraphicShape 클래스 객체를 생성하는 make request에 의해 디스플레이될 수 있는 형태로 변환되어 View 클래스 객체에 추가되며, 다음의 코드는 이 과정의 일부를 나타내는 것이다.

```
TheEllipse = ellipse.make(xMean@yMean, theXAxis@theYAxis, theTheta.asDegrees+90, 200)
theGraphicShp = graphicShape.make(theEllipse)
theView.getGraphics.add(theGraphicShp)
```

• NNH(Nearest Neighbor Hierarchical Clustering)

점과 점 사이의 거리가 우연적 기대치보다 작은 group을 하나의 cluster로 설정하고(first-order clustering), cluster와 cluster 사이의 거리가 우연

적 기대치보다 작은 group을 묶어서 상위 cluster로 설정하는 방법으로서, 모든 cluster가 하나로 수렴하거나, 또는 cluster와 cluster 사이의 거리가 우연적 기대치보다 작은 경우가 발생하지 않을 때까지 [first-order, second-order, third-order.....]와 같은 re-clustering process를 반복한다. 이때, 기준이 되는 우연적 기대치는 Mean Random Distance<sup>4)</sup>이며, first-order clustering의 과정을 수행하는 스크립트는 다음과 같은 이중 반복구조(loop)로 구성된다.

여기에서, getCoord.ave 루틴은 Shape FieldA 또는 ShapeFieldB라는 Field Type의 매개변수를 전달받아서 점사상(point feature)의 {x,y} 좌표를 구해서 반환하는 역할을 수행하고,

compareDistnace.ave 루틴은 CoordA, CoordB, 그리고 MRD라는 매개변수를 전달받아서 두 개의 점 사상과 Mean Random Distance를 비교하는 역할을 수행한다.

```
For each I in FtabA
  For each J in FtabB
    ShapeFieldA = FTabA.findField("Shape")
    ShapeFieldB = FTabB.findField("Shape")
    CoordA = Av.run( crime.getCoord.ave , ShapeFieldA)
    CoordB = Av.run( crime.getCoord.ave , ShapeFieldB)
    Av.Run( crime.compareDistance.ave , {CoordA, CoordB, MRD})
  End
End
```

3) 표준거리 타원(Standard Distance Ellipse)의 유도과정은 다음과 같으며, 여기에서, x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>는 각 점의 {x<sub>i</sub>,y<sub>i</sub>}좌표, n은 모든 {x<sub>i</sub>,y<sub>i</sub>}좌표의 산술평균을 의미한다.

$$\tan \theta = \frac{\sum x_i^2 - \sum y_i^2}{2 \sum x_i y_i} \sqrt{\frac{(\sum x_i^2 - \sum y_i^2)^2 + 4(\sum x_i y_i)^2}{n}}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(\sum x_i^2) \cos^2 \theta - 2(\sum x_i y_i) \sin \theta \cos \theta + (\sum y_i^2) \sin^2 \theta}{n}}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{(\sum x_i^2) \sin^2 \theta - 2(\sum x_i y_i) \sin \theta \cos \theta + (\sum y_i^2) \cos^2 \theta}{n}}$$

4)  $0.5 \sqrt{\frac{A}{N}}$  (여기에서, A는 지역의 면적, N은 사건수)

5)  $t^{*0.5} \sqrt{\frac{A}{N}}$  (여기에서, t는 0.01 유의수준에서의 t-value, A는 지역의 면적, N은 사건수)

- K-means Clustering  
범위 내의 모든 점사상을 사용자가 지정하는 K개의 cluster로 나누는 방법으로서, 이 방법의 핵심
- 좌하(left-lower) {x,y}좌표와 가로-세로 길이를 매개변수로 전달받아 가상의 cell을 설정하는 역할을 수행하고, cellPoint.ave 루틴은 가상의 cell

```

theGridExtent = av.run("crime.calcMBR", theFTab)
IncrementX = (theGridExtent.get(2) - theGridExtent.get(0)) / 100
IncrementY = (theGridExtent.get(3) - theGridExtent.get(1)) / 100
For each I in minX..maxX by XIncrement
    for each J in minY..maxY by YIncrement
        theCell = av.run("crime.makeRectangle.ave", {I, J, IncrementX, IncrementY})
        theCellInfo = av.run("crime.cellPoint.ave", {theRect, theFTab})
        theRepository.add(theCellInfo)
    end
end
theSeedList = av.run("crime.getSeed.ave", {theRepository, KVlaue})
    
```

기술은 cluster의 기준이 되는 K개의 임의의 지점(seed)을 선정하는 것이다. 본 시스템에서는 격자의 중첩(grid overlay)과 이격거리<sup>5)</sup>(separation distance)를 이용하여 K개의 기준점을 선정하는 방법을 취한다. 우선, 점사상의 범위(extent)에 맞게 100\*100의 격자를 씌우고, 격자의 모든 셀을 이동하면서 셀에 포함되는 점사상의 개수를 집계한다. 가장 많은 수의 점사상을 포함하고 있는 셀이 첫번째 seed로 선정되고, 그 다음으로 많은 수의 점사상을 포함하고 있으면서 첫번째 seed로부터 이격거리 이상 떨어져 있는 셀이 두번째 seed가 되는 식이다. 이러한 과정을 수행하는 스크립트의 일부 코드는 다음과 같다.

여기에서, makeRectangle.ave 루틴은 사각형의

과 feature table을 매개변수로 전달받아 cell 내에 포함되는 점사상의 개수를 집계하는 역할을 수행하며, getSeed.ave는 이격거리와의 비교를 통해 K개의 seed를 선정하는 역할을 수행한다.

• Poisson Probability Map

포아송 확률지도 작성에 있어서 각 단위지역 별로 할당되는 사건발생의 확률값은 다음과 같은 식에 의해 도출되며, 여기에서  $n_i$ 는 인구수,  $y_i$ 는 사건발생수,  $\mu_i$ 는 포아송평균,  $e$ 는 상수<sup>6)</sup>를 의미한다.

$$\mu_i = n_i \left( \frac{\sum y_i}{\sum n_i} \right)$$

$$P_i = \sum_{x \geq y_i} \frac{\hat{\mu}_i^x e^{-\hat{\mu}_i}}{x!} (y_i \geq \hat{\mu}_i), \quad P_i = \sum_{x \leq y_i} \frac{\hat{\mu}_i^x e^{-\hat{\mu}_i}}{x!} (y_i \leq \hat{\mu}_i)$$

```

thePoissonField = field.make("Poisson", aType, aWidth, aPrecision)
theFTab.setEditable(TRUE)
theFTab.addFields({thePoissonField})
theRatio = av.run("crime.calcRatio.ave", {theEventField, thePopField, theFTab})
for each I in theFTab
    theCountEvent = theFTab.returnValue(theEventField, I)
    theCountPop = theFTab.returnValue(thePopField, I)
    ThePoissonMean = theCountPop * theRatio
    theP = av.run("crime.calcPoissonP.ave", {theCountEvent, thePoissonMean, theE})
    theFTab.setValue(thePoissonField, I, theP)
end
theFTab.setEditable(FALSE)
    
```

6) 2.71828: 자연로그의 밑

포아송 확률값을 할당하는 과정은 단위지역 base-map을 표현하는 theme의 Ftab(Feature Table) 필드를 조작함으로써 이루어진다.

calcRatio.ave 루틴은 사건필드와 인구필드, 그리고 Ftab을 매개변수로 전달받아 사건필드 대 인구필드의 비를 구하는 역할을 수행하고, calcPoissonP.ave 루틴은 해당지역의 사건발생 수와 포아송 평균, 그리고 상수 e의 값을 매개변수로 전달받아 포아송 확률값을 구하는 역할을 수행한다.

● Nearest Neighbor Index

최근린지수(Nearest Neighbor Index)는 대상지역 내 모든 점 사상들의 최근린 거리와 우연적 기대치를 비교함으로써 점들의 분포가 밀집해 있는 양상을 파악하는 것으로서, 다음과 같은 공식에 의해 유도된다. 여기에서, N은 표본의 개수, A는 지역의 면적, 그리고  $d_{ij}$ 는 두 점 i와 j 간의 거리를 의미한다.

$$\text{Nearest Neighbor Distance} = d(\text{NN}) = \frac{\sum \text{MIN}(d_{ij})}{N}$$

$$\text{Mean Random Distance} = d(\text{ran}) = 0.5 \sqrt{\frac{A}{N}}$$

$$\text{Nearest Neighbor Index} = \text{NNI} = \frac{d(\text{NN})}{d(\text{ran})}$$

```

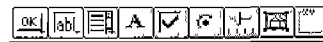
For each I in FtabA
  For each J in FtabB
    ShapeFieldA = FtabA.findField("Shape")
    ShapeFieldB = FtabB.findField("Shape")
    CoordA = Av.run( crime.getCoord.ave , ShapeFieldA)
    CoordB = Av.run( crime.getCoord.ave , ShapeFieldB)
    TheDist = Av.Run( crime.calcDistance.ave , {CoordA, CoordB})
    DistList.add(theDist)
  End
  RecCount = FtabA.getNumRecords
  DNN = DNN + av.run( crime.calcDNN.ave , {DistList, RecCount})
End
    
```

이 중에서 d(NN)을 구하는 스크립트 중 일부 코드는 다음과 같다.

calcDNN.ave 루틴은 점들의 쌍으로 이루어진 거리값을 배열(DistList)을 이용하여 구해진 최근린 거리와, 표본의 개수(RecCount)를 이용하여 d(NN)을 도출하는 기능을 수행한다.

2) 사용자 인터페이스와 분석루틴의 연결

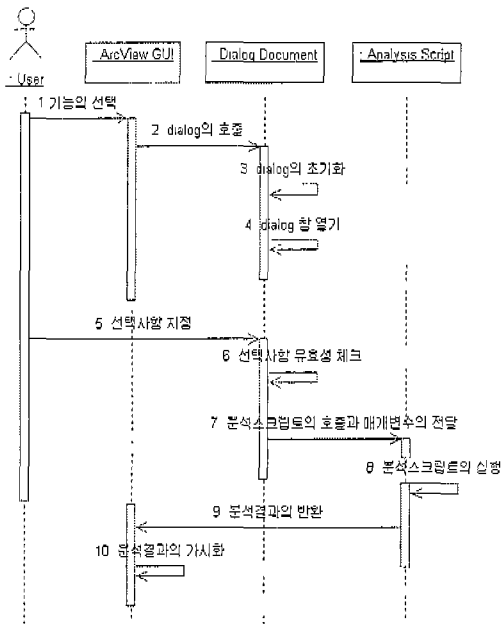
ArcView Dialog Designer는 [그림-14]에서처럼 Label Button, Text Line, List Box, Text Label, Check Box, Radio Button, Slider, Icon Box, Control Panel 등 사용자환경을 구성하는 컴퍼넌트들(user-interface building components)을 제공하며, 작성된 스크립트 파일을 해당 이벤트(예를 들어 click event)에 명시하여 컴퍼넌트 객체와 소스 코드를 연결함으로써 각 컴퍼넌트들의 동작이 이루어지게 된다. 사용자가 ArcView GUI에서 메뉴 상의 기능을 선택함으로써 분석모듈이 실행되고, 그 결과가 가시화되는 과정은 [그림-15]와 같이 도식화될 수 있다. 이러한 일련의 과정은 사용자에게 은닉된 채 시스템 내부적으로 처리된다.



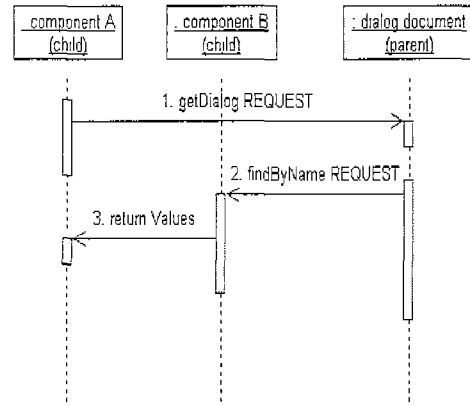
[그림-14] Dialog Designer Components

사용자가 입력한 선택사항이 올바른지 검증하는 <6. 선택사항 유효성 체크> 단계는 dialog

document를 구성하는 component가 update 또는 select될 때 그 값의 유효성 여부를 체크하거나, 선차단계의 작업결과에 따라 결정되어지는 후차단계의 제한조건(constraints)을 체크하는 역할을 담당한다. 이러한 과정은 Dialog Document에 포함되어 있는(contained) 하나의 component가



[그림-15] 모듈실행의 Sequence Diagram



[그림-16] 컴퍼넌트 참조 Sequence Diagram

### 3) ArcView 확장모듈(extension module)의 제작

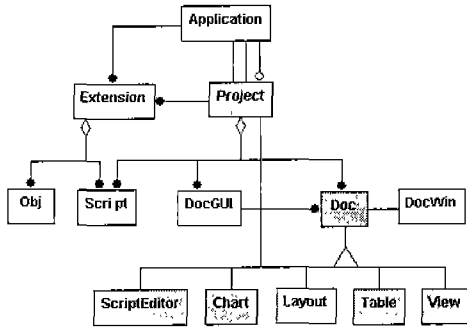
자신 이외의 또 다른 component가 가지고 있는 값들을 참조함으로써 이루어진다. Avenue Script의 self라는 예약어(reserved word)와 getDialog request, findByName request를 사용하면, A라는 component가 parent격인 Dialog Document에 접근한 후 parent를 통해 하위 component의 이름을 호출하는 방식으로 B라는 component가 가진 값을 참조하는 것이 가능해진다. 이러한 과정은 [그림-16]과 같은 절차를 거친다.

Avenue Script를 사용하여 작성한 분석 루틴들을 독립적으로 플러그인 할 수 있는 확장모듈(extension module)로 재구성 위해서는 Avenue Script의 Extension Class와 그 멤버함수들을 사용한다. [그림-17]에서는 Extension Class와 관련된 객체모델을 보여주며, [표-3]에서는 Extension 제작에 필요한 스크립트와 작업 절차를 간략히 나타낸다.

Make script에 사용되는 Extension Class의 make request 다음과 같은 형식으로 구성되며,

<표-3> 확장모듈 제작에 필요한 스크립트와 작업절차

작업	내용
Project file(*.apr) 준비	Dialog document들과 분석루틴들을 포함
Make script 작성	Extension object의 환경변수 설정
Load / install script 작성	Extension이 loading되는 시점에서 필요한 환경설정과 extension이 사용될 프로젝트의 GUI setting
Load 실패 시에 대한 script 작성	Extension이 loading되지 않을 경우에 대한 예외 처리
Uninstall script 작성	Extension이 제거될 때 프로젝트의 GUI setting 복원
Extension 객체 생성	Make script를 실행(run)함으로써 *.avx 파일을 생성
Extension 테스트	New project를 열고 extension을 loading하여 각 기능이 정상적으로 수행되는지 확인



[그림-17] Extension Class Diagram

통해 Extension 객체를 생성한다.

위와 같은 과정을 설정과정을 거친 후, Make Script를 실행하여(run) 생성된 Extension은 ArcView에 탑재되어 사용되어지며, 그 기본화면은 ArcView GUI를 수정보완(customizing)한 형태로서 [그림-18]과 같다.

### 3.5 시스템의 시험운용

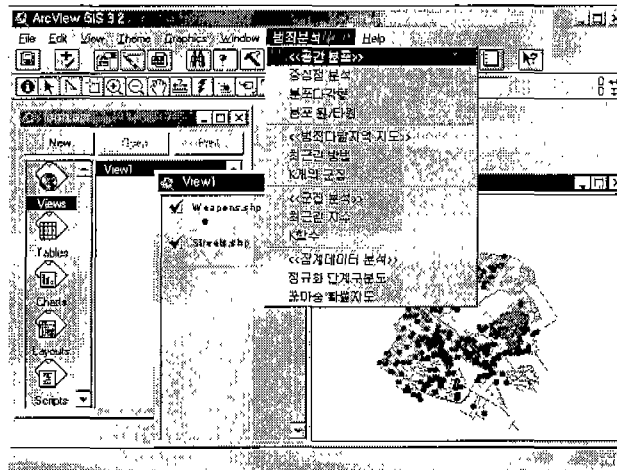
#### 1) 공간분포(Spatial Distribution)

[표-4]와 같은 매개변수(parameter)들의 설정을

공간분포의 가시화 기능은 점분포의 기하학

<표-4> make request의 parameter list

<pre>Extension.make("\$USEREXT/CrimeStats.avx".asFileName,     "Crime Analysis GIS",     av.findScript("CrimeStats.Install"),     av.findScript("CrimeStats.Uninstall"),     {"\$AVBIN/avdlg.dll".asFileName})</pre>	
매개변수(parameter)	설정 예
Extension's file name	CrimeStats.avx
Extension name	Crime Analysis GIS
Install script name	CrimeStats.Install
Uninstall script name	CrimeStats.Uninstall
Dependencies list	"\$AVBIN/avdlg.dll".asFileName



[그림-18] 범주분석 확장모듈의 기본화면



범죄분석 지리정보시스템의 설계와 구현



[그림-19] 공간분포 도식화 기능의 실행 예

적 중심점을 탐색하고, 점분포 패턴을 다각형과 원, 타원 등의 기하학적 형태로 요약하는 역할을 수행한다. [그림-19]는 최소범위사각형(Minimum Bounding Rectangle)과 최외각점 연결 다각형(Convex Hull), 표준거리 원(Standard Distance Circle), 표준거리타원(Standard Distance Ellipsoid)을 도식화하기 위한 사용자 인터페이스와 그 실행결과를 나타낸다.

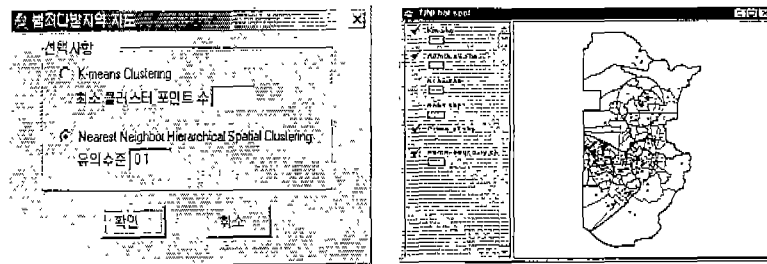
을 탐색하여 타원체 형태로 가시화하는 것으로서 K-means clustering 방법에서는 cluster의 개수를 지정하고, Nearest Neighbor Hierarchical Clustering 방법에서는 유의수준을 지정함으로써 hot-spot ellipse를 생성한다. [그림-20]은 범죄다발지역 지도 생성 기능의 사용자 인터페이스와 그 실행 예이다.

2) 범죄다발지역 지도

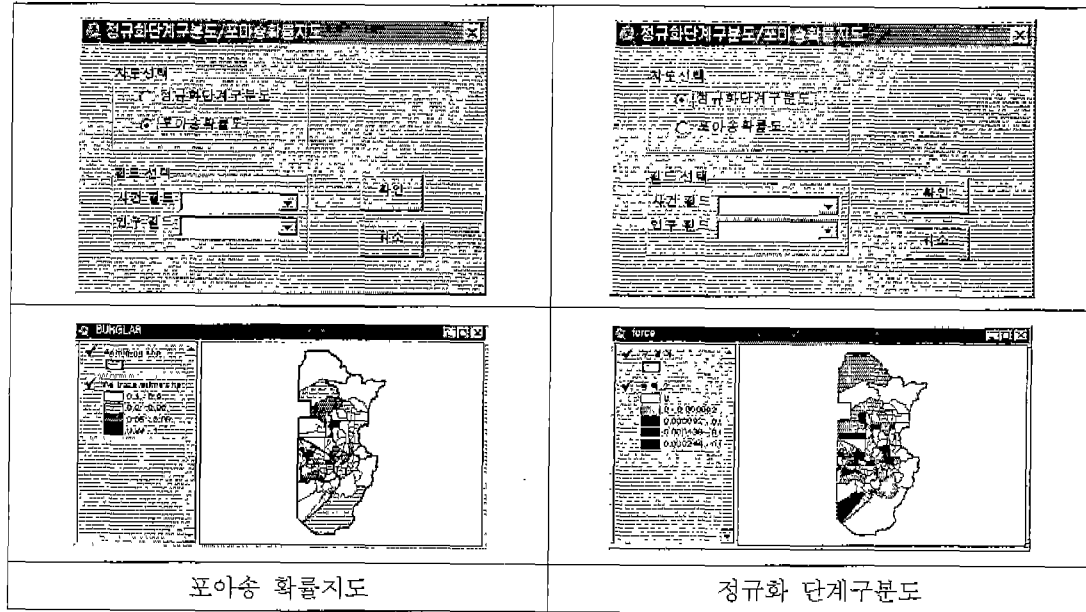
"범죄다발지역 지도"의 생성 기능은 hot-spot

3) 구획단위 집계데이터 분석

범죄발생 자료를 행정구역이나 경찰관할구역과 같은 구획단위로 집계하면, 범죄의 유형



[그림-20] 범죄다발지역 지도 생성 기능의 실행 예



[그림-21] 구획단위 집계데이터 분석 기능의 실행 예

과 범죄의 발생건수에 따라 사건발생의 공간적 분포경향이 드러난다. 이러한 면 단위(area unit)의 분포경향은 point 그 자체의 분포와는 또 다른 양상을 보일 수 있다. 범죄분석 확장모듈 중 "구획단위 집계데이터 분석" 기능은 범죄발생의 공간적 패턴을 단계구분도와 같은 형태로 표현하는데, 범죄발생 건수(raw count)에 기초한 단계구분도는 단위지역의 면적이나 인구규모 등의 변수가 반영되지 않으므로, 포아송 확률지도나 정규화 단계구분도(normalized choropleth map) 등을 이용하여 이를 보완한다. [그림-21]은 지역의 인구수를 고려한 포아송 확률지도와 정규화 단계구분도의 사용자 인터페이스와 실행 예이다.

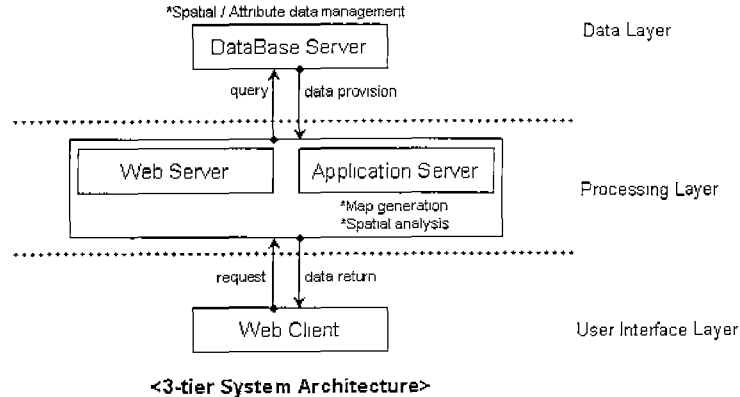
#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 DBMS와 GIS가 연동하는 클라이언트/서버 환경 속에서, Avenue Script를 이용

하여 개발한 모듈을 ArcView Extension으로 제작함으로써 데이터의 유지관리와 효율적 가시화, 그리고 공간통계적 분석의 세가지 기능을 갖춘 범죄분석 지리정보시스템을 설계하고 구현하는 과정을 기술하였다. 본 시스템을 구성하고 있는 핵심모듈은 사용자 인터페이스를 관리하는 Dialog Manager와 분석모듈을 관리하는 Script Manager이며, 공간분석을 위한 기능들은 점패턴의 공간분포 탐색, 범죄다발지역(hot-spot)의 지도화, 군집성 분석, 그리고 집계자료의 분석 등이 구현되었다. 또한 알파 및 베타 테스트를 거친 프로그램을 시험운영함으로써 본 연구를 통해 제작한 시스템을 평가해 보았다.

본 연구에서는 클라이언트/서버의 2-Tier 구조에 기반하여 긴밀한 연계방식(tight-coupling)을 적용한 범죄분석 시스템을 제작하였으며, GIS의 표준화 및 Internet GIS의 발전 추세와 더불어 웹에 기반한 3-Tier 구조([그림-22])의 범죄분석 시스템이 현재 개발 중에 있다. 이 시스템은 순수 자바(100% Pure Java)를 이용한 완전통합된

## 범죄분석 지리정보시스템의 설계와 구현



[그림-22] 3-Tier 구조의 범죄분석 시스템 구성도

(fully-integrated) 시스템이며, 여기에서 핵심적인 부분은 지도의 생성(Map Generation)과 공간분석(Spatial Analysis)을 담당하는 Application Server가 될 것이다.

## 참고 문헌

- Bailey, T. and Gatrell, A., 1995, Interactive Spatial Data Analysis, Longman.
- Block, C., 1995, STAC Hot Spot Areas: A Statistical Tool for Law Enforcement Decisions, pp.15-32 in Crime Analysis through Computer Mapping, Police Executive Research Forum.
- Brown, D., 1998, The Regional Crime Analysis Program(RECAP): A Framework for Mining Data to Catch Criminals, Proceedings for the 1998 International Conference on Systems, pp.2848-2853.
- Chou, Y., 1997, Exploring Spatial Analysis in Geographical Information Systems, Onward Press.
- Heining R. 1990, Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Science, Cambridge University Press.
- Hirshfield, A., Brown, P. and Todd, P., 1995, GIS and the Analysis of Spatially-referenced Crime Data: Experiences in Merseyside, U.K., International Journal of GIS, 9(2), pp.191-210.
- Howard, D. and MacEachren, A., 1996, Interface Design for Geographic Visualization: Tools for Representing Reliability, Cartography and Geographic Information Systems, 23(2), pp.59-77.
- Joelson, M. and Fishbine, G., 1980, The Display of Geographic Information in Crime Analysis. pp.247-263 in Crime: A Spatial Perspective, Columbia University Press.
- Levine, N., 1999, CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations, Draft Final Report, National Institute of Justice.
- Levine, N. and Canter, P., 1998, CrimeStat: A Spatial Statistical Program for Crime Analysis, A Status Report, NIJ Cluster Conference on the Development of Spatial Analysis Tools.
- Razavi, A., 1997, ArcView GIS / Avcnue Developer's Guide, Onward Press.
- Weisburd, D. and McEwen, T., 1998, Crime Mapping and Crime Prevention, Police Executive Research Forum.

박기호

- 이경희, 1992, 서울의 지역별 범죄분포 특성에  
관한 연구, 지리교육논집, vol.27, pp.94-118.

[ Web Pages ]

- <http://athene.csu.edu.au/~jratclif/>

(Jerry Ratcliffe Crime Analysis Page)

- <http://vijis.sys.virginia.edu/home.htm>

(Virginia Institute for Justice Information System)

- <http://www.ccg.leeds.ac.uk/smart/intro.html>

(Lan Turton Smart Spatial Analysis)

- <http://www.ojp.usdoj.gov/cmrc>

(US NIJ Crime Mapping Research Center)

- <http://www.tetrad.com/new/crime.html>

(Tetrad Computer Application Crime Analysis)

- <http://www.usdoj.gov/index.html>

(US Department of Justice)