〈논 문〉 SAE NO. 96370025

전장 설계 자동화를 위한 동시공학 시스템

Concurrent Engineering System for an Automation of Wiring Harness Design

이 수 홍*, 최 두 선**
S. H. Lee, D. S. Choi

ABSTRACT

An approach to providing computatonal support for concurrent design is discussed in the context of an automobile wiring harness design problem. Key issues include the development of an architecture that supports collaboration among specialists, the development of hierarchical representations that capture different characteristics of the design, and decomposition of tasks to achieve a tradeoff between efficiency and robustness of the system. We present an architecture in which the main design tasks are supported by agents—asynchronous and semi-autonomous modules that automate routine design tasks and provide specialized interfaces for working on particular aspects of the design. the agent communication and coordination mechanisms permit members of an engineering team to work concurrently, at different levels of detail and on different versions of the design. The design is represented hierarchically, with detailed models maintained by the participating agents. In conjunction with the architecture and design representations, issues pertaining to the exchange of information among different views of the design, management of dependencies and constraints, and propagation of design changes are discussed

주요기술용어 : Agent(에이전트),Wiring harness design(전장하니스설계),Concurrent engineering (동시공학),Feature(특징형상)

1. 서 론

동시 설계 기법에 수치계산적인 기능을 부여하려는 시도가 산업계의 설계상의 문제점과 연관되어 설계시스템 향상을 위한 대안으로 대두되고 있다. 주된 논점으로는 i) 전문가들간의 협동을 원활하게 해주는 구조의 개발, ii) 설계의 각기 다른 특성들을 포착하는 계층적 구조도의 개발, iii) 그리고 시스템의 효율성과 견고함이라

* 정회원, 연세대학교 기계공학과
** 정회원, 한국기계연구원 자동화연구부

는 두 측면 사이의 최적점을 얻기위한 업무 분담의 방법론등이 있다. 일반적으로 설계 정보를 효율적으로 통합 관리하기 위해 설계 업무를 특성별로 구분하여 에이전트라는 형태로 모듈화하여 필요 정보를 지원 받을 수 있는 구조가 제시되고 있다. 여기서 에이전트란 ⅰ) 비동시적(Asynchronous)이며 ⅱ) 준 독립적인 모듈로서 ⅲ) 설계에 필요한 모든 정보들을 특성별로 분리하여 관리하는 형태를 가진다. 에이전트간의 정보교환과 통합(연결) 메카니즘은 설계팀 멤버들간의 정보 교환 및 축출을 동시적으로 할 수 있게 하여 상호 정보간의 호환성을 유지한다. 이러한 특성덕분에 비록 똑같은 대상에 대한 정보일지라도 상세 정도에 따라 서로 다르게 선택하게끔 하며, 설계품(또는 시스템)의 서로 다른 버전도 동시에 다룰 수 있도록 돕는다. 이러한 설계 정보는 각 에이전트가 보유하는 세부 모델들을 중심으로 계층적 구조도를 이룬다. 또한 하나의 에이전트가 보유하는 세부 모델 정보를 다른 에이전트로 전달하고자 할 때 각 에이전트들이 약속한 룰에 따라 추상화되는데 이러한 세부 모델 추상화를 Agent Model Images(AMI)라고 부르며 동시에 여러 에이전트들이 공유할 수 있다. 설계를 효율적으로 이루기 위한 상호 정보 교환 미케니즘의 개발과 특성별 분류로 인한 각 에이전트간의 독립성과 제한성을 관리하는 문제, 설계변경시에 연관된 에이전트에게 변경 정보를 신속히 알려주어 전체 정보의 일관성 유지 문제등이 시스템 개발의 주된 논점으로 부각되고 있다. 본 연구에서는 이러한 논점들을 자동차 전장 시스템을 구성하는 에이전트들을 통해 살펴보고자 한다.

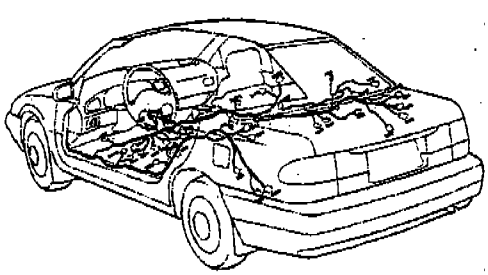

그림 1 자동차 내부에 쓰이고 있는 일반적인 메인 하니스의 개략도, 메인하니스를 구성하는 항목으로 벨트 스위치, 도어 스위치, 연료펌프 센서, 연료 펌프모터, 파워 안테나등 각종 센서와 스위치로 구성되어 있다.(현대 자동차 정비 지침서 참조)

2. 전장 설계의 특성

자동차등에 쓰이고 있는 전장은 설계에서 생산에 이르는 전 공정에 의해 영향을 받으므로 자동화하기가 쉽지 않았다. 동시공학에 의한 설계기법의 효율성이 소개되면서 자동차회사의 관리자들은 동시공학에 의한 전장 설계와 조립을 생각하게 되었다. 이러한 전장 설계는 현장에서 수십년동안 설계에 요구되는 필요사항과 제한조건들을 동시에 고려하는 시스템으로 발전되었다. 또한 전기와 기계의 개념을 동시에 포함하여 서로 다른 두개이상의 영역까지도 통합하여 고려하는 개념으로까지 발전되었다. 이러한 전장 설계에 있어서 반드시 고려해야 할 사항은 하니스(Harness)의 배열(Configuration)과 기하학적인 형상(Geometry) 그리고 전기적 연결성(Electrical Connectivity)등에 중점을 두어야 한다.(그림 5 참조.) 뿐만 아니라 전장 설계는 일반적으로 2차원 상에서 이루어지는 것이 아니라 광범위한 3차원 공간상에서 이루어 진다는 점도 고려하여야 한다. 마지막으로 전장 설계에 있어서 설계요소들을 동시에 결정하는 문제접근 방식은 하니스의 기하학적인 요소와 질량이나 가격등을 결정하는데 많은 도움을 주며 이는 전장 설계의 경제적인 측면에서 상당한 이익을 준다.

2.1 전장설계의 유기적 상호관계

일반적으로 전장 설계가 겉으로 보기에는 약간 기계적이고 평범하게 보일 지 모르지만 설계 과정의 이면을 살펴보면 생각이외로 복잡한 설계 문제임을 알 수 잇다. 전장은 다양한 크기와 종류가 있으며 조합된 신호를 전송하기도 하고 특정한 전자부품과 이에 대응하는 서브 파트와의 사이에 전력을 공급하기도 한다. 전장의 설계요구 조건은 각 전장 세그먼트에 포함되어야 할 와

이어(WIRE)의 수를 결정하며 사실 이것이 전장의 굽힘곡률와 질량분포를 결정한다. 또한 전장은 공간상에 다양한 종류의 클램프에 의해 고정되며 결국 클램프의 위치에 다라 전장의 경로가 결정된다. 전장이 높은 온도 영역과 같은 특별한 지역을 통과할 때에는 전장을 보호하기 위한 단열처리를 해야 하며 주위 환경에 따라 새로운 여러 설계 제한조건들이 첨가되기도 한다. 전기 전자장치를 수리하거나 불필요하다고 생각되어 제거해야 할 경우를 대비해 마련해 둔 여유공간은 결국 사용할 수 있는 자유공간의 크기를 줄이게 된다. 구부리기 쉬운 장애물들은 대개 확장될 수 있는 자유공간을 확보해 주기도 한다. 또한 인체 공학적인 측면의 고려 사항도 전장 설계에 영향을 미친다. 예를 들어 전장의 유지 보수를 위해 기술자가 전기 전자 장치로 부터 전장을 쉽게 분리, 재조립 할 수 있도록 여유 공간을 확보해야 하는 것등이 이에 속한다. 또한 각 전장 세그먼트에 포함되는 전장의 무게와 질량 분포도 생산단가에 직접적으로 영향을 미치므로 이것 또한 항상 중요하게 고려해야 할 사항이다.

전장 설계에 있어서 설계요소들의 유기적인 상호관계는 그림 2에서 보여진 것과 같이 상호 의존적이다. 이러한 유기적인 상호관계는 상대적으로 전장 설계과정을 불안정하게 만든다. 왜냐하면 특정 설계 변수의 미미한 수정에도 곧바로 전체 설계를 수정해야 하는 결과를 낳기 때문이다. 이와 같이 전장 설계는 많은 시간을 소비하는 반복적인 작업이며 매우 지루한 작업이다. 이러한 문제는 설계고장에서 최적의 설계요소들을 결정해야 하는 전장 설계의 취약성때문에 더욱 어려워진다. 한편 전장의 유연성은 전장의 제한조건과 공간상의 제약조건을 만족시켜 주는 다양한 경로를 가능하게 하므로 제품 개발의 마지막 단계에서 최정적으로 재결정되는 것이 일반적이다. 다시 말해 전장 설계는 자동차내의 기하학적인 형상에 영향을 미치는 대부분의 설계요소를 고려한 후 결정되므로 항상 설계의 수정과 변경이 요구된다. 한 예로 전기 전자 부품을 5cm 이동하는 것과 같이 미미한 설계변경에도 이미 설계 완료된 전장의 경로에 방해가 된다면 전체적인 전장 설계를 다시 해야 하는 경우가 이에 해당된다 하겠다. 자동차의 개발 초기부터 시작되어 다른 어떤 부분보다 설계 수정의 1차 대상인 전장 설계에 있어서 이와 같은 반복적인 설계변경은 매우 일반적인 사항이다. 이러한 설계변경은 장비나

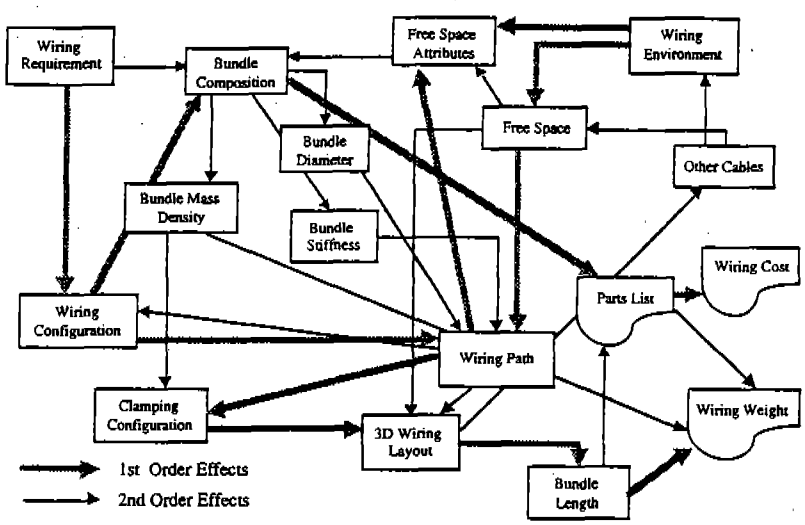

그림 2 전장 설계에 있어서 설계요소들의 유기적인 상호관계는 매우 복잡하다. 설계자가 각요소의 상호 연관 관계를 마찰 없이 유지하기에는 너무 복잡한 설계 문제이다.

부품등을 첨가하거나 재조정하여 광범위하게 전장을 재조정해야 하는 신모델 자동차개발 시에 더욱 두드러지는 현상이다.

이러한 여러가지의 이유때문에 전장설계의 자동화는 쉽게 이루어지지 않았다. 때마침 소개된 컴퓨터를 이용한 동시공학적 개념은 이러한 문제점들을 해결하는 방법으로 도입되었으며 전장설계와 같이 상호 유기적인 설계환경에서 최적의 설계과정과 설계요소를 결정하는데 매우 효율적이다. 현재에는 개발기간의 단축과 대기시간을 줄이고, 많은 시간과 비용이 소요되는 반복 설계과정 혹은 비효율적인 설계부분을 개선하는 방향으로 확대 발전되어 가고 있다. 이러한 컴퓨터 도구의 중요한 역할의 하나는 전장설계자가 설계과정의 각 부분을 자동화하여 기계적인 순서로 작업속도를 높이는 것이 아니라 설계요소의 유기적인 상호 관계와 독립성을 확립하여 설계 요소들 사이에서 발생하는 문제점들을 해결하는 데 있다 하겠다.

2.2 전장설계의 업무별 특성화

앞서 언급한 바와 같이 전장설계의 특성으로 인해 설계그룹의 조직과 각 연구그룹들의 연구목적을 분산·특성화하는 것이 (1) 개발기간을 줄이며 (2) 개발 비용도 절약할 수 있고 (3) 개발결과의 성능을 향상시킬 수 있다. 소형 연구 프로젝트의 경우 대개 2, 3명의 연구인력으로 순차적인 순서로 연구목적을 달성하는 반면, 중·대형 연구과제는 수십개의 연구 조직과 수백명의 연구인력이 투입되어 필요에 따라 분할달성(Divide-and-Conquer) 방식으로 연구목적이 달성된다. 분할달성 연구방식의 궁극적인 목적은 개발시간을 줄이며 연구에 관련된 정보를 잘 활용함은 물론 각 연구그룹들이 관련 정보의 유용성을 빨리 결정 내리도록 하는 데에 있다. 업무별 특성에 따른 분류는 전장 설계 문제에서 유추된 특성뿐 아니라 전장 설계과정에서의 인원조직의 필요성등도 고려된 후 구성한다. 주요 고려 사항은 (1) 일반설계정보의 병렬처리 능력 (2) 상세설계정보의 독립성확보 (3) 공통자원과 데이타 공유의 용이성 (4) 실행자들 사이의 필요 교환정보 최소화 (5) 시스템의 친밀성을 높이기 위한 사용자용 GUI 개발등이다. 일반적으로 전장설계문제는 아래와 같이 5가지 주요 작업으로 나눌 수 있다.

- 자동차 내부 환경의 모델링과 조작
- 자유공간의 정의와 경로 생성
- 전장 배열(Configuration)의 생성과 취급

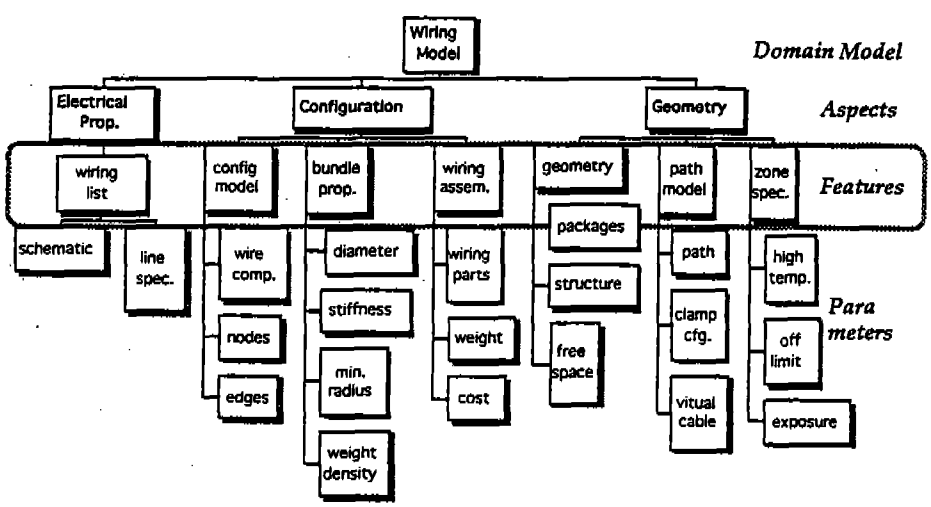

그림 3 전장 설계 시스템에 필요한 설계 표현

- 서브-파트들의 선택
- 설계결과의 평가와 비교

전장설계의 업무별 특성화를 구체화하기 위한 일환으로 앞서 언급한 전장 설계의 주요 작업들은 부분별 특성화를 보조하는 여러 공정들과 특성화에 따른 전문 베이스로 구성된 모듈(이후 '에이전트'라 칭함)과 사용자와의 유기적 상호작용을 위한 편집기에 의해 지원된다. 먼저 환경편집기(Environment Editor)는 전장환경을 구성하는 각 엔티티의 기하학적인 특성을 전달하거나 취급한다. 자유 공간 관리기(Free Space Manager)는 전장 환경내에서 전장 세그먼트의 경로를 결정하며 와이어링 편집기(Wiring Editor)는 전장 조건과 기하학적인 제한조건 뿐만 아니라 설계상 고려해야 하는 여러 제한조건들을 기준으로 전장을 배열(Configuration)하거나 관리한다. 부품 선택자(Part Selector)는 각 하니스의 재료표(Bill-of-material)을 만들며 이를 정비한다.(그림 4 참조)

3. 전장 시스템내의 설계표현

정의된 특성별 에이전트를 구체화하여 전장설계 시스템으로 발전시켜 나가는 과정에서 설계자들은 개발과정에 요구되는 여러 개념들을 단계별로 추상화하는 것이 필요하다. 이러한 추상화는 막연하게 요구되는 아이디어들을 구체화하며 상호관계도등을 이용하여 체계화될 수도 있다. 특징형상이라 일컬어 지는 것등이 이에 속하는 데, 전장설계에서 필요로 하는 특징형상등은 그림 3에 보여진 것과 같이 정의될 수 있다. 컴퓨터를 이용한 설계 시스템에서의 특징 형상은 추상적인 설계개념을 설명하는데 있어 매우 중요한 메카니즘이다. 전장 설계영역에서 유용한 특징 형상을 결정하기 위해서는 전장 시스템의 3가지 기본적인 특성을 알아야 한다. 그림 5에서 보여주고 있는 3가지 기본적인 특성은 전장의 연결성(Connectivity)과 배열(Configuration), 그리고 전장설계의 기하학적 형상(Geometry)이다. 이와 같

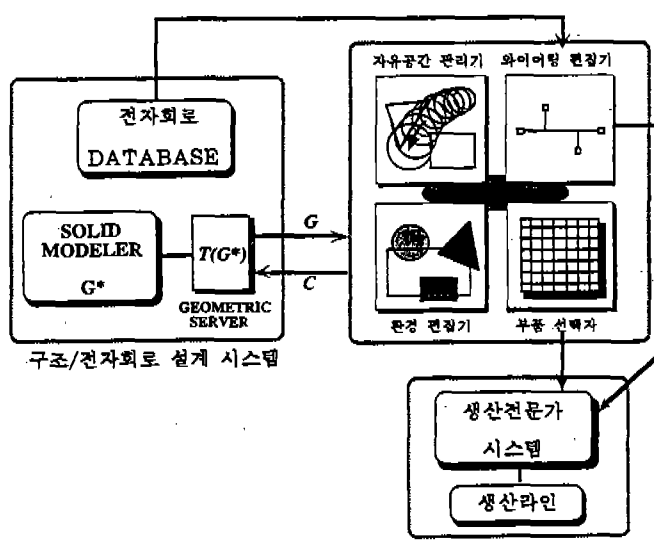

그림 4 전장 설계 시스템을 구성하는 4개의 에이전트들 : 와이어링 편집기(Wiring Editor), 부품 선택자(Part Selector), 환경편집기(Environment Editor), 자유 공간 관리기(Free Space manager).

온 전장설계의 특성화는 기존의 설계 시스템 [Cutkosky 1990]에서 참고하였으며 전장설계 문제의 최적의 해는 이 세가지 특성 조건을 동시에 만족할 때 얻어진다.

- 전장설계의 연결성(Connectivity)은 전장 설계에 있어서 가장 중요한 기능이다. 연결성의 조건들은 전장 테이블에 나타나며 전장 테이블의 각 열(Column)에는 하나의 와이어에 대하여 시점 콘넥터와 핀, 종점 콘넥터와 핀, 와이어의 종류와 선택 사양 유무 및 색깔등을 나타낸다. 하나의 전장에는 수백개의 와이어를 포함 할 수도 있다.
- 전장설계의 배열(Configuration)은 전장설계 조립품의 구성요소들 사이의 배치와 상관 관계를 구체적으로 나타낸다. 전장설계를 그림으로 나타낼 경우 전장설계 배열(Configuration)은 모든 와이어가 일직선을 유지한 상태에서 콘넥터들 간의 상관 관계 및 각 콘넥터에 속한 와이어들과 와이어들의 분포 상황을 보여준다. 각 와이어들은 정리되어 하나의 번들(Bundle)로 분류되고 장션(Junction)에서 분리되며 터미널 노드에서 연결된다. 최종적으로 와이어를 통합 하는 데에는 전장의 시점과 종점 사이의 근접거리와 유용한 공간, 클램핑의 위치, 전장의 가격과 질량을 포함한 많은 점들이 고려된 후 전장설계 배열(Configuration)이 결정된다.(그림 9 참조) 일반적으로 대부분의 전장설계배열(Configuration)은 일대일의 연결성을 갖는다. 각 번들에 있는 와이어수의 변경과 이에 따른 전장의 질량 및 최소 굽힘 반경의 변화가 대표적인 전장설계 배열(Configuration)에서의 변경 사항들이다.
- 마지막으로 전장설계의 기하학적 형상(Geometry)은 전장이 존재할 수 있는 공간과 그 공간을 지나는 전장의 경로를 정의하며 아울러 전장이나 다른 부품들을 설치하거나 제거하는데 필요한 공간도 정의한다. 전장설계 배열(Configuration)이 주어진 전장설계 명세서 범위내에서 가능하듯이, 전장설계의 경로 또한 주어진 배열(Configuration)과 자유공간내에서 가능하다.

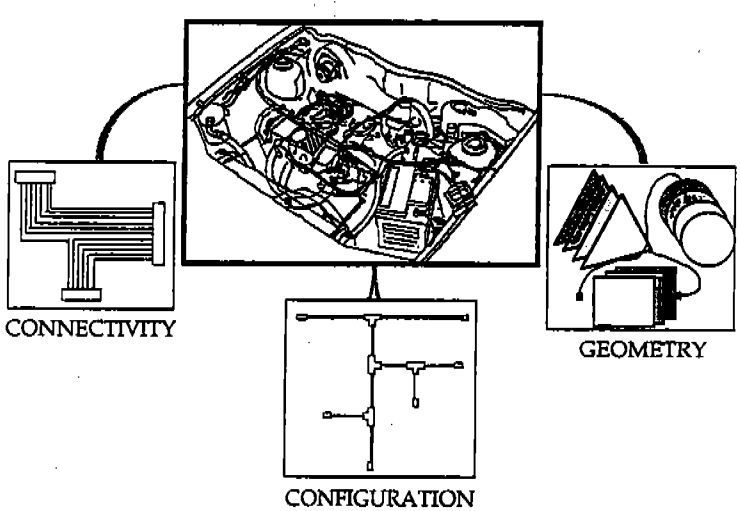

그림 5 전장 설계에 있어서 반드시 고려해야 할 사항인 하니스(Harness)의 배열(Configuration)과 기하학적인 형상(Geometry) 및 전기적 연결성(Electrical Connectivity).

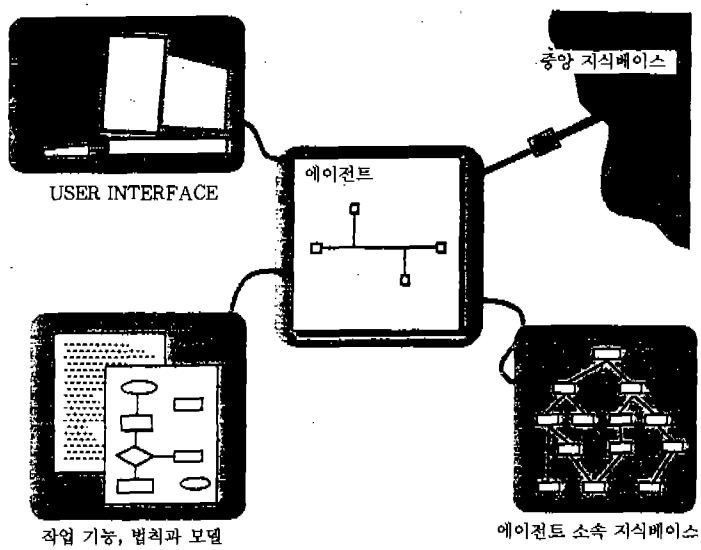

그림 6 각 에이전트는 편집기와 에이전트고유의 작업 기능과 법칙 및 에이전트 소속 객체들을 저장하는 지식베이스로 이루어진다. 이들은 중앙 지식 베이스를 통해 다른 에이전트 및 시스템과 필요한 정보를 교환한다.

4. 전장 설계 시스템의 작업과 기능

본 장에서는 2장에서 언급된 기능별 특성별 에이전트와 3장에서 언급된 특징형상을 바탕으로 구축된 전장 설계 시스템의 작업과 기능에 대해 살펴보도록 한다. 시스템을 구성하는 핵심은 컴퓨터가 다루어야 할 데이타들을 효율적으로 처리하기 위해 정의된 특징형상간의 상호연관체계와 여러 작업의 기능상 분류의 효율화를 위한 에이전트 및 에이전트간의 정보교환 미케니즘이다.

전장설계의 작업은 전장내에 이미 정의된 여러 특징형상들을 (예 : 배열, 커넥터, 장션 등) 수정하고 다듬거나, 제거, 혹은 변형시키는 작업이 대부분이다. 이러한 작업들을 기능별로 체계화, 등급화 하는 것이 전장 설계에 필요한 데이타들을 효율적으로 처리하는 데에 매우 유용하다. 변수들이나 정의된 전장 객체의 속성 값을 조작하는 설계 작업은 등급화, 체계화 측면에서 볼 때 가장 저급 수준에 속한다. 예를 들어 장션객체에서 전장설계의 재배열이 완료되었을 때 각 포트(PORT, 장션에 번들이 붙을 시 이 접촉 부분을 포트라 한다.)에 붙어있는 번들 객체의 이름을 바꾸어 주는 작업이 있다. 바꾸는 것 자체도 전장 설계에 필요한 작업이지만 이와같은 단순 작업을 자동으로 해주는 고차원의 설계 작업(예 : SWAP-BUNDLE, MOVE-BRANCH 등)을 제공한다면 숙련자의 작업능률에 버금하는 시스템을 만들 수 있다. 그러나 이와같은 기능만을 갖춘 시스템으로는 시스템내의 모듈간의 유기적인 상호 의사전달 능력과 설계 환경의 변화를 인식하여 대처하지 못하는 결점이 있다. 그러므로 모듈간의 유기적 상호작용의 요소들을 시스템 모듈에 첨가할 수만 있으면 고차원의 추상 개념 기능을 가진 에이전트를 얻을 수 있다. 따라서 전장 시스템내의 에이전트들은 시스템이 정의한 틀 안에서 유사 작업을 반복 수행하고 이웃 에이전트들과의 상호 협력 아래 전장 설계를 이루어 나가는 하나의 요소인 것이다. 다음은 전장설계 영역내에서 각 에이전트가 필요로 하는 기능을 나열하였다.

- 에이전트의 출력과 기능의 이식능력
- 외부정보의 수요판단능력

- 오류정보 판단 능력
- 제한 조건들에 관한 설계평가 능력
- 주석, 설계사양, 제한조건 위반등의 기록능력
- 프레임 워크내에서 설계 모델이나 지식기반 컴퓨터도구등과 같은 공유 지식 베이스와 유틸리티의 사용능력

이와 같은 정의들은 소프트웨어 모듈이나 편집기를 통한 사용자와의 대화에 똑같이 적용된다. 무엇보다도 중요한 것은 각 에이전트들이 주어진 시스템안에서 상호 정보를 교환하는 다른 에이전트와 전문 영역은 다르나 기능이나 형태는 크게 다르지 않다는 것이다. 어떻든 에이전트는 2개의 대표적인 작업요소를 포함하는데, 하나는 프레임 워크에 의해서 제한되지 않는 에이전트 자체 지식 베이스(Local Knowledge) 및 자체 기능과 작업을 포함하는 부분이고, 다른 하나는 프레임 워크에 의해서 정의되고 실행되는 표준화된 통신 규약을 만족하는 상호 작용 메카니즘부분이다.

4.1 에이전트의 구조

동시 공학 시스템은 각 분야별 에이전트로서 구성된다. 그림 6에서 보여진 것과 같이 각 에이전트는 편집기(GUI 포함)를 포함하는데 이들은 중심노드를 통해 필요한 정보를 교환하며 각 에이전트에 속해있는 자체 전문 정보, 즉 에이전트 소속 객체들을 관리, 조정한다. 또한 에이전트는 중심노드라 불리는 정거장을 중심으로 소속 정보를 수정하거나 첨가하여 다른 에이전트 또는 사용자로 부터 어떤 요구가 있을 시 필요한 정보를 제공해준다. 편집기라 함은 사용자에게 시스템사용의 편리성을 주기 위한 GUI로서 사용자가 쉽게 배우고 필요한 정보를 얻을 수 있도록 설계되어 있다. 에이전트들은 전장설계에 있어서 그림 4에서 보여진 것과 같이 와이어링 편집, 자유공간 탐색, 부품 자동 선택, 방해물 위치 선정 등 각각의 전문성에 의해 분류된 영역을 관리 조정하는 전문 모듈들을 일컫는다. 동시 공학 시스템을 이루는 데에 있어서 가장 기본이 되는 것으로는 하나의 모듈에서의 변화를 어떻게 다른 모듈로 알릴 것이며 이의 변화가 중심노드를 통해 어떻게 반영하는 가가 중요한 문제로 대두된다. 이의 해결을 위해 각 에이전트에 속해 있는 지식베이스들은 독립적으로 존재하면서 중심노드와 연계를 이루며 해결하는데, 이는 각 에이전트들에게 독립성을 확보해주어 창의성과 다양성을 자유롭게 추구하도록 허락해야 하기 때문이다. 하나의 에이전트를 없앰으로써 그 에이전트를 통해 얻어야 할 전문 지식을 얻지 못한다 할 지라도 다른 에이전트의 작업을 수행하기 위해 필요한 최소한의 정보는 항상 중심노드에서 얻을 수 있어야 한다. 하나의 새로운 에이전트가 더해지고 삭감되는 등에 따라 중심노드에 큰 변화를 주어서도 안되며 일단 중심노드에 상정된 정보는 체계적으로 분리, 조정될 수 있어야 한다.

4.2 Notification(통 고)

시스템내에서 발생 가능한 모든 상황을 미리 예측하여 시스템을 구성하기란 사실상 불가능하므로, 시스템에서는 외부의 간섭없이 시스템 모듈간의 상호 연관 관계에 따라 자동으로 필요 모듈들을 작동시켜, 원하는 결과를 얻고자 함이 시스템 구성상의 큰 이슈중에 하나였다. 이의 해결 방안으로 모듈 소속 객체의 변화를 중심노드를 통해 연관된 모듈로 전달하여 그 모듈의 소속 객체 정보를 업데이트 시킨다. 이와같은 모듈간의 정보 교환 미케니즘은 간접적 이벤트 수행 접근 방법에 의해 가능한데, 전자 기판 회로 설계에 사용된 MKS[6]로 부터 인용되었다. 하나의 에이전트가 자체 정보 객체를 변경하면 통고 메시지가 그 정보 객체를 사용하고 있는 모든 에이전트에게 전한다.(이와같은 정보간의 상호 연결관계는 시스템내의 Hash-Table에 의해 기록유지된다.) 통고를 받은 각 에이전트는 우선 변경 내용으로 인해 에이전트 소속 정보 객체, 혹은 에이전트에 의한 결과에 어떠한 변화가 초래되는지를 검토한 후 필요에 따라 관련 정보 객체들을 업데이트 시킨다. 경우에 따라서는 아무런 조치도 취할 필요가 없다. 예를 들어 커넥터의 타입을 변경하면 부품선택자 모듈에서는 커넥터 타입 변경에 따른 BOM이 바뀌나, 와이어링 편집 모듈 입장이나 자유공간 탐색 모듈입장에서는 커넥

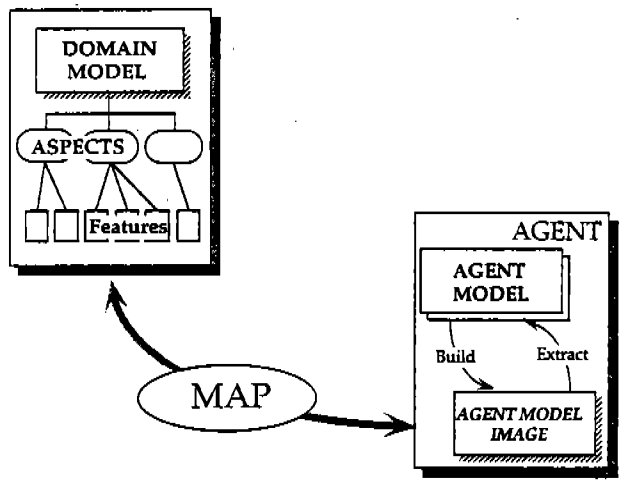

그림 7 각 에이전트에 속해 있는 지식 베이스내의 설계정보는 AMI를 통해 다른 에이전트나 공동 사용 지식베이스의 설계 정보들과 연계를 이룬다.

터의 타입 변경으로 인한 와이어링 배열 정보의 변화나 자유공간 정보의 변화는 취할 필요가 없다.

4.3 시스템 환경 및 에이전토의 기능

본 전장설계 시스템은 객체 지향 COMMON-LISP 프로그램 환경인 CONCEPT-MODELER라는 전문가 쉘위에 구축되었는데, CONCEPT-MODELER는 미국 보스턴에 위치한 ICAD사에서 지난 1986년에 개발한 프로그램이다. 시스템은 SUN SPARC10상의 64M-RAM H/W위에 LUCID COMMON LISP, UNIX, SHAPES 등과 같은 S/W를 가지고 구축되었다. 솔리드 모델링으로 쓰이는 SHAPES는 XOX사에서 개발한 솔리드모델링 시스템으로 4차원 객체 표현이 가능하고 ATTRIBUTE INTERITANCE 기능이 있다. CONCEPT-MODELER와의 CAD 인터페이스를 위해 다른 여러 솔리드 모델링이 고려 되었으나 전장의 실제 패스를 정하는 스프라인 및 NURBS 기능과 객체 지향 환경에서 정의된 특징형상들과 CAD모델내의 기하학적 ENTITY와의 일대일 매핑이 잘 이루어져 있으므로 최종적으로 전장 시스템의 CAD모듈로 SHAPES가 선택되었다. 동시 공학을 이용한 시스템의 일반적인 구성은 기존의 CAD/CAM 시스템과 객체지향형 프로그램 환경인 전문가쉘로 구성되는데, 전문가쉘과 CAD/CAM 시스템과의 인터페이스가 시스템 구성의 가장 큰 난제로 알려져 있다. 최근에는 이러한 문제점의 해결 방안으로 CAD를 내장한 전문가쉘이 등장하여 동시 공학 시스템 구성이 한결 용이해졌다. 전장설계업무의 특성별분류로 정의되는 4개의 에이전트 기능은 다음과 같다. 현재 와이어링 편집기, 부품 선택자, 환경 편집기, 자유공간 관리자등이 어느 정도 기본적인 성능을 제공하고 있다.

4.3.1 와이어링 편집기

와이어링 편집기는 설계자에게 주어진 전장 테이블을 만족하는 여러 종류의 전장 배열(Configuration)을 생성하고 각 배열(Configuration)을 구성하는 번들의 상세 정보를 자동 생성 시킨다. 예를 들어 번들내의 와이어 수와 와이어 수에 의한 번들의 지름, 허용 굽힘 곡률등을 배열(Configuration)이 변형될 때마다 계산하여 사용자에게 전달한다. 특히 앞서 언급한 전장 특징 현상중의 하나인 장션을 중심으로, 연결되어 지는 모든 번들 사이에 EXCLUSIVE-OR 관계를 만족

시켜야 한다. 그림 8의 트랜스-번들 B1과 B2를 살펴보자. 커넥터 C1, C2, C3, C4, C5의 번들들은 전장 테이블에서 주어지므로 이미 정해져 있지만 트랜스-번들 B1과 B2는 어떤 번들이 장션에 붙느냐에 따라 결정된다. 트랜스-번들 B1과 B2에 주어진 와이어가 EXCLUSIVE-OR관계에 의해 최종적으로 {2, 5, 6, 7}과 {1, 2, 3, 5, 6, 7}로 정해짐을 알 수 있다. 이외에도 번들의 와이어 수를 결정할 때 실제 생산상에 고려된 제약 조건을 항상 검색한다. 예를 들어 각 번들의 최대지름은 어떤 값 이상을 가질 수 없는 것 등이 이에 해당 된다. 즉 번들내의 와이어 수가 제약을 받는 것이다. 위반시에는 설계자에게 알려주어 설계 진행중에 어떠한 제약 조건이 위배되었는 지를 항상 나타낸 준다.

4.3.2 부품 선택자

부품선택자는 전장의 부품 리스트를 생성하기 위하여 와이어링 편집기에서 제공하는 배열(Configuration)을 사용하며 무게나 재료비와 같은 부품의 성질이나 부품수를 포함하는 완전한 라이브러리를 관리한다. 룰(Rule) 베이스는 와이어링 편집기에서 선택된 전장 배열(Configuration)에 대한 부품 선택을 자동으로 할 수 있는 기본 법칙을 제공한다. 예를 들어 자유 공간 관리자가 기하학적 제한조건을 적용하지 않아 전장 세그먼트의 길이를 이용할 수 없다면 부품 선택자는 데이타가 갱신될 때까지 기본 길이를 사용한다. 부품선택자는 또한 사용자나 에이전트가 자동부품 선택을 무시하거나 수정하고자 할 때 이를 허용하며 필요시 생산과정에 필요한 주석(Note)을 다는 등의 편의도 제공한다.

4.3.3 환경 편집기

환경 편집기의 주요 기능은 자동차 내부 환경의 기하학적 엔티티들을 생성관리 하는 것이다. 이 기하학적 엔티티들은 전장을 설치 할 때 방해물 혹은 전장이 부착될 위치를 나타내는데, 많은 기하학적인 정보들은 외부 CAD 시스템으로 부터 생성된다. 사용자는 가급적 특정 CAD 시스템에 의존하는 것이 아니라 독립적으로 기하학적 데이타를 선택하여 처리 하는 것이 바람직하다. 현재 환경 편집기에서는 기하학적 데이타를 CAD 시스템간에 호환 포멧인 IGES 형태로 교환하나 향후 차세대 CAD 호환 포멧인 PDES/STEP 형태로 교환될 것이다. CAD 시스템에서 전송된 기하학적인 데이타를 환경 편집기는 Convex-Polyhedra나 Bounding-Box 형태의 단순 3차원 형태로 전환하여 데이타양을 줄여 사용자가 쉽게 처리할 수 있도록 돕는다. 세부적으로 여러단계의 기하학적인 정보를 표현할 수도 있는 데 이는 자유공간 영역을 좀더 정확하게 계산할 필요가 있을 경우 유용하게 사용될 수 있다. 환경 편집기의 또 다른 기능은 외부 CAD 시스템에서의 설계 변경사양에 대하여 자동적으로 환경 모델을 갱신시켜 주는 기능이다.

4.3.4 자유 공간 관리기

자유 공간 관리기는 가장 많은 컴퓨터 계산이 요구되는 에이전트이다. 주요 기능은 전장루트를 위한 자유 공간을 생성하는 것이며 앞서 언급했듯이 진동이나 과열, 유지 보수 관리를 위한 여유공간등 특별히 주의를 요하는 영역을 구분하는 일이다. 자유 공간이 선택되면 자유 공간 관리기는 와이어링 편집기에서 결정된 전장 배열(Configuration)을 기본으로 전장의 구체적인 경로와 경로들의 집합을 결정한다. 최적의 경로를 찾기 위해서는 최적의 장션 위치를 결정한 다음 장션과 엔드 커넥터를 연결하는 경로를 생성해야 한다. 최적의 장션 위치를 찾는데 있어서 어려운 점은 모든 셀을 대상으로 하는 탐색 공간의 크기도 문제이고, 장애물의 존재로 인하여 Nonconvex가 된다는 점이 또한 문제점으로 지적된다. 초기의 배열로부터 최종 경로를 얻어내는 프로세스 알고리즘은 참고문헌[3]에 상세히 기술되어 있으며 일반적으로 (1) 절점의 생성, (2) 초기 번들 경로 설정 및 (3) 경로나 배열의 수정등을 포함하는 3단계과정을 거친다. 그림 11은 자유 공간 관리기에 의해 생성된 최종 경로의 한 예를 보여준다.

4.4 중심노드

중심노드는 에이전트사이의 커뮤니케이션을 지원하는 명령들의 집합으로서 관리 에이전트라 볼 수 있다. 중심노드의 2가지 중요한 기능으로

WIRE #	ORIGIN CONN	PIN #	DEST CONN	PIN #
1	C1	1	C2	1
2	C1	3	C3	1
3	C2	2	C5	3
4	C3	2	C4	1
5	C4	2	C1	2
6	C4	3	C5	2
7	C5	1	C3	3

Connectivity Constraint

	B1	B2
I	{1, 4, 5, 7}	{1, 6, 7}
II	{2, 5, 6, 7}	{1, 6, 7}
III	{2, 5, 6, 7}	{2, 3, 5}
IV	{2, 5, 6, 7}	{1,2,3,5,6,7}

Trans bundle wire composition

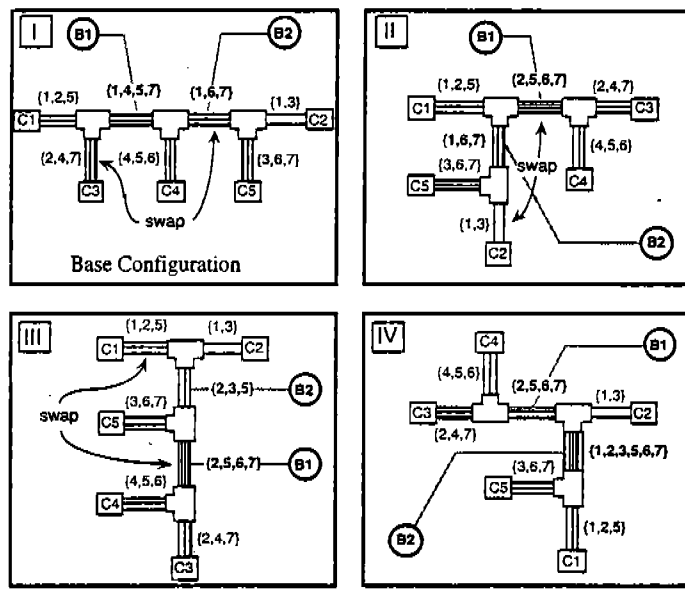

그림 8 자동차의 전장이 7개의 번들로서 구성되어 있음을 보여 준다. 설계 변경에 의해 번들과 번들이 SWAP-BUNDLE 기능에 의해 계속적으로 교환됨에 따라 장션들을 중심으로 각 번들 사이에 EXCLUSIVE-OR 관계를 만족한다. 장션사이를 연결하는 트랜스-번들(B1과 B2)내의 와이어 수가 변환됨을 우측상단의 도표를 통해 알 수 있다.

1) 에이전트 상호간의 정보교환 전달시 주소록을 제공하는 기능과 2) 여러 가지 설계의 버전 관리를 들 수 있다. 전장설계에 관련된 정보를 한곳에 모으지 않고 각 에이전트 별로 분리하여 관리하고 에이전트 상호간의 정보교환은 중심노드를 이용하여 이유는 각 에이전트가 다른 에이전트의 정보, 즉 어떤 에이전트에 연결되어 있으며, 각 에이전트에서 필요한 입출력 상황을 사용자가 구체적으로 알 필요가 없기 때문이다. 또한 이렇게 함으로써 기존의 에이전트가 변경되거나 새로운 에이전트가 추가될 때 중심노드만 갱신시켜 주면 편리함이 있다.

본 논문에서 소개하는 전장설계시스템은 중심노드를 이용함으로써 널리 알려진 블랙보드시스템과 두가지 면에서 다른데, 첫째로 중심노드는 교환 정보가 저장되는 곳이 아니라, 단순히 주소록만을 제공할 뿐이며, 실제 정보는 각 에이전트 모델에 들어 있어 거기에서부터 특징형상(즉 설계관련 정보)을 뽑아내어 다른 에이전트에 전달하게 된다. 또한 요구되지 않은 정보를 중심노드

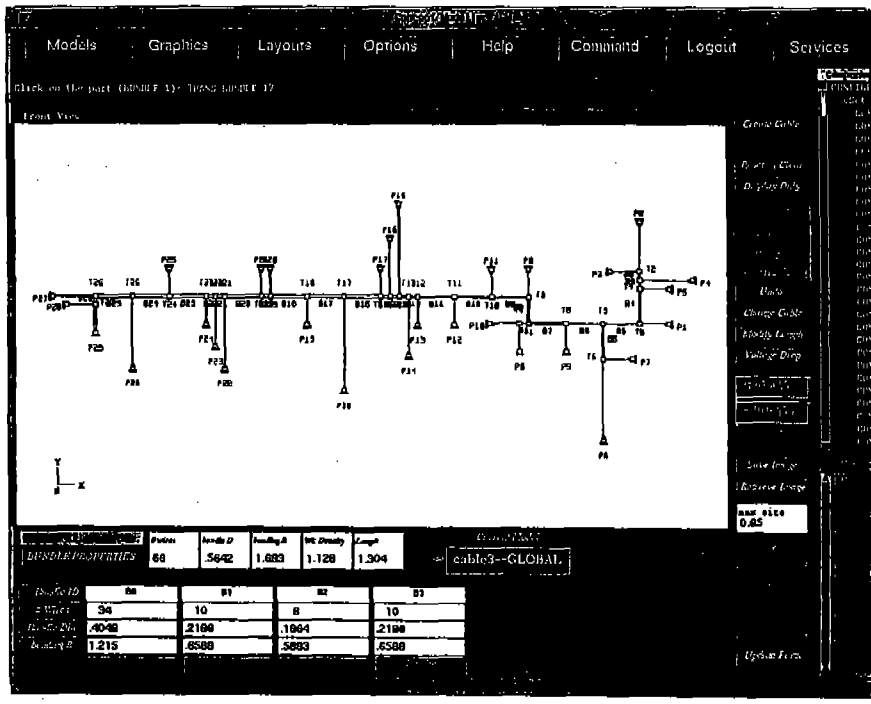

그림 9 와이어링 편집기의 주요 작업인 SWAP-BUNDLE 및 MOVE-BRANCH후의 시스템 결과를 보여준다.

에 보내지 않음으로써 필요치 않은 정보가 많음으로 인해 야기되는 시스템의 과부하도 줄이는 효과도 있다.

4.5 에이전트간의 정보교환

전장설계 시스템에서 에이전트들의 상호작용 미케니즘은 설계자들의 요구에 따라 개발되었다. 에이전트는 설계자들이 독립적으로, 또는 그룹을 이루면서 작업할 수 있어야 한다. 예를 들어 설계자들이 다른 사람의 양해없이 자신의 지역 모델과 제한 조건들을 사용하면서 어떤 작업을 테스트해 보는 경우가 독립적으로 작업하는 경우의 한 예라 할 수 있겠다. 이러한 에이전트들의 독립성은 설계 진척 상황을 자신의 지역 제한 조건만을 만족시키면서 설계변경을 할 수 있으므로 제약조건 위반에 의한 Backtracking을 줄일 수 있다. 일단 설계가 제대로 되었다고 판단되면 다른 설계자들이 입력정보와 해석용으로 사용할 수 있도록 출력시킨다. 다만 이러한 분산 설계 환경에서는 어떤 설계 요구조건에 대해 즉각적인 피드백을 얻지 못할 수도 있다는 사실을 주지시킬 필요는 있다.

전자메일은 쉽게 스케일 조정이 되고 비동기적이므로 정보 교환의 매체로서 널리 이용된다. 에이전트들에게 새 정보를 전달해 줄 경우나 에이전트의 상태와 설계 스펙을 요구할 때에도 사용되며, 또한 아직 코드화 되지 않은 제한 조건, 설계 조건등에 대한 비체계화된 메세지를 사람들 사이에 보내주는 경우에도 사용된다. 궁극적으로 이러한 메일 메세지의 내용이 작업 리스트의 근간을 이루게 된다. 그림 10은 에이전트 상호작용의 구조와 특징형상과의 매핑 미케니즘을 보여준다. 에이전트간의 커뮤니케이션은 중심노드를 통해 이루어지며, 비동기적인 상호작용과 버전관리미케니즘을 통해 각각의 에이전트들이 서로다른 버전에 동시 다발적으로(Concurrently) 작업

을 할 수 있게 된다. 예를 들어 그림 10의 자유공간 관리기(FSM)는 버젼 3상에서 와이어링 설계 3번을 작업하고 있다. 이것의 설계 특징형상 입력 자료는 "Config List", "Bundle Properties", "Grid", "End coords"이며 출력 자료는 "Bundle Length"와 "Bundle Paths" 등이다.

한 에이전트가 특징형상 정보를 출력으로 제공하려 한다면, 필요한 자료가 중심노드의 통고(Notification) 메카니즘으로 보내져야 한다. 중심노드는 디렉토리를 이용하여 공개될 정보의 각 내용들이 어떤 에이전트에서 필요로 하는 지를 구분한 후, 선택되어진 에이전트들에게 자료를 보내어 각각의 에이전트가 이를 이용하여 자기고유의 새로운 출력정보를 만들어 낸다. 또한 에이전트는 다른 에이전트로 부터 얻은 정보(예를 들어 다른 에이전트 소속의 특징형상과 특징형상에 속한 속성치)가 수정되어 새로운 버젼으로 바뀌었을 때에도 수정된 내용을 통고 받을 수 있는데, 이것은 통고 메세지기능에 의해 가능하게 된다. 설계변경 메세지에 대하여 각 에이전트들이 어떻게 대응하며 어떻게 새로운 결과를 업데이트 시키는가는 시스템을 어떻게 구축하느냐에 좌우된다. 본 논문에서 소개된 시스템의 초기 버젼은 한개의 워크스테이션에 모든 에이전트가 구축되었으므로 공통으로 설정된 출력저장장소에 각 에이전트의 결과(즉 AMI)를 저장시킴으로써 효율적으로 각 에이전트에서 제공하는 출력정보의 일관성을 유지할 수 있었다. 그러나 분산 설계시스템으로의 전환을 통해 AMI화일이 전자메일에 의한 통고미케니즘으로 전달되게 되었다. (일명 써비스메일, 참고문헌 [8])

하나의 에이전트가 최근 정보를 얻는 방법은 간접적으로 통고기능을 통한 전자메일에 의한 방법이 있고 또 다른 방법은 중심노드에 있는 정보축출 미케니즘을 통하여 직접 얻는 방법이 있다. 어느경우에나 정보축출 미케니즘에 설계 특징형상의 이름이나 호출 에이전트의 이름, 또는 와이어링 설계 ID, 버젼 ID등을 이용하여 호출한다. 이러한 정보요구 메세지에는 요구하면 즉시 얻을 수 있는 정보이외에 새로운 정보를 위한 필요조치(예를 들어 새로운 계산등)등도 요구할 수 있다. 호출에 대한 대응정보의 부재시에는 중심노드에 있는 정보축출 미케니즘에 도시된 상관관계를 통해 어떤 에이전트가 필요한 특징형상정보(즉 설계 정보)을 생성해 낼 수 있는 가를 결정하여 필요한 정보를 얻는다. 정보를 즉시 얻을 수 없을 때에는 정보를 요구한 에이전트에게 요구 정보가 꼭 필요한 지를 묻게 된다. 설계과정 중에는 참고용으로 요구되는 정보들이 있으므로 이러한 경우는 배치(Batch) 작업과 같은 방법으로 추후에 일괄적으로 처리하여 제공할 수도 있기 때문이다. 일단 정보 공급 에이전트가 요구되는 정보를 제공하면(일명 Publish라고도 함.) 요구 메세지가 큐(Queue)에서 사라진다. 통고는 자동적으로 수행 되지만, 경우에 따라서는 사용자의 의향에 따라 수동적으로 진행되는 경우도 있는 데, 통고에 대한 답신여부와 새로이 추가되어 지금 막 On-Line 된 에이전트들에게도 통고와 요구 정보메세지에 대한 수행여부를 결정할 때이다. 이러한 정보교환 미케니즘은 본 시스템의 전신인 Next-Cut 시스템(절삭가공용 공정설계시스템, 참고문헌[4])과 같이 모든 변화를 즉각적으로, 그리고 자동적으로 전달하는 시스템과는 대조적이라 할 수 있다.

4.6 버전관리

본 논문의 버젼관리는 와이어링 ID와 버젼번호를 사용하여 이루어진다. 이 둘은 하나의 전장설계품의 ID를 형성한다. 와이어링 ID는 각각의 와이어링 명세서에 붙여진 이름표에 해당하며, 궁극적으로 시스템의 특정 와이어링을 지칭한다. 버젼번호는 설계 내용을 순간 순간 저장할 때 쓰이며, 각 설계 단계를 구분 표시해 놓음으로써 이후의 검색 과정에 도움을 준다. 그러므로 에이전트는 어느 때나 다중 설계작업을 할 수 있다.

앞절에서 언급한 바와 같이 중심노드는 가장 최근의 버젼번호와 전장설계정보를 구성하는 각 설계 정보의 위치를 저장하고 있다. 반면 버젼관리는 RCS(Revision Control System, 참고문헌 [14])의 체인-체아우트개념을 통해 이루어진다. 에이전트가 새 특징형상 이미지를 만들어 내면, 이것을 해당 영역 특징형상에 투영시킨다. 그러

면 RCS의 체인 명령어를 통해 새로운 특징형상을 와이어링 ID에 맞추어 배치한 후 최근 버전의 내용과 비교한다. 내용의 변화가 있으면 중심노드는 여기에 새로운 버전번호를 부여하게 된다. 임의의 다른 에이전트가 특정 해당 영역의 특징형상을 요구하면, 일부러 구 버전을 요구하지 않는 이상 가장 최신버전을 제공한다. 이런 식으로 중심노드는 에이전트들이 항상 최신 설계정보를 이용할 수 있게 해준다.

설계 전체의 버전과는 상관없이 각 에이전트들은 각자가 만들어낸 특징형상 이미지(즉 각 에이전트가 담당하는 전장설계정보)들의 버전관리도 할 수 있다. 즉 자기만의 RCS를 가질 수 있다. 각 에이전트내의 RCS가 시스템 구성상 필수불가결한 요소는 아니지만 검증할 때나, 각각의 에이전트가 자체내에서 재설계하고자 할 때 유용하게 쓰일 수 있다.

본 논문의 버전관리 접근 방식은 동시 공학 환경을 위해 제안된 분산 버전 제어 방법(Sriam이 제안, 참고문헌[12])과 유사하다. 그러나 중앙 지식베이스를 완전히 복사하여 각 에이전트의 자체 지식베이스에 또 다시 반복저장하는 시스템과는 달리, 본 전장설계시스템은 각 에이전트의 작업영역에만 관련된 정보(즉 전장설계 관련 특징형상들)만을 저장함으로써 같은 내용의 설계정보가 중복되는 것을 최소화 하였고, 또 다른 에이전트소속 설계정보와의 의존성을 최소화함으로써 전체 시스템의 유연성을 극대화하였다.(즉 새로운 에이전트의 추가 및 삭제가 용이)

5. 고찰 및 맺음말

본 연구에서는 전장 설계에 관한 데이타 및 작업의 추상화와 문제해석에 관해 살펴보았다. 전장 설계 시스템을 통해서 복잡한 설계문제를 다루기 위한 시스템내의 에이전트와 설계자 사이의 상호 작용하는 방법들을 개발하고 형식화하는 방법을 또한 살펴보았다. 다음의 절들에서 시스템의 특성과 잇점에 대해 좀더 상세히 기술하고자 한다.

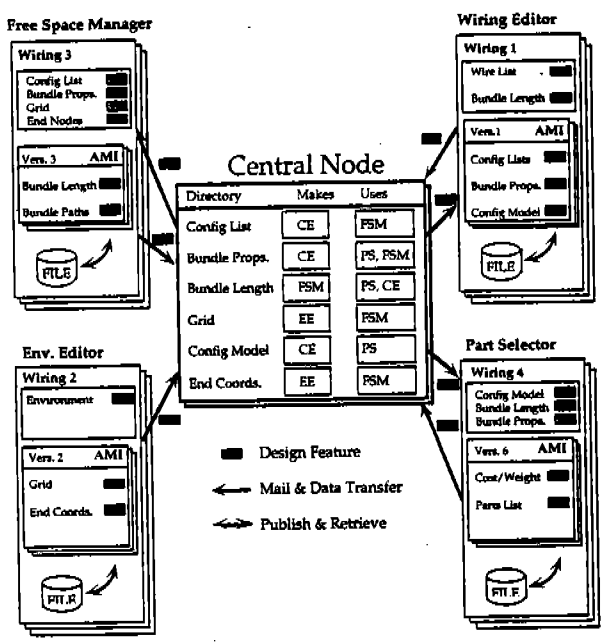

그림 10 에이전트 상호작용의 구조와 특징형상과의 매핑 미케니즘

5.1 전장 설계 시스템의 특성

전장 설계는 업무와 설계 요소 사이의 상호 의존성이 대단히 복잡한 문제이다. 연구 방향을 설정하고 영역을 조절하는 것은 사람이 해야 할 일이지만, 설계 요소 사이의 상호 의존성이 복잡해지면 현명한 판단을 내리기가 힘들어진다. 복잡성을 극복하는 방법의 하나는 설계의 초기단계에서 상호 의존성을 무시하고 순차적으로 진행해 가는 방법에 의존하는 것이다. 그러나 설계의 초기 단계 결정이 받아 들여지느냐의 여부는 설계가 거의 완료될 시에 나타나게 되어, 그때 가서 설계를 변경해야 할 경우가 생기면 설계 단가의 증가와 설계 시간 지연이란 손해를 감수해야 한다. 그럼에도 불구하고, 어느 한사람이 그 많은 상호 작용 요소들을 모두 다룰 능력이 안되므로 지금까지는 위와 같은 순차적 방법에 의거하였다. 만약, 컴퓨터 시스템이 이러한 기능을 대신해 준다면 설계의 초기 단계에서 상호 작용 효과(즉 차단계에서의 제약조건 만족여부)를 알 수 있는데 도움이 될 것이다. 이것이 바로 동시 공학의 근간이다. 단순히 복잡하고 고가인 컴퓨터 도구들을 사용한다고 해서 문제가 해결되는 것은 아니다. 강력한 도구들이 통합되어 크고 효율적인 보조 시스템을 구성해야 한다. 그러나 이러한 접근 방식도 문제영역이 정적(Static)일 때만 의미가 있다. 즉, 사용 시스템, 설계규칙, 생산과정 등이 제품의 수명기간동안 변하지 않아야 한다. 그러나 많은 제품들은 매년 새로운 모델로 변화되기를 요구받고 있다. 이러한 변화에 신속히 대처하기 위해서는 이전 설계정보의 재사용을 통한 설계과정의 효율화를 통해서 만이 가능하다. 에이전트를 기반으로한 설계 시스템의 구축은 이러한 측면에서 올바른 선택이라 할 수 있다.

5.2 에이전트 기반 방식의 잇점

에이전트 기반 방식은 문제의 복잡성과 분산형 설계 보조 시스템의 타당성을 동시에 다룬다. 그러므로 예전의 방식과 비교하여 에이전트 기반방식의 장점은 다음 두가지로 요약된다. (i) 분산된 설계 지원 : 대형의 복잡한 프로젝트에서는 다양한 설계 담당 업무와 그에 따른 컴퓨터 도구들을 각기 다른 장소에 배치해야 한다. 에이전트 구조는 각 에이전트의 위치에 대한 제한 조건을 두지않는다.(자유공간 관리기는 실물 모형설비에 놓여질 수도 있고, 부품 선택자는 부품저장 위치에 놓여질 수 있으며, 어떻게 놓여지든 자동차 전장 시스템의 구조를 바꿀 필요는 없다.) 또한 하나의 에이전트가 Off-Line되어도 시스템은 계속 작동한다. (ii) 유지, 적응이 용이 : 설계 장비와 방법은 시간이 지남에 따라 변하게 마련이다. 그러한 상황에서 크고 밀집된 소프트웨어 패키지는 유지 관리측면이나 수정이 상당히 어렵다. 에이전트 기반 시스템 구조에서는 새로운 에이전트를 첨부하기가 상대적으로 수월한데 이는 중심노드와 새로운 에이전트의 소속 지식베이스만 변경하면 되기 때문이다. 즉 새 에이전트의 입출력의 정의와 소속 특징 형상의 정의만으로 가능하다. 이러한 수정은 기존의 시스템에서 행할 때와 비교하면 훨씬 간략화된 것이라 할 수 있다.

5.3 사용자의 참여

시스템의 구성시 사용자의 참여는 반드시 필요하다. 그 이유는 (1) 설계에 적용되는 특정 상황의 규칙과 제한 조건등이 모두 포착되기가 불가능 하며 (2) 컴퓨터 프로그램이 아직은 인간의 도움없이 NP-Complete 문제를 해결할 수준은 아니기 때문이다. 단순 반복적 해석 문제와는 달리, 설계 문제에 있어서는 대체적으로 주관적으로 작성된 명세서를 가지고 시작한다. 제품의 기본적인 목적은 소비자를 만족시키기 위한 것이어서, 설계 변수의 수는 매우 많으며 생산품에 요구되는 새로운 형상과 기능이 추가됨에 따라 변수의 수가 변하기도 한다. 설계문제를 특징형상과 업무계층으로 분해하는 것은 주관적 작업이라는 것을 이미 언급한 바 있다. 따라서 설계자가 자신의 창조적이며 직관적인 능력을 발휘하여 설계 공정을 변경 시킬 수 있는 자유(시스템이 제안한 해답을 변조하거나 무시할 수 있는 자유)가 보장 되어야 한다. 자동차 전장용 시스템 에이전트의 기본적 기능은 자동화하는 것이 아니고, 설계자가 각 상황에서 당면하게 되는 여러가

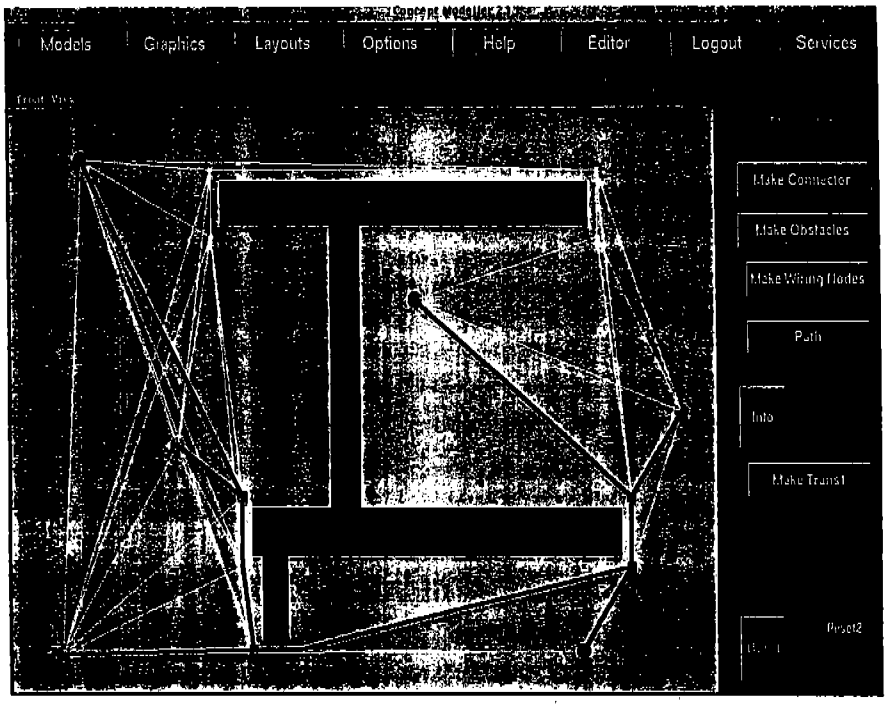

그림 11 자유공간 관리기의 경로생성 알고리즘에 의해 얻어진 시스템 결과를 보여준다. 6개의 커넥터와 4개의 장선으로 이루어진 전장 경로를 나타낸다.

지 옵션들을 나열하고 명확히 하여 분석해 주는 것이다. 에이전트는 내부의 경계조건들을 적용하여 가능한 모든 해결안들을 제시한다.(자유 공간 관리기가 가상 전장 경로를 선택함이 그 좋은 예이다.) 에이전트는 설계자가 실수한 지점을 감지, 경고하도록 되어 있다.(예를 들어 설계자가 최소 번들 크기 제한 조건을 위반하는 배열을 설정한 경우.) 그럴 경우라도 설계자는 간략한 사유만 기록한 후, 그 경고를 무시할 수 있다. 왜냐하면 최후의 설계 변경으로 인해 기존의 제한조건이 무의미해질 수도 있기 때문이다. 이런 식으로 설계자 및 시스템 사용자는 설계 공정상의 숨겨진 제약조건등을 모르더라도 시스템이 제공하는 제약조건 자동검색등에 통해 설계를 진행시켜 나갈 수 있다.

6. 향후 연구 과제

1) 에이전트의 WorkStation별 분산화 : 소개된 자동차 전장용 시스템은 에이전트들의 완전한 모듈화를 확보하지만 하나의 WorkStation상에서만 지원이 된다. 이상적 구조는 에이전트들의 위치에 관계없이 자유로운 지원이 가능한 것이어야 한다. 이것을 보이기 위해 시스템의 에이전트를 Ethernet으로 연결된 다중 WorkStation상에 분산 시킴이 필요하다. 이로써 분산된 Version을 관리, 제어하는 메카니즘을 테스트해 볼 기회도 얻게 될 것이다.

2) 설계 결정 검증 보완화 : 시스템의 구성을 모듈화하여 접근하는 구성 방식은 전체 설계 공정의 상황을 즉각적으로 갱신해 주는 장치가 필요하다. 이러한 목적으로 Do-

main모델을 설계 공정 해석장치에 포함시키고 있으며, 이로써 설계자가 선택 상황에 도달했을 때, 자신의 결정이 앞으로 미치게 될 영향에 대해 미리 검증할 수 있도록 돕는다. 그 첫 단계로 설계 엔티티와 작업들 사이의 의존 관계를 종류별로 분류하고, 그 결과를 바탕으로 어떠한 해석들이 가능한 지를 결정함이 필요하다.

3) 설계 정보 흐름의 다변화 : 현재의 시스템은 상위의 설계 실행자들로 부터 정보를 받을 수는 있지만, 하위부에서 상위로 요구나 통보하지는 못한다. 이러한 기능이 향후 연구과제에 추가되어야 한다. 이러한 기능은 생산 공정과 설계공정을 좀 더 접근시켜 보려는 시도에 필수적인데 이를 위해 생산 계획 에이전트를 추가시켜 설계 정보 흐름의 다변화를 꾀할 계획이다.

4) 에이전트의 보강 : 현재 시스템을 구성하는 4개의 에이전트에 몇개의 에이전트들이 추가될 것이다. 전장 시뮬레이션 에이전트는 설계자가 전장이 실제로 설치되었을 경우의 작동상황을 볼 수 있도록 해준다. 이 에이전트는 다른 에이전트들로 부터 정보를 입수하여, 굽힘 성질을 계산하고 화면에 디스 플레이 시킴으로써, 설계자로 하여금 각 번들(Bundle)의 클램핑 배열을 선택할 수 있도록 해주며, 또한 한 공간에 여러개의 전장 번들을 배치해야 하는 경우, 다른 번들을 옆으로 밀침으로써 생성되는 공간이 얼마인지 알 수 있게 해준다. 가격을 비교하는 에이전트(가격 단가 비교기)는 현재의 부품 선택자의 기능을 확장시켜 생산, 설치, 유지관리등에 필요한 가격을 납품 회사의 생산단가를 기준으로 하여 계산할 수 있게 한다.

참 고 문 헌

1. 이수홍, 최두선, "자동차 전장용 에이전트 기반 시스템 연구", 한국 자동차 공학회 논문집, Volume 1, Number 3, pp. 83~94, November, 1993.
2. 이수홍, "설계의 병행 엔지니어링(Concurrent Engineering) 기법(Ⅱ)—케이블 디자인 시스템", 기계와 재료, Vol. 5, No. 3, pp. 115~130, Oct. 1993.
3. 임성혁, 이수홍, "자동차 전장 설계용 경로 설정 모듈의 개발.", 연세대학교 산업기술연구소 논문집 제27집 제1권(통권42권). pp. 77~83, 1995년 6월.
4. Cutkosky, M. R., & Tenenbaum, J. M., 1990, A methodology and computational framework for concurrent product and process design, *Mechanism and Machine Theory*, 25(3), pp. 365~381.
5. Hayes-Roth, B. 1985, A Blackboard architecture for control. Aitificial Intelligence 26 : pp. 251~321
6. Glicksman, J., Hitson, B. L., Pan, J. Y-C, and Tenenbaum, J. M., "MKS : A conceptually centralized knowledge service for distributed CIM environment", J. Intell. Manuf. 2(1), pp. 27~42, 1991.
7. Lander, S. E.;Lesser, V. R.;and Connell, M. E., 1989. Knowledge-based conflict resolution for cooperation among expert agents. In Computer-Aided Cooperative Product Development. Springer-Verlag. pp. 258~268.
8. Lee, Soo-Hong, Cutkosky, Mark and Kambhampati, Subbarao, "Incremental & Interactive Geomitric Reasoning for Fixture and Process Planning," Issues in Design/Manufacture Integration 1991, pp. 7~13, ASME Winter Annual Meeting, Atlanta, Georgia, December 1991.
9. Nii, H. P. 1986a Blackboard systems : Blackboard application systems, blackboard systems from a knowledge engineering perspective, The AI Magazine pp. 82~106.
10. Park, Hisup, Andrew B. Conru, Cutkos-

ky, Mark, and Lee, Soo-Hong, "An Agent-Based Approach to Concurrent Cabel Harness Design", accepted in Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and manufacturing(AIEDAM), NO. 8, p. 45~61, April, 1994.

11. Shoham, Y. 1991, Agent0 : A simple agent language and its interpreter. In Proceedgins Ninth National Conference on Artificial Intelligence, IEEE, pp. 704~709.
12. Sriram, R., Livezey, B. K., and Perkins, W. A. 1992, A Distributed shared Database for Concurrent Engineering, *Ce & CLAS Conference, Washington, DC,* pp. 27~43
13. Sycara, K. P. 1989. Cooperative negotiation in concurrent engineering design. In Computer-Aided Cooperative Product Development. Springer-Verlag. pp. 269~297.
14. Tichy, W. F. 1985, RCS-A system for version control. *Software-Practice & Experience* 15(7), pp. 637~654