

지식기반 지리정보 시스템의 개발⁺

(Development of a Knowledge-Based Geographical Information System)

요 약

지리정보 시스템에 기반한 응용 시스템 개발에 있어 필수적인 기능으로 지도작성, 데이터 관리, 해석 기능 외에 지식 표현 및 추론 기능을 들 수 있다. 본 논문에서는 지식베이스 관리 및 연역 추론 기능을 갖는 지식기반 지리정보 시스템의 개발과 연역 기능을 활용한 시스템 기능 확장에 대하여 논한다. 본 시스템에서는 사용자 인터페이스(Visual Basic), 지리정보 시스템(ArcView, ArcInfo), 추론 시스템(Eclipse)을 상호 밀결합 방식으로 결합, 구현하였으며, 각 서브 시스템은 서로 중간 파일 시스템의 사용없이 데이터 및 명령어의 전송 및 공유가 가능하다. 또한 사용자는 사용자 인터페이스를 통하여 개개의 서브 시스템을 인식하지 않고 단일화된 환경하의 작업이 가능하다.

시스템의 연역 기능은 일반적으로 거론되는 지식베이스 관리, 의사결정 지원 기능 외에도 사용자 환경개선, 복합 공간 객체의 표현, 공간질의 연산자 구현 등의 시스템 기능 확장에 활용될 수 있다. 특히 본 시스템에서는 사용자 환경 개선에 초점을 맞추어 사용자가 정보의 내부 구조나 문제 영역, 명령어 사용 방법 등을 잘 알지 못하더라도 유용한 정보를 얻도록 지원, 유도하는 협력 질의 응답 기능과 명령어 자동 생성 기능을 제공한다. 또한 본 논문에서는 이들 방식을 이용한 두가지 응용 시스템(여행정보 시스템, 환경관리 시스템)의 구현 예를 들어 본 시스템의 실용성과 유용성을 보인다.

+ 본 연구는 산학협동재단 '95 학술연구비 지원에 의한 것임.

1. 서론

지리정보 시스템이란 사용자와 응용 분야에 따라 다양한 방식으로 정의될 수 있으나 일반적으로 지리정보에 관련된 공간, 비공간 데이터를 저장, 관리하여 검색 및 분석 기능을 제공하는 시스템으로 볼 수 있다[Laurini 1992]. 최근 지리정보 시스템을 기반으로 한 다양한 응용 시스템의 개발에 관한 관심이 매우 높아지고 있으며, 도시계획 및 기반시설 관리, 환경 관리, 자원 관리, 각종 정보 서비스 등에 적극적으로 활용되고 있다.

그러나 이와같은 실질적인 응용 시스템 개발을 위하여는 일반적인 지리정보 시스템에서는 제공되지 않는 공간 의사결정지원 기능 등이 필수적인 기능으로 지적되고 있다[Medeiros 1994, Williams 1995]. 즉 지리정보 시스템에서는 일반적으로 지리 정보의 간편한 입력 방식, 대규모 데이터의 저장 및 관리 방법, 검색 및 분석(기하적 질의처리, 위상적 질의처리) 기능, 다양한 출력 방식 등이 제공된다. 그러나 지리정보 시스템을 기반으로 하는 응용 시스템을 개발하기 위하여는, 이들 기능 외에 경험적 지식의 표현 기능, 사용자와의 상호 작용에 의한 문제 해결 기능, 각종 지형 정보 및 경험적 지식을 이용한 문제 해결 및 의사 결정 지원 기능, 언어진 해결 방안의 정당성 제시 기능, 언어진 해결 방안 외의 대안 제시 기능 등이 제공되어야 한다.

이들 기능을 갖는 지리정보 시스템을 구현하기 위하여는 기존의 지리정보 시스템의 주요 기능으로 열거될 수 있는 지도작성 기능, 데이터 관리 기능, 해석 기능 외에 지식베이스의 표현, 관리 기능 및 추론 기능 등이 필요하다. 최근 지리정보 시스템에 의사결정 지원 기능 등을 추가하기 위한 방법에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 대표적인 방식으로 기존의 상용 지리정보 시스템과 전문가 시스템을 중간 파일 형태로 연결하는 약결합 방식[Leung 1993, Zhu 1992, Jankowski 1995]과 전문가 시스템의 기능이 추가된 통합형 지리정보 시스템을 구현하는 완전 결합 방식[Williams 1995, 김진덕 1995] 등을 들 수 있다. 전자의 경우, 시스템 구현이 간단하고 신뢰도 높은 시스템의 구현이 용이하다는 장점이 있으나, 서로 상이한 시스템을 연결한 형태로 사용자에게 제공되므로 사용자는 두 시스템을 동시에 인식하고 각기 다른 언어를 익혀야 하는 등 단점이 있다. 후자의 경우, 사용자에게 단일화된 사용자 환경을 제공할 수 있으며, 질의의 효율적 평가가 가능하다는 점 등을 장점으로 들 수 있으나 시스템 구현이 용이하지 않다.

본 논문에서는 지식베이스 관리 및 연역 추론 기능을 갖는 지식기반 지리정보 시스템의 개발에 관하여 논한다. 본 시스템의 구성 방식은 위에서 설명한 약결합 방식과 완전결합 방식의 장단점을 고려한 밀결합 방식으로, 지리정보의 관리, 분석을 위하여 상용의 지리정보 시스템인 ArcView 와 ArcInfo[ESRI 1995]를 이용하고, 지식베이스 기술, 관리 및 추론 기능 등을 제공하기 위하여 규칙기반 프로그래밍 언어인 Eclipse[Haley 1994]를 사용한다. 이 둘 두 시스템은 데이터를 직접 공유하도록 결합되며, 따라서 데이터 교환을 위한 사용자의 개입이 필요하지 않다. 또한 Visual Basic[전병선 1995]을 통한 DLL, DDE 기능에 의하여 두 시스템을 통합하고 있으므로 사용자는 Visual Basic으로 작성된 사용자 인터페이스를 통하여 개개의 서브 시스템을 인식하지 않는 단일

화된 환경하에서 작업할 수 있다.

또한 본 논문에서는 지식기반 지리정보 시스템에서 제공되어 질 수 있는 다양한 시스템 기능 확장에 관하여 논한다. 지식베이스 및 연역 추론 기능은 지식 관리 및 공간의사 결정 지원 기능 외에 사용자 환경 개선, 복합 공간 객체의 표현 및 공간 질의 처리 등에 적극 활용될 수 있다.

특히 본 시스템에서는 사용자 환경 개선에 초점을 맞추어, 지식베이스를 이용한 명령어 자동 생성, 협력질의응답(cooperative query answering)[Chu 1990, Gaasterland 1991, 이윤식 1995] 기능 등을 제공하고 있다. 일반적으로 지리정보 시스템을 이용하여 초기 데이터로부터 원하는 정보를 얻기까지 사용자는 내부 데이터베이스의 구조, 명령어의 사용 방법 등에 관한 구체적이고 정확한 지식이 필요하다. 특히 일반 사용자에게 이 과정은 매우 어렵고 복잡한 작업이 될 수 있다. 이러한 사용자 환경 개선을 위하여 본 시스템에서는 사용자가 정보의 내부 구조나 문제 영역, 명령어의 사용 방법 등을 잘 알지 못하더라도 시스템 지원 하에 좀 더 유용하고 정확한 정보를 검색할 수 있게 도움을 주는 정보검색 환경을 제공한다.

또한 본 논문에서는 이들 방식을 이용한 두가지 응용 시스템(여행정보 시스템, 환경관리 시스템)의 구현 예를 들어 본 시스템의 실용성과 유용성을 보인다. 여행정보 시스템은 철도, 항공, 도로 등을 이용하여 여행하고자 하는 사용자에게 목적(출발지, 목적지, 일자, 시간, 요금)에 적합한 교통편 및 각종 정보를 지도 정보 등과 함께 제공하는 시스템으로서, 사용자는 협력질의 과정에 의하여 적절한 교통편을 선정하는 작업을 적극적으로 지원 받을 수 있다. 환경관리 시스템[최태원 1996]은 해당 지역의 환경 현황 모니터링, 오염 원인 분석 및 예측, 환경 보전 방법의 제시 등 복합적인 기능을 제공하는 시스템으로서, 본 시스템에서는 일반 주민에서 환경 전문가에 이르는 폭넓은 사용자 계층에게 상호 협력 과정을 거쳐, 사용자의 수준과 해당 지역의 환경 현황 등이 고려된 동적 정보를 지속적으로 선별 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 지식기반 지리정보 시스템의 구성 및 데이터 공유, 교환 방식에 대하여 설명하고, 연역 방식을 활용한 시스템 기능 확장 및 협력질의응답 기능을 수반한 지능적 사용자 인터페이스 개발에 대하여 논한다. 3장에서는 이들 방식을 이용한 응용 시스템의 구현 사례를 보인다. 마지막으로 4장에서는 시스템의 실용성 및 차후 연구과제에 대하여 논한다.

2. 지식기반 지리정보 시스템

지능적 지리정보 시스템(intelligent geographical information systems)의 개발에 관한 연구 중 대표적인 방식으로 기존의 지리정보 시스템이 갖고 있는 기능에 전문가 시스템으로 대변되는 인공지능 분야의 연구 성과를 통합하는 방식을 들 수 있다. 여기에서는 우선 지리정보 시스템에 전

문가 시스템의 기능을 추가, 활용하기 위한 시스템 구성 방식에 대하여 간략히 설명하고 본 시스템에서 구현한 지식기반 지리정보 시스템의 구성, 데이터 공유 방식에 대하여 논한다. 다음, 연역 추론 방식에 의한 시스템 기능 확장 및 사용자 환경 개선에 대하여 논한다.

2.1. 지리정보 시스템과 전문가 시스템의 통합 방법

지리정보 시스템과 전문가 시스템의 기능 통합에 대한 모델은 시스템의 결합 정도에 따라 다양한 방식으로 분류할 수 있으나 일반적으로 다음과 같이 분류할 수 있다[Jankowski 1995]. 첫번째 방식은 기존의 지리정보 시스템과 전문가 시스템 사이에 중간 파일 형태로 데이터를 교환하는 시스템 결합 방식으로 약결합(loose integration) 방식이며, 두번째 방식은 두 시스템간에 동일 데이터 구조의 공유 메모리를 사용하는(즉, 공유의 데이터베이스를 사용하는) 완전 결합(full integration) 방식이다. 세번째 방식으로는 지리정보 시스템과 전문가 시스템 간에 사용자 개입이 필요 없는 데이터 교환(user-transparent file exchange) 기능과 단일 사용자 환경을 제공하는 밀결합(tighter integration) 방식을 들 수 있다.

약결합 방식에 의한 시스템 구성은 두개의 독립된 시스템에 최소한의 수정을 가하는 시스템 개발 형태로서, 그 구현이 간단하고 각 시스템의 특성을 살린 신뢰도 높은 시스템 구현이 용이하다는 장점을 갖고 있으므로 이 방식을 이용한 응용 시스템이 다수 개발되어 있다. 그러나 서로 상이한 시스템을 연결한 형태로 사용자에게 제공되므로 사용자는 두 시스템을 동시에 인식하고 각기 다른 언어를 익혀야 하는 등의 단점이 있다. 완전 결합 방식에 의한 시스템은 사용자에게 단일화된 시스템 사용 언어 및 환경을 제공하므로 약결합 방식의 단점을 해결한다. 또한 통합된 환경 하에서 공간, 비공간, 규칙기반의 각종 질의에 대한 최적화 작업을 수행하여 질의의 보다 효율적인 평가가 가능하다. 그러나 이 방식은 일반적으로 시스템 구현이 용이하지 않으며, PC 상에서 구현된 사례를 찾아보기 어렵다.

한편, 본 논문에서 제시, 구현하고 있는 밀결합 방식은 이 두 방식의 중간 형태로서, 완전 결합 방식에 비하여 제공되는 사용자 환경 및 시스템 효율이 다소 떨어질 수 있으나, 신뢰성을 갖는 시스템 구현이 비교적 간단하다는 장점을 갖는다. 그러나 이 둘 방식의 일반적인 특성은 응용 목적 및 환경에 따라 각각 다른 장단점으로 작용할 수 있다.

2.2 시스템 구성

2.2.1 ArcView(ArcInfo), Eclipse, Visual Basic의 결합

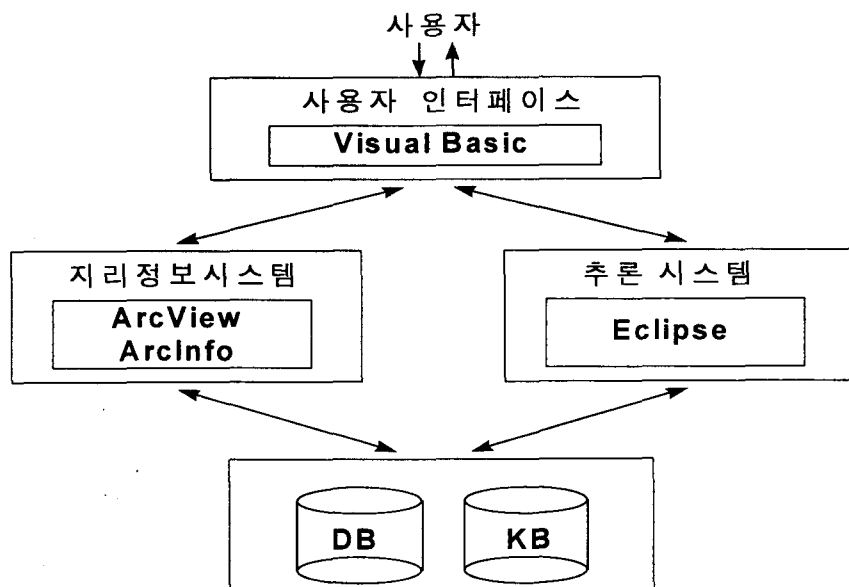
본 시스템은 지리정보 서버 시스템, 추론 서버 시스템, 그리고 이 둘 두 시스템을 통합 관리하

여 사용자와의 질의 응답 기능을 수행하는 사용자 인터페이스로 이루어진다. 본 시스템의 구성 방식은 2.1절에서 보인 분류에 의한 밀결합 방식에 해당하며, 사용자에게 두개의 서브 시스템을 인식케하지 않는 단일 사용자 환경과 두 시스템간의 데이터(정보) 교환, 공유 기능을 제공한다.

(그림 1)에 본 시스템의 구조를 보인다. 지리정보 서브 시스템으로는 상용의 ArcView (ArcInfo)[ESRI 1995]를 이용하고, 추론 서브 시스템으로는 지식 구동형(knowledge-driven)의 규칙기반 프로그래밍 언어인 Eclipse[Haley 1994]를 사용한다.

ArcView(ArcInfo)는 공간, 비공간 데이터의 입력 기능, 각종 해석기능, 그래픽 출력 기능 등을 제공한다. 또한 ArcView(ArcInfo)를 이용한 지리정보 서브시스템은 관계형 데이터베이스 시스템을 이용한 데이터 관리 기능을 제공하므로 다량의 데이터를 효율적으로 저장, 관리할 수 있다. 이들 데이터는 추론 서브 시스템에 의하여 검색되어 추론 과정 등에 사용되어지며, 추론 결과 얻어진 데이터는 다시 데이터베이스에 반영되어 지리정보 서브 시스템에 의하여 그래픽 출력 될 수 있다. Eclipse에 의한 추론 서브 시스템은 지식베이스의 표현, 관리, 추론 과정에 의한 의사 결정 기능 등을 지원한다. 지식베이스는 그 특성에 따라 조건절과 결과절로 이루어지는 규칙(rule)형태와 결과절만으로 이루어지는 사실(fact) 형태로 기술되며, 2.3절에서 논하는 시스템 기능 확장에 활용된다.

사용자 인터페이스는 Visual Basic을 이용하여 구현되어 있으며, Eclipse 시스템과 ArcView(ArcInfo) 시스템은 각각 DLL(Dynamic Link Library), DDE(Dynamic Data Exchange) 기능[전병선 1995]에 의하여 Visual Basic으로 작성된 사용자 인터페이스에 결합된다.



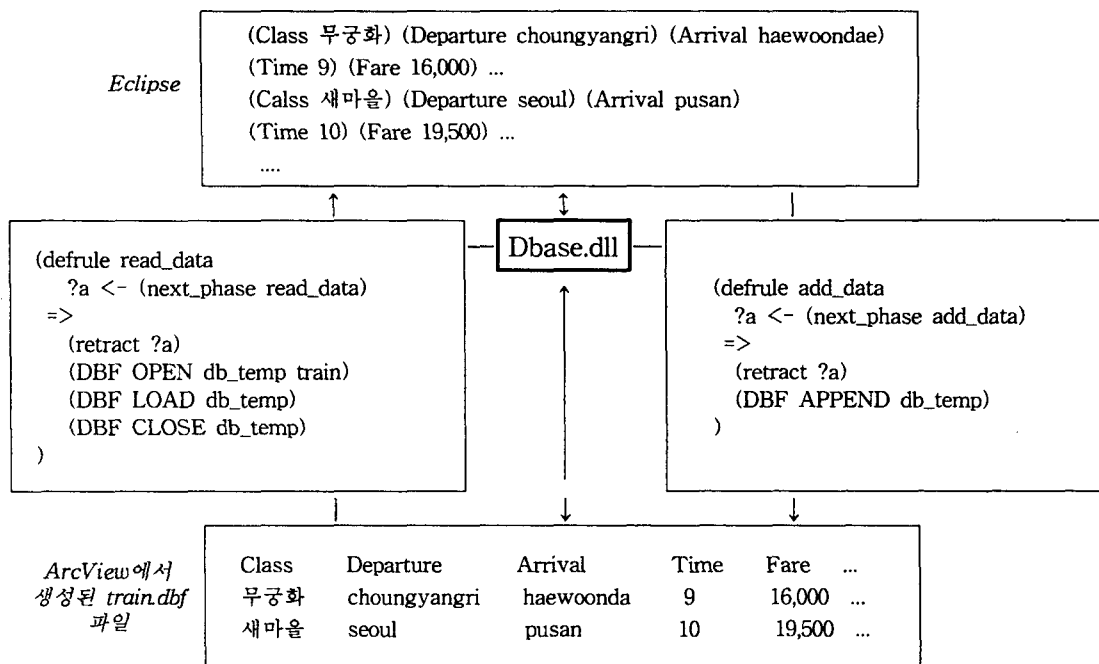
(그림 1) 시스템 구성도

Visual Basic과 Eclipse 사이의 인터페이스는 Eclipse의 VBXpert란 custom control에 의한 API 기능에 의하여 연결된다. VBXpert 객체에는 Initialize, CallBack 등의 프로시저가 정의되어 있으며, 이들 프로시저를 통하여, 지식베이스의 초기화 작업 및 VBXpertArg() 함수를 이용한 데이터의 교환 등이 이루어진다. 한편 Visual Basic과 ArcView는 DDE 기능에 의하여 결합되어 있으며, 상호 메소드(LinkRequest, LinkExecute, DDEClient.Request, DDEClient.Execute 등)를 호출하여 데이터 및 명령어의 교환이 이루어진다.

2.2.2 데이터 공유

(그림 1)에 보인 바와 같이 ArcView(ArcInfo)와 Eclipse 시스템은 데이터를 직접 공유하도록 결합되어 있다. ArcView(ArcInfo)에서는 각종 지리정보를 관계형 데이터베이스 형태로 저장 관리하고 있다. Eclipse에서는 의사 결정 등을 위하여 ArcView(ArcInfo)에서 생성된 이들 지리정보를 필요로 하며, 따라서 이들 지리 정보를 포함한 데이터베이스로부터 필요한 정보를 전송하여, Eclipse가 사용하는 데이터 형태(사실 형태)로 변환하여야 한다. Eclipse에서는 제공되는 DLL(DBF.DLL, DBASE.DLL)에 의하여 이들 데이터베이스 파일로부터의 데이터의 입출력, 템플릿 생성, 데이터베이스 생성 등을 행한다.

다음의 (그림 2)는 ArcView와 Eclipse 시스템 간에 데이터가 상호 전송되는 과정을 보여준다. 즉, Eclipse에서는 ArcView(ArcInfo)가 관리하고 있는 데이터베이스로부터 데이터를 사실 형태로 변환, 로드하기 위하여 DBF OPEN, DBF LOAD 등의 명령어를 사용한다. DBF OPEN 명령어는 ArcView(ArcInfo)가 관리하는 해당 DBF 형식의 데이터 파일(train.dbf)을 오픈한 후, 데이터의 형식 정의에 해당하는 템플릿을 자동 생성한다. 다음 DBF LOAD 명령어는 정의된 템플릿 형식에 맞게 데이터를 변환하여, 데이터 파일 상의 각각의 레코드를 Eclipse 시스템 내에 사실(fact) 형태로 로드 시키고 있다. 이때 데이터는 DBF LOAD 명령어에 따라 일괄적으로 로드되거나 조건에 의한 선택적 로드 방식을 취할 수 있다. 또한 Eclipse 시스템에서 추론 과정 등에 의하여 새로운 결과의 사실이 생성 되면 이들 데이터는 DBF APPEND 명령어에 의하여 ArcView(ArcInfo)가 관리하는 DBF 파일에 새로운 레코드로 첨가 될 수 있다.



(그림 2) ArcView와 Eclipse 간의 데이터 전송

2.3. 연역 방식에 의한 시스템 기능 확장

지리정보 시스템에 지식베이스 및 추론 엔진에 의한 연역 기능을 추가함으로써 다음과 같은 시스템 기능의 확장을 기대할 수 있다.

(1) 지식 기술, 관리 및 의사 결정 기능 :

도시계획, 기반시설 관리, 환경 관리, 자원 관리 시스템 등 응용 시스템을 개발하기 위해서는 특정 응용 영역에 따른 전문적, 경험적 사실들을 중요한 정보로 저장, 활용하여야 하는 경우가 빈번히 발생할 수 있다. 본 시스템에서는 이들 정보를 규칙과 사실 형식으로 기술하여 지식베이스로서 저장, 관리한다. 또한 본 시스템에서는 이들 대량의 지식베이스를 효율적으로 관리하기 위하여 연역데이터베이스[Ullman 1991, Lloyd 1987] 기술을 활용하여, 규칙 형태의 지식은 전문가 서브 시스템에 의하여 저장, 관리하며, 사실 형태의 지식은 주로 관계형 데이터베이스 시스템에 의하여 관리한다. 즉, 사실 형태의 대량의 데이터를 테이블(관계) 형태로 저장하여 데이터베이스 시스템의 효율적인 관리, 제어하에 두며, 필요에 따라 해당 데이터만을 검색, 추출하여 활용하고 있다. 아울러 추론시스템은 이들 지식베이스를 활용하여 문제의 발견, 문제의 해결, 대안의 제시, 해결 방안의 정당성 제시 기능 등 다양한 기능을 제공한다.

(2) 사용자 환경 개선 :

본 시스템에서는 연역추론 방식을 이용한 사용자 환경개선을 위한 기능 확장을 꾀하고 있다. 이에 대하여는 2.4절에서 자세히 설명한다.

(3) 복합 공간 객체의 자연스러운 표현방식의 도입 및 관리 :

지리정보를 나타내는 각종 공간 객체는 복합 구조를 가질 수 있으나, 기존의 지리정보 시스템에서는 이들 복합 객체를 분해하여 저장, 관리하는 것이 일반적이다. 규칙 기술 형식에 의하여 복합 공간 객체의 특성을 분해하지 않는 자연스러운 복합구조 표현 방식[Webster 1990, Abdelmoty 1993]을 채택할 수 있으며, 또한 이에 따른 효율적 관리를 기대할 수 있다.

(4) 공간 질의의 효율적 평가 :

기존의 지리정보 시스템에서의 공간 연산은 특정 알고리즘, 특정 데이터 구조에 근거하여 일반 프로서저 언어에 의하여 프로그래밍 되어 있다. 규칙 기반 프로그래밍 언어를 이용하여 공간 객체간의 관련성 연산(기하적, 위상적 연산)을 기술, 구현할 수 있다[Webster 1990, Abdelmoty 1993]. 이들 방식에 의하여 공간 연산을 수행하는 경우, 일반적으로 질의 평가 시간이 다소 오래 걸리는 단점이 있으나, 유연성과 기능 확장성 등에 있어서는 매우 뛰어난 성질을 갖는다.

2.4 지능적 사용자 인터페이스

본 시스템에서는 사용자에게 보다 유연하고 사용하기 쉬운 시스템 환경을 제공하기 위하여 다음과 같이 협력질의응답(cooperative query answering)[Chu 1990, Gaasterland 1991, 이운식 1995] 기능과 명령어 자동 생성 기능을 제공하고 있다.

협력질의응답 기능이란 데이터베이스 검색시 시스템이 사용자와 협력과정을 거쳐 사용자가 만족할 만한 정보를 얻도록 지원 및 유도하는 기능을 말하며, 사용자의 질의에 대한 정확한 검색 결과 외에도 관련된 주변 정보 및 일반화된 정보 등 보다 폭넓은 정보를 사용자와의 합의하에 제공하는 기능을 말한다. 부울리언(Boolean) 방식에 근거한 기존의 지리정보 시스템의 경우, 사용자가 시스템 사용에 익숙치 못하거나, 질의하려고 하는 문제의 영역을 정확히 기술하지 못하는 경우 만족스런 결과를 얻지 못하는 일이 빈번히 발생할 수 있다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 본 시스템에서는 사용자가 정보의 내부 구조나 문제 영역을 잘 알지 못하더라도 시스템과의 상의하에 좀 더 유용한 정보를 검색할 수 있게 도움을 주는 협력질의응답 기능을 수반한 사용자 환경을 제공한다.

본 시스템에서는 사용자의 질의를 평가하여 그 결과 해당하는 답이 없는 경우, 혹은 사용자의

요구에 의하여 질의에 대한 다른 해를 얻고자 하는 경우, 데이터 간의 의미적 연관성을 나타낸 지식베이스를 활용하여 질의 상의 각종 제약 조건을 완화시킴으로써 질의의 해가 될 수 있는 해의 영역을 확대시킨다. 즉 데이터 간의 일반화, 특수화 성질 등의 연관성을 규칙 형태의 지식베이스로 기술, 관리하며, 이를 이용하여 주어진 질의 내의 상수, 변수의 도메인 영역, 술어명 등을 변경시킴으로써 질의에 대한 해의 범위를 확대할 수 있다.

예를 들어 질의의 평가 과정을 설명하면 다음과 같다. (그림 3)은 예제 데이터베이스로써 열차 시간 스케줄에 관한 각종 정보(열차의 출발역, 도착역, 출발 시간 등)를 포함하고 있다. 이 예제 데이터베이스에 대하여 서울역에서 부산역까지 가는 9시 기차를 조회하는 질의를 평가하는 경우, 데이터베이스 내에는 해당하는 데이터 항목이 존재하지 않으므로 시스템은 'no'라는 응답을 제공하게 된다.

출 발 역	도 착 역	출 발 시 간
서 울 역	부 산 역	8 : 00
청 량 리 역	해 운 대 역	9 : 00
용 산 역	부 산 진 역	9 : 00
서 울 역	부 산 역	10 : 00

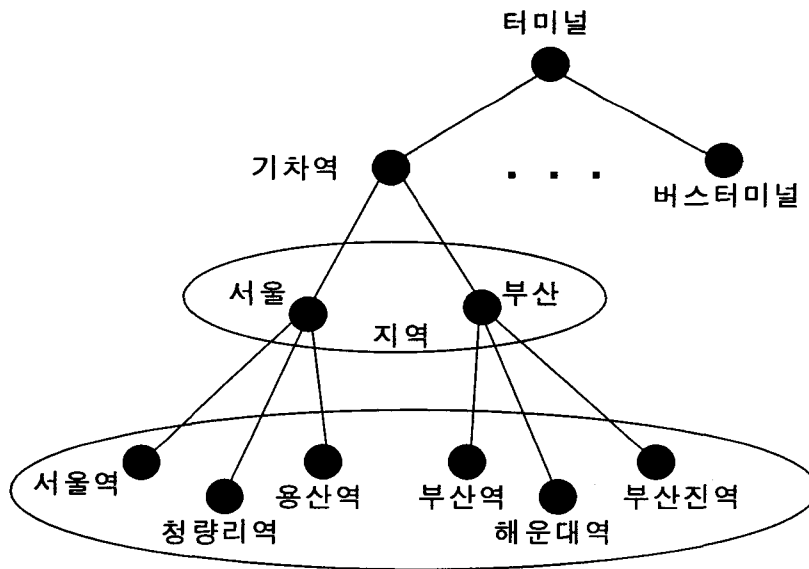
(그림 3) 예제 데이터베이스 (train 릴레이션)

다음의 (그림 4.1)은 이 질의를 협력질의 응답 기능에 의하여 확대 해석하기 위하여 사용되는 데이터 구조를 나타내며, (그림 4.2)는 이 데이터 구조를 지식베이스로 표현한 예를 나타낸다. 즉, 그림 4.1은 데이터 간의 개념적 순서관계를 의미하는 일반화/특수화 구조를 나타낸 것으로, 서울역, 청량리역, 용산역은 모두 서울 지역에 있는 기차역이며, 부산역, 해운대역, 부산진역은 모두 부산 지역에 위치하는 기차역임을 나타내는 데이터 구조이다. (그림 4.2)는 이 데이터 구조를 이용하여 질의를 변환 시키기 위한 규칙 형태의 지식베이스를 나타낸 것으로 기술을 간략히 하기 위하여 prolog식 표기 방법을 사용한다. (rule 1)은 기차편 조회를 위한 질의를 여행이라는 개념으로 일반화 시키는 규칙으로, 즉 A역에서 B역까지 T시에 출발하는 기차편을 조회하는 것은 A역을 포함하는 지역(From)에서 B역을 포함하는 지역(To)으로 T시에 여행을 하는 개념으로 일반화시킬 수 있음을 나타낸다. 한편, (rule 2)와 (rule 3)은 여행이라는 개념을 기차편 이용이나 버스 이용 등의 구체적 개념으로 특수화 시키는 규칙으로, (rule 2)는 From 지역에서 To 지역으로 T시에 여행을 떠나는 것은 From 지역의 근처 A역에서 To 지역의 근처 B역으로 T시간에 떠나는 기차편을 조회하는 것으로 특수화시킬 수 있음을 나타낸다. 또한 (rule 3)은 이와 비슷하게

From 지역에서 To 지역으로 T시에 여행을 떠날 때 버스 편을 이용할 수 있음을 나타낸다.

(그림 3)의 데이터베이스와 (그림 4.2)의 지식베이스에 의하여 부산역까지 가는 서울역 출발의 9시 기차를 조회하는 질의를 평가하는 경우, 시스템은 (rule 1), (rule 2) 등의 규칙을 이용한 연역 추론 과정에 의하여 차선의 방편으로 9시에 청량리역에서 출발하여 해운대역 까지 가는 기차편이 예약 가능함을 알려 줄 수 있다. 그 외에도 시스템은 지식베이스를 활용하여 출발 시간 등을 완화시킨 기차편 선정이나, 동일 지역을 출발하여 동일 지역에 도착하는 버스편, 항공편 등의 정보를 사용자와의 합의하에 제공할 수 있다.

또한 본 시스템에서는 사용자 환경 개선을 위한 방법으로써 명령어 자동 생성 기능을 제공하고 있다. 일반적으로 지리정보 시스템을 이용하여 원하는 정보를 얻기 위하여 사용자는 명령어의 사용 방법 등에 관한 구체적이고 정확한 지식이 필요하다. 특히 비전문가의 사용자에게 있어 지리정보시스템의 명령어 체계를 이해하여 이를 활용하는 일은 매우 어렵고 복잡한 작업이 될 수 있다. 이러한 사용자 환경 개선을 위하여 본 시스템에서는 명령어 집합을 지식베이스로 관리하여 자동 호출함으로써 사용자의 시스템 사용 부담을 경감 시킬 수 있는 방안을 채택하고 있다. 즉, 사용자와의 협력질의 과정에 의하여 질의를 평가하는 경우, 추론 시스템은 상황에 따라 구동되어야 할 적절한 지리정보 시스템의 명령어 집합을 지식베이스로 관리하여 해당 조건이 일치하는 경우 이 명령어 집합을 지리정보 시스템에 전달하여 이를 자동으로 실행 시킬 수 있다.



(그림 4.1) 데이터의 계층적 구조

```

train(A, B, T) ← serves-area(A, From), serves-area(B, To), travel(From, To, T).
                                                    (rule 1)
travel(From, To, T) ← serves-area(A, From), serves-area(B, To), train(A, B, T).
                                                    (rule 2)
travel(From, To, T) ← serves-area(A, From), serves-area(B, To), bus(A, B, T).
                                                    (rule 3)

serves-area (choungyangri-station, seoul).
serves-area (yongsan-station, seoul).
serves-area (seoul-station, seoul)
serves-area (haewoondae-station, pusan)
serves-area (pusan-station, pusan)
serves-area (pusanjin-station, pusan)

```

(그림 4-2) 지식베이스의 예

3. 응용 시스템

여기에서는 지식기반 지리정보 시스템을 기반으로 구현한 두가지 응용 시스템의 예를 들어 본 시스템의 유용성을 보인다.

3.1 여행정보 시스템

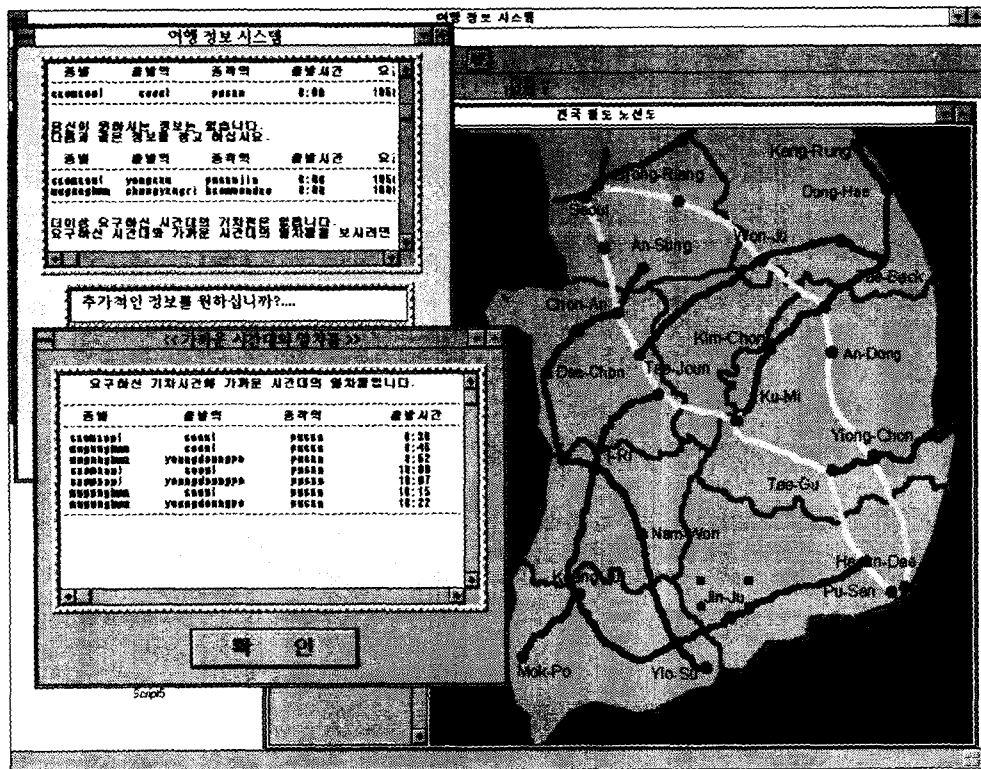
여행정보 시스템은 사용자의 여행 목적, 출발지, 도착지, 일자, 시간, 요금 등에 적합한 교통편의 선정을 도와주며, 이와 관련된 각종 지형 정보를 지도 상에서 검색할 수 있는 시스템이다. 이와 같은 응용 분야의 경우 시스템에서는 사용자와 상호 작용에 의하여 사용자의 문제 해결을 적극적으로 지원하는 기능이 필수적이다.

본 시스템에서는 여행안내를 지원할 수 있는 공간 데이터, 속성 데이터, 안내에 필요한 각종 지식 등 관련 정보를 지리정보 시스템의 데이터베이스, 추론시스템의 지식베이스 등에 분산 관리하여, 필요에 따라 이들 정보를 통합, 가공하여 사용자에게 제공하고 있다.

여행정보 시스템에서는 연역추론 방식을 이용한 협력질의응답 기능에 의하여 데이터베이스 상에 사용자가 입력한 질의문에 해당하는 해가 없는 경우에도 시스템과의 협의 과정을 거쳐 적절한 정보를 얻도록 지원한다. 다음의 (그림 5)는 본 시스템에 의한 협력 질의 과정의 한 예로 사용자가 원하는 출발역에서 도착역까지 해당 시간에 운행하는 적절한 기차가 예약 불가능한 경우, 시스템은 차선의 방식으로 같은 시간대에 운행하는 다른 기차편의 선정을 제안하고 있다. 즉, 사용

자가 서울역에서 부산역까지 가는 9시 기차를 예약하고자 하는 경우, 시스템은 해당 열차편이 없으므로 우선 그 사실을 사용자에게 알린다. 이때 사용자가 추가적인 정보를 요구하면, 시스템은 차선의 방식으로 용산에서 부산진으로 가는 9시 열차와 청량리역에서 해운대역까지 가는 9시 열차가 있음을 알리게 되며 노선 지도, 요금 등의 부가 정보가 함께 제시된다. 아울러 사용자는 계속적인 시스템과의 협의에 의하여 다른 열차편이나 시간대를 변경한 열차편 또는 다른 교통편에 관한 정보를 지속적으로 지원 받을 수 있다. 협력질의 과정에 의하여 상기의 결과를 얻기 까지 사용된 Eclipse 프로그램의 예를 부록에 첨부한다. 단, 이 프로그램은 전체 프로그램의 일부분이며, 기술을 간략히 하기 위하여 train 릴레이션과 serves-area 릴레이션이 지식베이스 내의 사실 형태로 기술되어 포함되어 있다고 가정하고 있다.

또한 본 시스템에서는 지리정보 시스템의 명령어의 집합을 지식베이스 형태로 관리하여 필요에 따라 자동 호출하는 방식을 취하고 있다. 즉, 명령어의 집합(Avenue 코드, SML코드)은 지식베이스 내에서 규칙의 일부로 관리되며, 해당 규칙의 조건이 만족되어 그 규칙이 구동되면 명령어 집합은 Visual Basic 사용자 인터페이스를 통하여 지리정보 서버 시스템에 전달, 구동되게 된다. 부록의 프로그램에서 print-result 규칙은 얻어진 결과를 출력하기 위한 것이며, 해당 열차의 노선을 나타내는 지도를 출력하기 위한 명령어를 담은 print-map 규칙을 구동 시킴으로써 그 결과 지도 등이 부가 정보로 제공되게 된다.



(그림 5) 여행 정보 시스템에 의한 정보 검색의 예

3.2 환경 관리 시스템

환경관리 시스템[최태원 1996]은 해당 지역의 환경현황 모니터링, 오염 원인분석 및 예측, 환경보전 방법 제시 등 다양하고 복합적인 기능을 제공하기 위한 시스템으로, 그 지역의 지형 정보, 각종 통계 정보, 오염 현황에 관한 관측, 실험 데이터, 각종 환경 관리 법규, 관련 전문지식 등 광범위한 다량의 정보를 관리 한다. 또한 시스템 사용자는 환경 관련 전문가에서부터 일반 주민에 이르기까지 다양한 수준의 사용자를 그 대상으로 한다. 이와 같은 시스템에서는 시스템 구현시 반드시 고려되어야 할 사항 중의 하나로서 유연하고 사용하기 편리한 사용자 환경의 제공을 들 수 있다.

본 시스템에서는 공간 데이터, 비공간 속성 데이터, 환경 지식, 관련 법규 등 관련 정보를 지리 정보 시스템의 데이터베이스, 추론 시스템의 지식베이스 등에 분산 배치하여, 필요에 따라 이 들 정보를 통합, 가공하여 사용자에게 제공한다. 또한 시스템의 협력 질의 매니저는 지식베이스를 사용한 연역추론 방식에 의하여 사용자의 수준 및 사용 목적을 고려한 유연하고 사용하기 쉬운 시스템 환경을 제공한다.

본 시스템은 데이터관리, 환경 평가, 지리정보 관리의 3가지 부시스템으로 이루어져 있다. 이 중 특히 환경 평가 시스템은 각 지점의 환경 관측 데이터 및 관련 법규에 근거하여 환경 평가를 행하는 시스템으로, 환경 평가는 해양 수질, 하천 수질, 대기, 특정 유해물질, 토양, 포유류, 조류상, 식물상 등에 관하여 행하여 진다. 여기에서는 환경 평가 부시스템의 협력질의 매니저에 의한 수질 평가에 관한 정보 검색 과정을 간단히 예를 들어 설명한다.

다음의 (그림 6-1)과 (그림 6-2)는 본 시스템에 의하여 창원시의 하천 수질 오염 상황을 조회 하는 예를 나타낸다. 사용자가 본인의 주거 지역을 입력하면 시스템은 그 주거 지역 근처의 하천 오염 상태를 나타내는 오염 지도와 함께 해당 지역의 각종 오염 현황 정보를 제공하게 된다. 예를 들어 (그림 6-1)에서는 사용자가 창원시 내의 가음정동에 주거하는 경우, 시스템은 인근 남천의 야촌교 부근의 하천 오염 상황도를 확대 출력하며, 이 하천의 오염 상황에 대한 각종 정보를 사용자와의 협의하에 제시하고 있다. 이때 시스템은 사용자에게 후속 정보로서 보다 유용한 정보를 얻도록 유도, 지원하는 기능을 제공한다. 즉 시스템은 사용자의 수준(초보자 혹은 전문가)에 따라 적절한 정보를 차별적으로 사용자에게 제공하며, 또한 현재까지 얻어진 환경 평가 결과를 이용하여 다음 정보로서 무엇이 적합한지를 동적으로 판단하여 이를 다음 정보의 후보로 선정, 제시함으로써 사용자로 하여금 정확하고 유용한 정보를 검색하도록 유도, 지원한다. (그림 6-2)는 사용자(환경 전문가)가 명서 2동 지역을 지정한 경우로, 시스템은 부근 창원천의 수질 평가 결과 수질이 매우 좋지 않으므로 이를 최소한 3등급수로 유지하기 위한 방안과, 아울러 적조 현상의 발생 우려를 지적하여 이에 대한 대책 방안을 조언하게 된다.

이와 같은 협력 질의 과정에 의하여 정보를 얻는 과정은 여행정보 시스템에서의 경우와 같이 모두 규칙 형태(Eclipse 프로그램)로 기술되어 사용된다.

4. 결론

본 논문에서는 지식기반 지리정보 시스템의 개발과 연역 기능에 기초한 시스템 기능 확장 및 응용에 관하여 논하였다.

본 시스템은 IBM-PC Windows 3.1 상에서 Visual Basic, ArcView(ArcInfo), Eclipse를 사용하여 구현하였으며, 이들 시스템은 상호 밀결합 방식으로 결합되어 있다. 각각의 서브 시스템은 중간 파일 시스템의 사용없이 데이터 전송 및 공유가 가능하며, 사용자는 사용자 인터페이스를 사용하여 개개의 서브 시스템을 인식하지 않고 단일화된 환경하에서 작업할 수 있다.

시스템의 연역 기능은 지식베이스 관리, 의사결정 지원, 사용자 환경개선, 복합 공간 객체의 표현, 공간질의 연산자 구현 등의 시스템 기능 확장에 기여한다. 특히 연역 추론 방식에 의한 협력질의응답 기능은 사용자와 상호작용이 큰 요소로 작용하는 응용 분야에서 사용자 환경 개선에 적극 적용 될 수 있다. 본 시스템에서는 문제 영역의 전문적, 경험적 지식으로 구성된 지식베이스를 기반으로 질의를 재구성하여 해의 영역을 확대하여 해석하는 협력질의 응답 기능을 지원하여, 사용자에게 보다 용이하고 유연성 있는 정보 검색 환경을 제공한다.

또한 본 시스템에서는 상황에 따라 호출 되어야 할 적절한 지리정보 시스템의 명령어 집합을 지식베이스로 관리하여, 이를 필요에 따라 구동 시킴으로써 사용자의 시스템 사용 부담을 경감시킬 수 있는 방안을 채택하고 있다.

본 논문에서는 이들 방식에 기초한 응용 시스템으로써 여행정보 시스템과 환경관리 시스템을 구현하여, 본 시스템의 유용성과 실용성을 보였다. 이와 같은 응용 시스템을 개발할 경우, 특히 사용자 인터페이스 개발을 위하여 기존의 지리정보 시스템이 제공하는 사용자 인터페이스 개발언어(SML, Avenue 등)의 사용을 생각할 수 있다. 그러나 이들 언어에는 지식베이스 기술 기능 및 추론 기능이 결여되어 있으며, 따라서 사용자와 빈번한 상호작용을 필요로 하는 사용자 인터페이스를 구현하기 위하여는 상당한 프로그래밍 노력 및 시간을 필요로 한다. 또한 응용 시스템의 사용 목적의 변경 등에 의하여 사양을 다소 변경시키는 경우에도, 많은 부분을 수정 보완하여야 하는 단점을 갖는다.

이들 시스템은 현재 개발 중으로 시스템 운영에 따른 효율 평가 작업을 수행하여 그 결과를 반영한 지식베이스 확대에 관한 연구를 진행 중이다. 또한 지리정보 시스템이 데이터베이스로 관리하고 있는 지형 공간 정보를 보다 적극적으로 활용한 공간질의 연산자의 구현에 관한 연구와 수반된 성능 평가에 관한 연구를 진행하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 전병선, 「비주얼베이직 3.0」, 삼양출판사, 1995.
- [2] 김진덕, 선종복, 문상호, 홍봉희, “객체지향 규칙기반 지형질의어의 설계 및 구현”, 「정보과학회지」, 13권, 3호, 1995, pp. 30-47.
- [3] 이윤식, 윤지희, 이건배, “협력질의 응답기능을 갖는 대학정보 시스템의 설계 및 구현,” 「정보처리학회 추계학술발표 논문집」, 2권, 2호, 1995, pp. 715-718.
- [4] 최태원, 최익수, 윤지희, 이건배, “GIS기반 전문가 시스템에 의한 환경관리 시스템,” 「정보과학회 가을학술발표 논문집」, 23권, 2호, 1996, pp. 291-294.
- [5] ESRI, *Introduction to ArcView (Manual 2.0)*, 1995.
- [6] Haley Enterprise Inc., *Eclipse Reference Manual.3.3*, 1994.
- [7] Laurini, R., Thompson D., *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press, 1992.
- [8] Lloyd, J. W., *Foundations of Logic Programming*, Springer-Verlag, second edition, 1987.
- [9] Abdelmoty, A. I., Williams, M. H. and Paton, N. W., “Deduction and Deductive Databases for Geographic Data Handling”, SSD'93, 1993, pp. 443-464.
- [10] Chu, W., Chen, Q., and Lee, R., “Cooperative Query Answering via Type Abstraction Hierarchy,” Technical Report, University of California at Los Angeles, Oct., 1990.
- [11] Gaasterland, T., Godfrey, P., and Minker, J., “Relaxation as a Platform of Cooperative Answering, ” Workshop on Nonstandard Queries and Answers, Toulouse, France, 1991.
- [12] Jankowski, P., “Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods,” *Int. J. of Geographical Information Systems*, Vol. 9, No. 3, 1995, pp. 251-273.
- [13] Leung, Y., Leung, K. S., “An Intelligent Expert System Shell for Knowledge-Based Geographical Information Systems,” *Int. J. of Geographical Information Systems*, Vol. 7, No. 3, 1993, pp. 189-199.
- [14] Medeiros, C. B., Pires, F., “Databases for GIS,” *SIGMOD Rec.*, Vol. 23, No. 1, 1994, pp. 107-115.
- [15] Ullman, J. D., “A Comparison between Deductive and Object-Oriented Database Systems,” *DOOD' 91*, 1991, pp. 263-277, (Lecture Notes in Computer Science 566).
- [16] Webster, C., “Rule-Base Spatial Search”, *INT. J. GIS*, Vol. 4, No. 3, 1990, pp. 241-259.
- [17] Williams, G. J., “Templates for spatial reasoning in responsive Geographical Information Systems,” *Int. J. of Geographical Information Systems*, Vol. 9, No. 2, 1995, pp. 117-131.
- [18] Zhu, X., “Towards Intelligent Spatial Decision Support: Integrating Geographical Information Systems and Expert Systems, ” *Proc. of GIS/LIS '92 Annual Conference*, 1992, pp. 877-886.


```
(defrule make_user_train
  (start-st ?start)
  (arrive-st ?arrive)
  (start-time ?sta-time)
  (going-option train)
  =>
  (assert (user-train ?start ?arrive ?sta-time))
)

(defrule match
  ?a <- (user-train ?st ?arr ?time)
  (train ?tr-type ?st ?arr ?time ?fare)
  =>
  (retract ?a)
  (assert (match ?tr-type ?st ?arr ?time ?fare))
  (assert (answer yes))
)

(defrule not-match
  (user-train ?st ?arr ?time)
  (not (train ?tr-type ?st ?arr ?time ?fare))
  =>
  (assert (next_phase show-not-match))
)

(defrule show-not-match
  ?a <- (next_phase show-not-match)
  =>
  (retract ?a)
  (VBXpert show "당신이 입력한 정보는 없습니다.\r\n
  다음과 같은 정보를 이용하십시오.\r\n")
  (assert (next_phase ask-infor))
)

(defrule ask-infor
  ?a <- (next_phase ask-infor)
  (not (answer ?))
  =>
  (retract ?a)
  (VBXpert yes "추가적인 정보를 원하십니까?....." )
)

(defrule infer-travel
  (answer yes)
  ?a <- (user-train ?start ?arrive ?sta-time)
  (serves-area ?start ?cover-start)
  (serves-area ?arrive ?cover-arrive)
  =>
  (retract ?a)
  (assert (travel ?cover-start ?cover-arrive ?sta-time))
)
```

```

(defrule infer-match
  (travel ?cover-start ?cover-arrive ?sta-time)
  (serves-area ?new-start ?cover-start)
  (serves-area ?new-arrive ?cover-arrive)
  (train ?tr-type ?new-start ?new-arrive ?sta-time ?fare)
  =>
  (assert (match ?tr-type ?new-start ?new-arrive ?sta-time ?fare))
)

(defrule print-train
  ?x <- (answer yes)
  (title ?temp)
  ?a <- (match ?tr-type ?start ?arrive ?time ?fare)
  =>
  (retract ?x ?a)
  (assert (print-train =(string-append ?temp
    (format nil " %8s %8s %15s %15s %15s\r\n" ?tr-type ?
      start ?arrive ?time ?fare))))
)

(defrule print-result
  ?res <- (print-train ?result)
  =>
  (retract ?res)
  (VBXpert show ?result)
  (assert (next_phase print-map))
  (assert (next_phase ask-infor))
)

(defrule print-map
  ?a <- (next_phase print-map)
  =>
  (retract ?a)
  (open "avecode.ave" out_file "w")
  (printout out_file "av.GetProject.FindDoc(\"train\").GetWin.Open")
  (close out_file)
)

```