

손상선박의 안전성평가를 위한 3차원 형상 모델러에 관한 연구

이동곤^{†*}, 이순섭^{*}, 박범진^{*}

한국해양연구원 해양시스템안전연구소^{*}

A Study on the 3-D Geometric Modeler for Safety Assessment of Damaged Ships

Dong-kon Lee^{*}, Soon-Sup Lee^{*} and Beom-Jin Park^{*}

Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering/KORDI^{*}

Abstract

To improve survivability of damaged ship, assessment of stability and structural safety, and behavior analysis in wave is required. Prediction of sinking time, damage stability and structural strength considering progressive flooding and dynamic force in wave is very important. To do it, a geometric model which can be express damaged ship is prepared.

This paper described the geometric modeler for survivability assessment of damaged ship. The modeler is developed based on 3-D geometric modeling kernel, ACIS. The hull form and compartment definition is available fundamentally. And requirement for modeler contains data generation and interface for hydrostatic calculation, behavior analysis, and longitudinal strength analysis and so on. To easy access modeling system by conventional user such as crew, user interface is developing.

※Keywords : 3-D Geometric Modeler(3차원 형상모델러), Hullform(선형), Compartment(구획), Ship(선박), Maritime Safety(해양안전)

1. 서 언

손상 선박의 생존성을 향상시키기 위한 조치를 취하기 위해서는, 손상 선박의 복원성과 구조 안전성 및 파도중에서의 거동해석이 우선되어야 한다. 즉, 주어진 해상상태에서 파도에 의한 점진 침수와 외력을 고려한 손상 복원성 계산, 구조 강도의 평

가 및 전복 예상 시간 추정 등이 요구되며(이동곤 2003), 이를 위해서는 손상 선박을 효과적으로 표현하는 형상 모델이 필요하다.

이를 위한 형상 모델러는 선형뿐만 아니라 내부 구획과 주요 종강도 부재를 표현할 수 있어야 하며, 손상에 신속하게 대처할 수 있도록 모델링이 빠르고 쉽게 이루어져야 한다. 기존의 설계과정에서 사용하는 CAD 시스템이나 관련 모델러는 매우 정교하게 형상을 정의하기 때문에 시간이 많이 소요되고 숙련된 기술을 필요로 하는 반면에, 손상 생존성을 평가하는 데에 필요한 모델러는 그 특성

접수일: 2003년 7월 23일, 승인일: 2003년 9월 30일

†주저자, E-mail: dklee@kriso.re.kr

Tel: 042-868-7222

상 상대적으로 형상을 정확하게 표현하는 것보다는 약간의 오차가 있더라도 신속하게 정의하는 것이 매우 중요하다.

본 논문에서는 손상선박의 손상 복원성과 구조 안전성을 고려하여 생존성을 평가하는 데에 사용하기 위한 형상 모델러에 관하여 기술하였다. 모델러는 상용 3차원 형상모델링 커널 및 3차원 그래픽 라이브러리인 OPEN GL을 이용하여 개발하였고, 시스템의 유연성과 작업 효율성을 높이기 위해 Visual Studio 시스템에서 제공하는 MFC (Microsoft Foundation Class) 라이브러리를 이용하여 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 개발하였다.

2. 모델러의 요구사항 분석

모델러는 CAD 시스템에서 3차원 형상을 정의하는 핵심 기능으로서 사용 목적에 따라 기능에 약간의 차이가 있다. 본 논문에서는 손상 선박의 생존성을 평가하기 위한 전용 모델러를 개발하기 위한 요구사항을 도출하여 분석하였다. 중요한 요구사항은 다음과 같다(이동근 외 2001).

사용자가 직접 선형을 정의하거나, 데이터베이스의 선형 자료를 읽어 사용할 수 있어야 하며 주요 치수 변환이 가능하여야 한다. 정의된 선형의 확인을 위한 가시화 기능을 제공하여야 한다.

구획과 주요 종강도 부재를 사용자가 정의하거나 데이터베이스의 자료를 읽어 사용할 수 있어야 하며, 구획과 중부재의 수정이 가능하고 확인을 위한 가시화 기능을 제공하여야 한다.

선박의 유체 정역학적 제 계산을 수행할 수 있어야 하며, 이를 위한 화물 적재상태를 표현할 수 있어야 한다.

손상 구획을 표시하고 손상 형태와 위치 및 크기를 정의할 수 있어야 하며, 손상에 따른 구조부재의 단면계수를 계산할 수 있어야 한다.

파도중에서의 손상 거동해석을 위한 형상 및 구획정보와 요소를 생성하고 관련 프로그램과 데이터를 호환할 수 있어야 한다.

3. 자료구조 설계

자료구조 설계시에, 손상선박의 생존성 평가를 지원하는 응용시스템 사이의 정보교환을 가능하게 하기 위해서 필요한 데이터 및 기능을 추상화(객체화)하고, 시스템을 구성하는 객체와 각 객체들 간의 관계를 컴퓨터상에 표현하는 과정은 분석과 설계단계로 구분된다. 분석단계에서는 주어진 문제 안에서 객체들을 도출하여 그들 간의 상관관계를 분석하고, 설계단계에서는 분석의 결과를 근거로 객체들은 클래스로 상관관계는 속성상속 관계로 각각 정의하며 각 객체에 대한 데이터구조와 함수의 알고리즘을 구체화한다. 이러한 객체지향 모델링의 가장 큰 장점은 분석, 설계 및 구현단계 사이에 의미상의 불일치(Semantic gap)가 거의 없다는 것이다. 따라서 복잡한 엔지니어링 시스템의 개발, 특히 손상선박의 생존성 평가시스템 설계 및 구현에 효율적인 수단으로 사용될 수 있다.

본 논문에서는 분석 및 설계 과정의 일관성과 모델링 작업의 편의성을 위하여 IDEF(KBSI 1995) 방법론 및 이를 기반으로 한 도구들을 사용하였고, 자료구조는 UML(Quatrani 1988) 방법론을 이용하여 설계하였다.

우선, IDEF 방법에 의한 기능 모델링 및 프로세스 모델링을 통하여 손상선박의 선형 및 구획 모델링 시스템의 기능과 절차, 관련 정보들을 Activity diagram, Process flow diagram, Object state transition diagram 등의 형태로 문서화하였다. 또한 이들을 통하여 손상선박의 선형 및 구획모델을 구성하는 객체요소들을 정의하였으며, 여기에는 선형 및 이를 생성하는 데 필요한 곡선, 구획 및 이를 정의하기 위한 공간요소, 화물, 그 밖에 손상선박의 특성 및 거동을 표현하기 위한 기능요소들을 포함하고 있다.

정의된 객체요소들은 UML 모델의 초기 클래스가 되며, 객체지향 시스템 개발 지원도구인 Rational Rose를 이용한 일련의 모델링 작업 (Use case diagram, Class diagram, Sequence diagram, Collaboration diagram, State diagram, 등)을 통하여 구체화하였다. UML 모델로부터 각 클래스에 대한 C++ 코드(*.H, *.Cpp)를 자동 생성하고, 실행에 필요한 내용을 추가하여 모두 120여 개의 클래스 라이브러리(library)를 구현하였다.

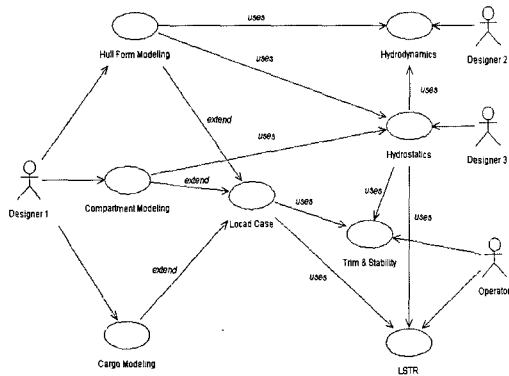


Fig. 1 Example of use case diagram

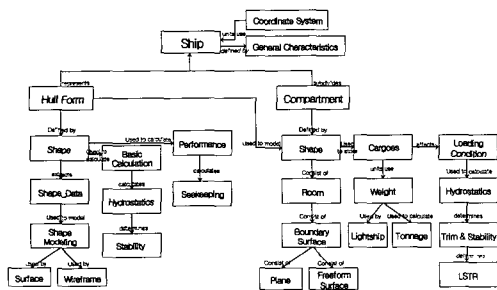


Fig. 2 Example of Information model

Fig. 1에 손상선박의 생존성 평가를 위한 선형 및 구획모델링 시스템 및 이를 기반으로 한 유체 정역학적 체계산 프로그램을 위한 Use case diagram을 나타내었다. Use case diagram은 모델링 대상 시스템에 대한 Actor, Use case 뿐만 아니라 이들 간의 상호작용 등을 그래픽으로 가시화한 것이다. Fig. 1에서 선형 및 구획모델링 시스템을 이용하는 사용자는 Actor가 되며, 기능모델(Function model)과 절차모델(Process model)로부터 정의될 Activity들이 Use case가 된다.

Fig. 2에는 시스템의 단위기능들을 기반으로 한 선형 및 구획모델링 시스템의 Planning 레벨의 정보모델(Information model)을 가시화 하였다. Fig. 2에서 보듯이 손상선박을 선형모델과 구획모델로 구분하였으며, 구획모델 정의시 곡면으로 정의된 선형모델이 이용되어진다. 선형모델은 와이어프레

임 모델링기법 및 곡면모델링 기법에 의해서 정의되며, 정의된 선형모델의 유체 정역학적 특성을 계산하기 위해 선박계산, 유체동역학적 특성을 계산하기 위해서 내항성능해석 프로그램(이동곤 외 2002)과 각각 연계되어진다. 구획모델은 경계곡면 및 Room 정보를 이용하여 모델링되며, 화물의 특성정의 및 손상선박의 적재상태에 대한 복원성 계산, 종강도 계산 등과 연계되어져 있다.

4. 3-D 형상 모델러 개발

PC의 Windows 환경에서 상용 3차원 형상모델링 커널인 ACIS와 3차원 그래픽 라이브러리인 OPEN GL을 이용하여 개발하였다. 시스템의 유연성과 작업 효율성을 높이기 위해 Visual Studio 시스템에서 제공하는 MFC 라이브러리를 이용하여 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하였다. 손상선박의 선형 및 구획모델링 시스템에서 표현된 선형, 구획 및 주요부재들의 형상정보들은 쉽게 ACIS의 'SAT' 데이터 File로 변환이 가능할 뿐만 아니라 다른 CAD 시스템과도 인터페이스가 쉽게 이루어지도록 하였다. 선형 및 구획모델링 시스템내의 선형, 구획, 주요부재 및 유체정역학 체계산 결과들은 화일로 작성된 데이터베이스를 통해서 영속성을 갖는 데이터로 저장하게 된다(이동곤 등 2001).

강도계산에 필요한 종강도 부재는 선형과 구획 정보에 속성정보를 부가하고, 보강재는 위치정보와 속성정보를 별도로 저장 관리하며, 손상 복원성을 위한 선박계산 기능은 SIKOB과 연계하여 수행한다(이경호/이동곤 1999). 모델러의 개발환경 및 도구를 Table 1에, 시스템 구성도를 Fig. 3에 각각 나타내었다.

4.1 선형 모델링

선형 표현을 위한 곡선 및 곡면 모델링에 사용된 수학적 표현기법은 상용 CAD시스템에서 대부분 사용하고 있는 NURBS를 이용하여 표현하였다. NURBS는 선체외판 형상과 같이 형상의 변화가 심한 자유형상 곡면을 잘 표현할 수 있는 기법으로 알려져 있으며, 가중함수와 노트벡터 값의 변화로 인한 유연한 곡부형상 변형이 용이하고 자유곡면을

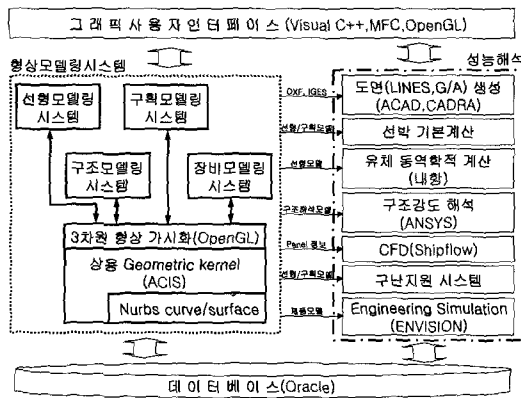


Fig. 3 System configuration

Table 1 Developing environment and tools for ship modeler

구분	환경 및 도구
Hardware	PC Platform(펜티엄 III 이상)
Operating System	Window 9x, 2000, NT
Language	Visual C/C++, Digital Fortran
Database	File System
GUI	Visual Studio
Graphic Library	OPEN GL
Data Modeling	Rational Rose, IDEF0, IDEF1, IDEF4
Geometric Kernel	ACIS 3D Toolkit

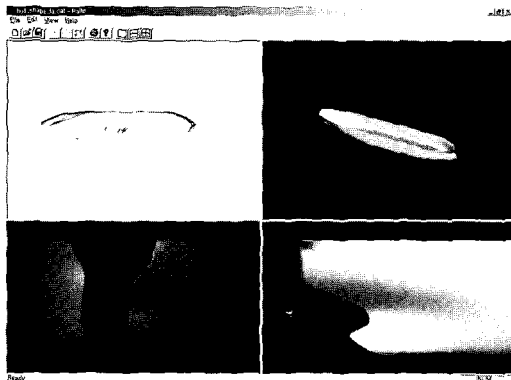


Fig. 4 Result of hull definition

동시에 가지고 있는 형상 및 너클부 형상 등을 잘 표현한다는 장점을 가지고 있다. Fig. 4는 곡면으로 모델링된 선체외판 형상을 네 개의 분할된 윈도우 화면(Isometric, 평면도, 측면도, 정면도)에 가시화 한 것이다.

4.2 구획 모델링

내부구획 표현을 위한 경계면을 정의하기 위해서는 경계면이 어느 좌표축에 평행한 지를 선택한 후 경계면을 이루는 곡선을 정의하고 이들 곡선으로 이루어진 평면을 정의한다. 이때 경계면의 이름을 정의하게 되는데 이는 Room을 정의할 때 이용하기 위함이다.

Fig. 5는 구획모델을 정의하기 위해 입력된 데이터의 오류를 검토하는 화면을 나타낸 것이다. 이것은 구획이 존재하는 모든 구간의 중앙에서 단면을 구해 이들 단면의 접합여부를 검토하여 빈 공간의 유무, 공간의 겹침 등을 검색하는 기능으로 복잡한 선박내의 3차원 배치를 입력하는 과정에 포함될 수 있는 오류를 검색할 수 있다.

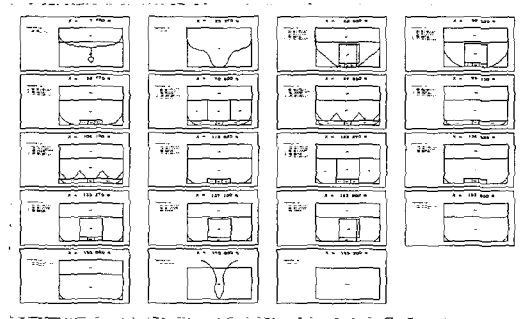


Fig. 5 Correction of defined compartment

4.3 적재상태 정의

적재상태는 사용자가 직접 정의하거나, 파일 형태로 저장된 데이터를 읽어서 정의할 수 있다.

Fig. 6은 각 적재상태에서 구획별로 화물의 종류, 화물의 적재 유무, 적재 정도 등을 검토할 수 있도록 각 구획별 화물의 적재상태를 가시화한 예이다. 구획별 화물의 적재상태는 각 수선별로 화물이 적재된 구획을 표시하고 있으며, 각 버트크선에 대해서도 같은 방법으로 표시된다.

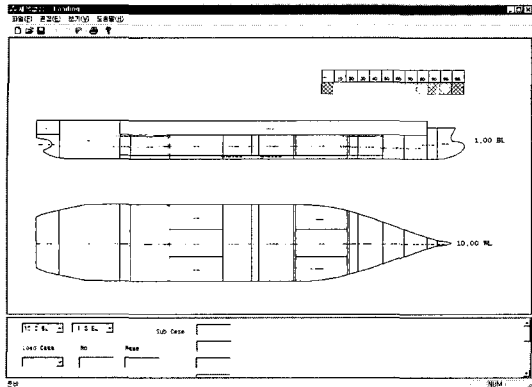


Fig. 6 Definition of loading condition

4.4 응용 프로그램과의 인터페이스

3차원 곡면형상으로 표현된 모델로부터 생존성 평가를 위한 응용 프로그램들 간의 선형정보 인터페이스는 다음과 같은 절차를 통하여 이루어진다.

- 3차원 곡면기법으로 표현된 선형정보를 교차기법(Intersection Method)과 3차원 곡면형상을 위한 입력된 정보를 이용하여 2차원 단면 곡선 정보를 추출한다.
- 추출된 2차원 단면곡선 정보를 기본계산 프로그램을 수행하기 위한 입력데이터 양식에 맞게 재구성한다.
- 형상정보 외에 손상선박의 번호, 주요제원, 프레임 번호 및 간격 등과 같은 정보는 별도의 인터페이스 프로그램을 통해 교환한다.
- 인터페이스 정보를 이용하여 기본계산 프로그램을 수행할 수 있는 입력데이터 파일을 생성한다.

Fig. 7에 생성된 3차원 선형 형상으로부터 타 응용 프로그램들에게 인터페이스할 2차원 형상정보들을 추출하는 개념을 나타내었다. 3차원 선형모델로부터 추출되어지는 2차원 형상정보들로는 Centerline contour 곡선, 버텍 line 곡선, Waterline 곡선, Frame section 곡선, Bottom tangent 곡선 및 Side tangent 곡선 등이 있다. 이들 곡선들은 3차원 곡면형상으로 이루어진 선형모델과 임의의 평면들과의 교차기법에 의해 생성되어

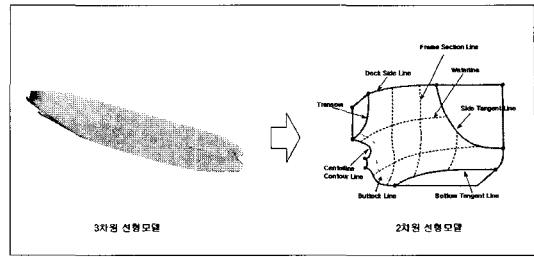


Fig. 7 Extraction of 2-D geometric information from 3-D model

진 교차곡선들로 정의되어 진다. 또한 인터페이스되는 곡선정보는 3차원 곡면으로 정의된 선형모델을 생성하기 위한 주요 입력데이터로도 사용된다.

모델링시스템의 경우에는 3차원 곡면으로 정의된 구획모델이 필요하지만 용적계산 혹은 적재상태 계산 등을 위한 응용 프로그램에서는 2차원 구획형상 정보만 있으면 계산이 가능하다. 생존성 평가를 위한 해석 프로그램에서는 2차원 구획정보를 필요로 하기 때문에 3차원 곡면으로 정의된 구획모델로부터 2차원 구획형상 정보를 추출하여야만 한다. 해석 프로그램에서 필요로 하는 구획형상 정보는 프로그램마다 조금씩 다르지만 대부분 다음과 같다(이동근 외 2002).

- 구획이름 및 번호
- 구획이 시작하는 x좌표와 끝나는 x좌표
- 구획의 시작 및 끝나는 단면에서의 구획단면 및 단면을 이루는 점 정보
- 구획단면이 변화는 x좌표 및 그 지점에서 구획단면 형상

Fig. 8은 3차원 곡면으로 정의되어진 구획모델로부터 2차원 구획단면 정보를 생성하는 과정을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 3차원 구획모델로부터 2차원 단면형상을 추출하기 위해서는 3차원 구획모델과 임의의 평면과의 교차를 통해서 교차곡선을 생성하고 교차곡선의 양 끝점의 정보를 추출할 수 있다. 실제로 해석 프로그램에서는 구획형상을 정의하기 위해서는 먼저 정의하고자하는 구획의 양 끝단의 2차원 단면형상이 필요한데, 이를 정의하기 위해 2차원 단면형상을 구성하고 있는 점

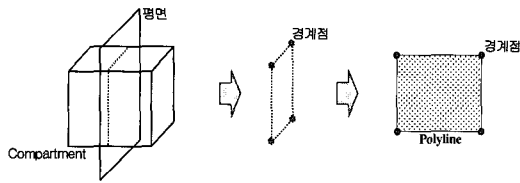


Fig. 8 Extraction of section information from compartment

(point)들의 정보가 필요하다. 추출된 점들을 이용하여 이들 점들로 이루어진 polyline 곡선을 정의하고 이들 곡선을 이용하여 구획의 2차원 단면형상을 정의하게 된다. 이때 주의할 점은 단면형상을 정의하기 위해 연속적인 polyline이 필요하기 때문에 점들의 형상 정보뿐만 아니라 사용 순서에 대한 정보도 함께 고려되어야 한다.

적재상태 계산을 위한 구획정보는 위에 나타난 정보뿐만 아니라 계산 결과의 가시화를 위해서 각 수선별 구획정보가 필요하다. 또한 구획별 용적정보, LCG, TCG 및 VCG 정보들도 필요하다. 각각의 정보들은 수선별로 구획정보들이 생성되어지고, 이들 정보들은 각각의 파일에 저장되며 적재상태 프로그램의 입력데이터 파일로 사용된다.

선박에 적재되어지는 화물의 정보에는 종류별로 액체화물인지 고체화물인지의 구분과 화물의 특성을 나타내는 밀도 등으로 이루어져 있다. 또한 화물의 특성상 구획내에서 채워질 수 있는 범위(백분율로 표시)도 인터페이스되어야 한다. 선박 제계산에 필요한 정보들은 SIKOB 프로그램의 양식에 맞도록 파일 형태로 생성되어 사용된다.

4.5 구조부재 표현

손상 선박의 구조 안전성 평가를 위한 구조 부재의 표현은 2차원으로 표현하여도 문제가 없다. 종강도에 기여하는 중부재 만을 표현하는 것으로, 중부재의 설치 위치와 형상 및 속성정보를 정의하면 손상된 단면의 단면계수를 얻는 것이 가능하다. Fig. 9는 중앙 횡단면에서 중부재의 특성을 정의하는 화면을 나타낸 것이다(이동근 외 2003).

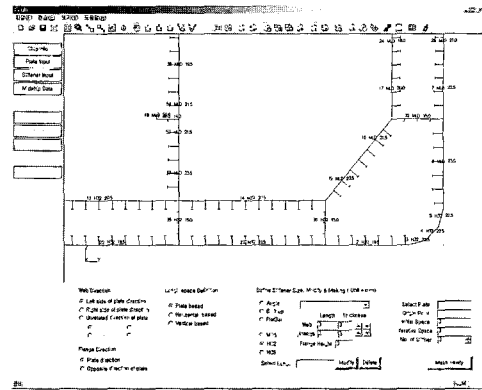


Fig. 9 Definition of longitudinal structural members

5. 결론

손상 선박의 안전성과 생존성 평가에 적합한 3-D 형상 모델러를 ACIS 커널을 사용하여 개발하였다. 개발된 모델러는 기존 설계용 CAD 시스템과는 달리 그 목적에 맞도록 신속하고 쉽게 선박을 모델링 할 수 있도록 하는 유용한 도구이다. 모델러는 형상을 정의하는 기본적인 기능뿐만 아니라 손상 거동해석, 종강도 평가, 유체 정역학적 제계산 등과 같은 관련된 각종 기능을 수행하는데 필요한 데이터 생성과 인터페이스를 고려하여 개발되었다. 개발된 시스템은 비전문가인 선원들이 사용하는데 문제가 없도록 사용자 인터페이스를 비롯한 편리한 기능을 계속 보완할 예정이다.

후 기

본 연구는 해양수산부가 지원한 ‘선박 생존성 평가 시스템 개발’ 연구의 일부분임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- 이경호, 이동근, 1999, “선박 안전성 평가 및 구난지원 시스템,” 대한조선학회논문집, 제 36권 제3호, pp. 115-121.
- 이동근 외, 2001, “선박 생존성 평가 시스템 개발 - 1차년도 연구보고서,” 한국해양연구원,

BSM00290-2340

- 이동곤 외, 2002, “선박 생존성 평가 시스템 개발 - 2차년도 연구보고서,” 한국해양연구원, BSM00400-2398
- 이동곤 외, 2003, “선박 생존성 평가 시스템 개발 - 3차년도 중간보고서,” 한국해양연구원
- 이동곤, 2003, “손상선박의 생존성 평가 시스템에 관한 연구,” 대한조선학회논문집, 제 40권 제 2호, pp. 34-40.
- KBSI, 1995, “IDEF Family of methods for concurrent engineering and business re-engineering applications,” Knowledge Based Systems, Inc. & Mani Information Systems, Inc

- Quatrani, T., 1998, “Visual Modeling with Rational Rose and UML,” Addison-Wesley



< 이동곤 >

< 이순섭 >

< 박범진 >