

## 특징형상 기반 자동차 전장도면설계 시스템 개발 연구

이상준\* · 이수홍\*\*

### A Development of Feature-based Wire Harness Drawing System

Sang-Joon Lee\* and Soo-Hong Lee\*\*

#### ABSTRACT

An approach to providing computational support with an expert shell is discussed with the scope of an industrial wire harness design, especially at a manufacturing stage. Key issues include the development of an architecture that supports a frequent design change among engineers associated with different parts of the wiring design process and the development of hierarchical representations that capture the different characteristics (e.g., connectivity, configuration) of the harnesses. The abstraction of design information results in features, while the abstraction of drawing elements leads to the definition of objects. These abstractions are essential for efficient transactions among people and computer tools in a domain that involves numerous interacting constraints. In this paper the strategy for the problem decomposition, the definition of features, and the ways in which features are shared by various operations and design changes, are discussed. We conclude with a discussion of some of the issues raised by the project and the steps underway to address them.

**Key words :** Concurrent engineering, Feature, Wire harness design, Bundle, Connector, Join

#### 1. 서 론

전기·전자 및 제어 기술이 발달 하면서 자동차에 장착되는 전기·전자 장치들이 늘어나고 있다. 그와 더불어 자동차에 장착되는 전장 또한 점차로 기능이나 구조면에서 복잡해지고 있다. 그리고 소비자의 소득 수준이나 욕구에 따라 다양한 사양의 제품 생산이 요구되고 있다. 이와 같은 추세에 따라 전장도 복잡한 구조를 갖게 되었으며 사용되는 부품의 종류도 다양해지고 있다. 전통적으로 전장 설계는 반복되는 일련의 작업들로 구성되어 있기 때문에 시간 소비적이며 작업자에 의한 실수가 발생하기 쉽다. 이러한 작업들을 컴퓨터를 이용하여 좀더 효율적이고 신속하게 실현하고자 하는 연구가 먼저 미사일과

항공기 분야에서 행해졌다. 항공기 케이블 하니스의 동시 공학적 설계를 위한 시제품으로 First-Link System<sup>[1,2]}</sup>이 소개 되었는데, 이 시스템의 특징은 모든 설계가 반드시 재설계를 필요로 하므로 재설계에 적합하도록 주어진 설계 문제를 분업화 하였다. 분업화의 결과로서 각기 다른 영역의 작업을 수행하는 에이전트들(환경 편집기, 자유 공간 관리자, 케이블 에디터, 부품 선택자)을 정의하였다. 아울러 설계자와 에이전트들 간의 원활한 조화를 이루기 위한 정보 교환 미커리즘의 개발과 설계에 필요한 특징형상의 추출법 등의 연구가 소개되었다. 또한 에이전트 기반 방식의 설계 공정 모델 개발의 연장으로 에이전트간의 상호 제약 조건을 효율적으로 처리하기 위한 "Design Roadmap" 개념의 설계 시스템이 케이블 하니스를 대상으로 소개되었다<sup>[3]}</sup>. 이와 병행하여 전장의 평면이나 공간상의 최단거리를 탐색하기 위한 전장 경로 설정 모듈의 개발도 소개되었다<sup>[4,5]}</sup>.

앞서 소개 되었던 연구들이 제품 설계 측면에서의

본 연구는 1995년도 교육부 학술연구조성비(기계공학: ME95-A-31)에 의하여 연구되었음.

\*연세대학교 기계공학과

\*\*중신회원, 연세대학교 기계공학과

관심을 반영한 연구였던 반면, 본 논문은 자동차용 전장 설계에 있어서 부품의 위치와 번들의 길이가 결정된 후 번들들 간의 배열의 변경이나 선택된 배열로부터 생산에 필요한 정보들을 산출하기 위한 작업들을 수행하는 와이어링 편집기에 대하여 다룬다. 이를 위해 번들이나 커넥터, 그리고 와이어에 대한 특징 형상의 추출과 표현법을 다루며 특징 형상으로부터 관련 정보를 추출하기 위한 방법들에 대하여 소개한다. 특히 본 연구에서는 전장의 위상 정보를 통해 도면을 저장하고 재구성하는 방법을 제시하였다.

1.1 연구 내용

1.1.1 사양별 도면 생성

수출 시장의 다변화와 소비자 욕구의 다양화는 다양한 사양의 제품을 생산할 것을 요구한다. 동일한 자동차 모델이라도 수출국의 환경이나 도로 여건 등에 따라서, 또는 소비자들의 기호나 경제적 능력에 따라서 선택 가능한 사양의 조합은 달라진다. 이와 같은 다양한 사양은 Table 1에서와 같은 옵션 표시법을 통해 표현되고 있다. 예를 들면 여기서 옵션 'A'는 ABS장착 여부를 나타내며, 옵션 'C'는 에어백 장착 여부를 나타낸다. 이때 PART NO가 91810-29001인 제품의 경우 ABS는 장착되지만 에어백은 장착되지 않음을 나타내며(옵션 'AB'), PART NO가 91810-29011인 제품의 경우 ABS와 에어백이 모두 장착됨을 나타낸다(옵션 'ACGI').

이와 같은 옵션 표시법은 설계 정보를 간략히 하고 설계 단계에서의 업무를 줄여줄 수 있지만, 제품 생산 단계에서는 작업자들이 일일이 설계 단계에서 설정된 옵션들을 해석하고 각 사양별로 정보를 산출

하고 도면을 작성해야 된다. 이러한 일련의 작업은 단순 반복적인 작업인 반면 옵션을 해석하는 과정에서 작업자의 실수를 유발시키기 쉽고 작업량이 많기 때문에 많은 시간이 소요된다. 경우에 따라서 국부적인 설계 변경이 옵션 해석 작업과 도면을 작성하는 전체 과정을 다시 수행할 것을 요구한다. 예를 들어 커넥터의 위치 변경이나 번들의 길이 변경시 와이어의 경로 탐색과 길이 계산 작업 및 도면을 다시 작성해야만 한다. 이는 제품 생산을 위한 전체 과정에서 제품 생산을 위한 정보의 산출과 도면의 생성에 많은 시간을 낭비하는 결과를 초래한다. 이것은 특히 설계 변경이 잦은 제품 개발 초기 단계에서는 전체 개발 시간을 지연시키는 요인이 된다. 따라서 본 연구에서 구축한 시스템은 제품 생산을 위해 필요한 도면을 신속히 생성할 수 있도록 돕는다.

1.1.2 사양별 정보 산출

위의 설명에서와 같이 제품 생산을 위해서는 각 사양별로 또는 전체 사양에 쓰이는 자재의 종류 및 그 수량을 산출 해야 된다. 생산에 필요한 자재에 관한 정보는 각각의 사양에 대한 설계가 완성된 후에야 산출이 가능하며, 각 사양별 자재의 품목과 각 품목별 수량이 곱해져서 산출된다. 기존에는 작업자들이 일일이 완성 도면을 토대로 자재의 품목과 수량을 산출, 기록해야 했다. 하지만 본 시스템을 사용할 경우 각각의 사양에 필요한 모든 자재 정보들을 신속하게 원하는 형식으로 산출하는 것이 가능하다. 이를 위해서는 기본적으로 와이어의 경로를 탐색하는 모듈, 와이어의 길이와 여유 길이, 그리고 벗김 길이를 산출 하는 모듈의 구축이 필요하다. 이와 같은 모듈들은 경로 설정을 위한 알고리즘과 기존의 정보들을 담고있는 데이터베이스를 근간으로 한다.

Table 1. The option for the part '91810-29001' is 'AB'. This option part contains those two optional parts; 'ABS' and 'C/LOCK-ACT' (Central Lock Actuator)

91810-29000	P/NAME	ABS	C/LOCK-ACT	AIR BAG	DR UNL	O/S MIRRPR	WASH-ER	RR FPG	CRUISE	LHD	RHD
PART NO	NO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
91810-29001		0	0								
91810-29011		0		0				0		0	
91810-29021		0		0		0				0	
91810-29031		0		0			0	0	0	0	
91810-29041		0		0		0	0		0	0	
91820-29001			0	0	0		0				
91820-29011			0	0	0	0	0	0			
91820-29021			0	0	0		0	0	0		
91820-29031			0	0	0	0	0	0	0		
91810-29051		0			0		0	0		0	
91810-29061		0			0	0	0			0	

1.2 연구 방법

기존의 CAD시스템에서 사용되었던 부품 정보를 표준화하고 표준화된 정보들 중 공통되는 부분을 추출하여 객체로 정의함과 동시에 정보의 추출 장치를 개발하여 활용한다. 각각의 설계에 관련된 객체들은 시스템이 제공하는 객체의 속성을 상속 받고 필요한 속성은 부가적으로 정의한다. 각각의 객체에는 제약 조건을 가하는 룰(예, "같은 색의 와이어를 동일 번들에 쓸 수 없다")과 필요한 정보를 추출하거나 변경하기 위한 프로시저(예, 번들의 길이 변경에 따른 와이어 길이 자동 산출)가 연결된다.

2. 전장 설계 시스템

전체 설계 업무들을 서로 관련이 깊은 것끼리 묶어 그룹으로 분류하는데, 여기서 하나의 그룹은 하나의 에이전트에 해당된다. 그리고 이 분류 작업은 에이전트간의 상관 관계를 최소화하는 방향으로 진행한다. 각각의 에이전트들은 객체, 룰, 프로시저로 구성되는 에이전트 모델을 갖는다. 전장 설계에서 쓰이는 특징 형상을 추출하여 객체로 선언함으로써 시스템의 유연성과 확장성을 높이고 코딩 작업의 편의를 도모할 수 있다. 예를 들어, 와이어링 편집기는 와이어의 경로 탐색, 조인 작업, 정보 산출을 위한 프로시저와 표현법을 포함하며, 와이어의 경로를 나타내는 번들 및 커넥터 등을 화면상에 나타내기 위한 그래픽 객체를 포함한다. 그리고 하나의 번들에는 같은 색의 와이어가 포함될 수 없다는 룰 등이 적용된다.

2.1 시스템의 구성

전장 설계 시스템을 기능별로 나누어 보면, 다음과 같이 네 개의 에이전트로 구성된다. 전기적 사양과 주변 제약 조건을 고려하여 전체적인 전장의 배열을 구성하는 와이어링 편집기, 전장 주변에 존재하는 부품들의 기하학적 정보 및 제약 조건 등을 생성하고 관리하는 환경 편집기, 정해진 배열에 대하여 번들의 경로를 생성하는 공간 탐색 모듈, 그리고 부품의 종류 및 수량을 고려하여 자재 및 자재 비용을 산출하는 부품 선택자가 그것들이다. 위의 네 부분 중 본 연구는 와이어링 편집기, 특히 설계 도면의 작성과 도면으로부터 정보 추출을 위한 부분에 중점을 둔다.

2.2 전장의 표현법

본 연구는 자동차용 전장에 대한 것으로 번들, 커넥터, 조인, 와이어, 터미널 등이 설계의 주요 표현

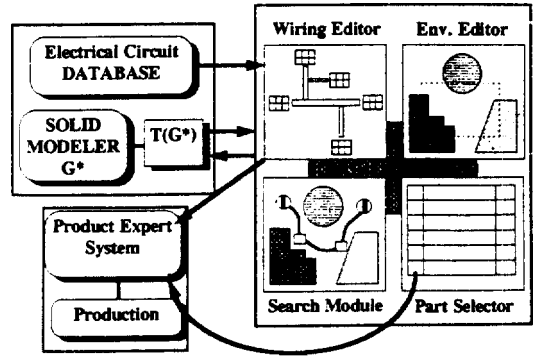


Fig. 1. 4 Modules of wiring harness design system: wiring editor, environment editor, wire path searching module, and part selector.

요소들이다. 전장 설계의 주요 문제 영역은 번들의 배열, 번들 커넥터간의 연결 관계, 조인의 위치 설정, 와이어의 연결 관계, 와이어 입착의 종류, 그리고 전체 자재 목록의 산출로 구분된다.

2.2.1 와이어

와이어란 부품과 부품간의 전기적 신호나 전력을 전송하기 위한 전선으로 제품의 사양에 따라 제품에 포함되기도 하며 제외되기도 한다. 와이어는 번들의 내부를 지나게 되며, 사양에 따른 부품의 존재 여부가 곧바로 와이어의 존재 여부를 결정짓는다. 따라서 와이어는 부품에 따른 옵션을 갖게 되며 옵션의 해석을 요한다. 예를 들어 Table 2에서 표시된 바와 같이 와이어 1, 2의 경우 'A' 라는 옵션을 갖는 사양의 제품에 포함된다. Table 1에서 볼 때 'A'라는 옵션은 'ABS' 부품을 나타냄을 알 수 있다. 그러므로 와이어 1, 2는 'ABS'장착 제품에는 항상 포함됨을 알 수 있다.

와이어의 조합에 따라 번들의 존재 여부가 결정되므로 와이어의 사양별 변화가 곧바로 전장 도면의 변화와 와이어 리스트의 변화를 가져온다. 와이어는 실제로 도면상에서 표시되지는 않으나 여러 번들 간의 연결을 통해서 그 경로를 알 수 있으며 중요한 특성값에는 길이, 끝 벗김 길이, 여유 길이, 굵기, 색, 재질, 터미널의 종류 등이 있다. 또한 와이어의 경로를 찾기 위한 특성값에는 양단에 연결된 커넥터와 그 사이에 연결된 번들 간의 연결 관계가 있다. 조인 와이어의 경우 조인 지점의 위치, 조인된 와이어, 터미널의 종류가 와이어의 길이 및 경로를 결정한다.

2.2.2 번들

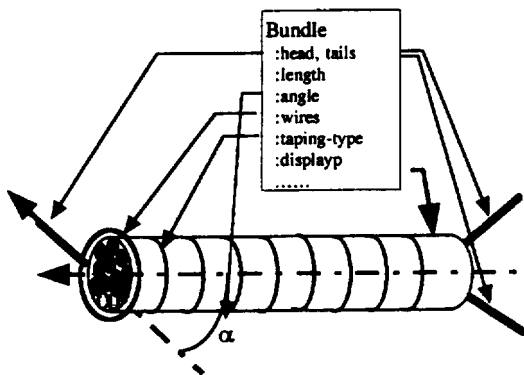
번들이란 와이어들을 감고 있는 다발로, 와이어들에게 나쁜 영향을 주는 주변 환경으로부터 와이어들

**Table 2.** A Wire Table: The wire NO 3 is 1.25 mm in its diameter, Red/White in its color, and AVSS in its wire coating type. Its origin circuit(connector) is a 'MAIN-HARN' (Main harness), and its destination circuit is a 'C/LOCK-ACT'(Central lock actuator). Its application is 'B', which means that the wire is included in an optional part with a 'B' component.

NO	SIZE	COLOR	TYPE	CIRCUIT	APP	
1	0.5	LGB	AVSS	MAIN-HARN	ABS	A
2	0.5	RL	AVSS	MAIN-HARN	ABS	A
3	1.25	RW	AVSS	MAIN-HARN	C/LOCK-ACT	B
5	0.3	YW	AVSS	MAIN-HARN	O/S MIRRPR	E
6	0.3	GY	AVSS	MAIN-HARN	O/S MIRRPR	E
7	0.3	LW	AVSS	16	O/S MIRRPR	E
10	0.85	LY	AVSS	MAIN-HARN	C/LOCK-ACT	B
11	0.85	L	AVSS	MAIN-HARN	C/LOCK-ACT	B
12	1.25	B	AVSS	16	C/LOCK-ACT	A-GH
13	0.3	B	AVSS	MAIN-HARN	C/LOCK-ACT	G
14	0.5	GW	AVSS	MAIN-HARN	WASHER	C+D
15	2	YR	AVSS	MAIN-HARN	WASHER	C+D
16	2	B	AVSS	MAIN-HARN	WASHER	C+D
17	1.25	RW	AVSS	MAIN-HARN	WASHER	C+D
18	0.5	L	AVSS	16	DR UNLOCK SW	G
19	0.5	B	AVSS	MAIN-HARN	DR UNLOCK SW	G
20	1.25	BR	AVSS	P/PWDW-MTR	P/PWDW-SW	C+D

**Table 3.** A Connector Table: The Main Harness ('Main-Harn') is connected with the bundle named 'B1', and its symbol type varies according to its option.

NAME	HEAD	SYMBOL TYPE
MAIN-HARN	B1	((C-D LH-20) (BC+BD LH-140) (AC+AD SDH-100))
DR UNLOCK-SW	B6	((G LHS21-1))
O/S MIRROR	B9	((E LHC-31))
P/PWDW-MTR	B12	((C+D SWH21-1) (ADJ AH-131) (ACI CXH-91))
SPEAKER	B11	((NIL LH-21))
TWEET-SPKR	B14	((NIL LH-21))
P/PWDW-MTR2	B19	((ADI AH-131))
P/PWDW-SW	B18	((BC+BD LHC-31))
C/LOCK-ACT	B23	((H NKH-41))



**Fig. 2.** Bundle representation.

을 보호해 주는 역할을 한다. 도면상에서는 와이어의 경로를 표시함과 동시에 그 외의 특성을 표시하기 위한 단위 중 그 특성이 구별되는 최소한의 단위를 말한다. 번들은 그 내부에 하나 이상의 와이어를

포함한다. 번들의 길이, 방향, 내부 와이어들, 절감기의 종류 등이 주요한 특성치들이다. 번들의 배열과 위상 관계에 의해 와이어의 경로나 길이, 전장의 배열이 바뀌게 된다. 번들은 방향성을 갖는 벡터로 기억되며 도면상에 표시될 때에는 이웃한 번들과의 위상 정보로부터 위치 및 방향을 결정지을 수 있다. 이러한 번들의 벡터 표현을 포함한 위상 정보는 도면의 구성 뿐만이 아니라 번들 내부를 지나는 와이어의 경로 설정을 위한 방법도 제공한다. 이에 대한 설명은 와이어의 경로 설정 부분에서 설명한다. 번들은 내부에 와이어를 포함하지 않을 경우 도면에 표시되지 않으므로 전체적인 도면의 형상과 직접적인 연관 관계를 갖는다.

2.2.3 커넥터

커넥터란 전장의 끝에 붙어서 와이어와 부품을 접속시키는 장치를 말한다. 커넥터는 부품의 종류에 따라서 필요로 하는 전력과 전압이 다르고, 부품이

위치한 곳의 진동이나 방수 처리 같은 제약 조건이 다르기 때문에 각기 다른 형상을 갖는다. 커넥터는 종류에 따라 연결할 수 있는 와이어의 수가 다르고 또한 그 형상도 각기 다르다. 본 시스템의 구축을 위해서 기존의 CAD시스템에서 사용되었던 커넥터 정보를 이용하여 도면 형상 정보들을 본 시스템에 맞는 형식으로 변환하여 이용하였다(약 500여개). 커넥터는 각각의 형상을 나타내는 심벌과 커넥터의 각

홀에 연결된 와이어 정보를 갖는다. 커넥터는 사양에 따라 부품의 종류가 바뀔 경우 옵션 표현법에 따라 각각의 사양에 따른 심벌을 표시한다(Table 3의 'SYMBOL TYPE'). 커넥터는 연결된 번들의 위치나 방향에 의하여 도면상에서의 위치가 결정된다.

2.2.4 터미널

터미널이란 와이어의 끝에 압착되는 전도체의 단자로서 커넥터에 삽입되어 커넥터와 와이어를 연결시키며, 조인에 쓰이는 터미널은 와이어의 중간 지점에 위치해서 와이어와 와이어를 압착시킨다. 터미널의 종류에 따라 와이어의 벗김 길이가 정해지며 이와 관련된 정보는 표준화 되어 있다.

2.2.5 조인

일반적으로 한 와이어는 회로상의 전기적 신호를 한 곳에서 오직 한 곳으로 보낸다. 하지만 경우에 따라서는 두 개 이상의 곳으로 전기적인 신호나 전력을 보내야 할 경우도 있는데 이때에 조인이라는 방식을 취한다. 조인은 와이어의 중간 지점에서 와이어의 피부를 벗긴 상태에서 다른 와이어를 압착시킴으로써 전기적 신호를 공유하는 방법을 말한다. 조인은 제품에 필요로 하는 와이어의 자재를 절감하기 위한 것으로 와이어가 중복되는 부분을 없애기 위해 사용되었다. 이 조인 작업에 있어서 조인 지점의 설정은 전문가의 숙련된 경험을 필요로 하기 때문에 자동화 하기가 어렵다. 따라서 조인 지점의 설정은

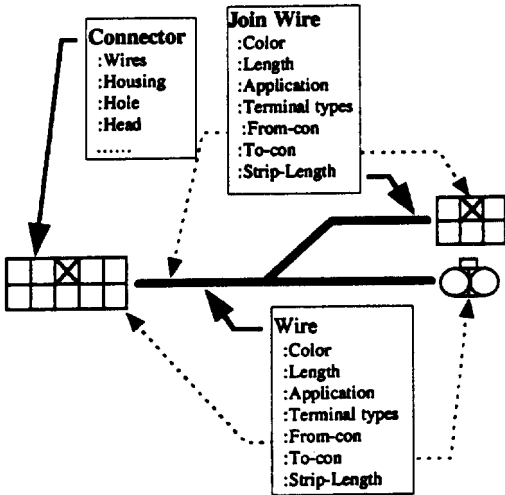


Fig. 3. Wire and connector representations.

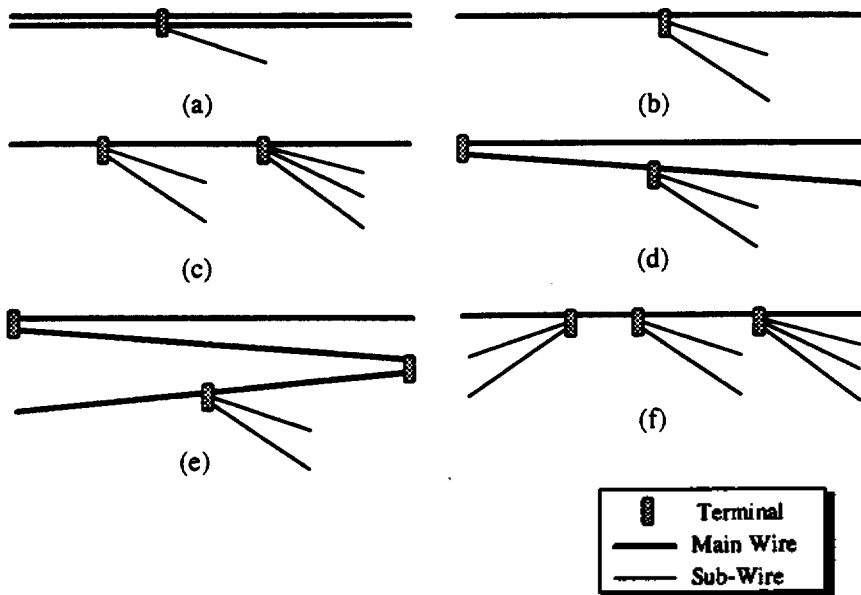


Fig. 4. Several types of the Join configuration.

전문가가 결정하되 시스템은 그 결정을 신속하게 할 수 있도록 돕는 역할을 한다.

### 3. 제품 정보 추출

#### 3.1 객체의 정의

객체란 여러 가지 특성을 포함하며 다른 요소들과는 구분되는 하나의 독립된 단위를 뜻한다. 전장 설계에 필요한 요소들에 대해 관련이 깊은 것 끼리 묶어서 객체로 정의하였고 그를 기반으로 전체 시스템을 구성하였다. 본 시스템은 객체 지향 시스템인 Concept Modeller (ver. 2.1)에서 제공하는 몇몇 객체들을 조합하여 정의하였으며, 그 외의 필요한 요소들에 대해서는 추가로 정의하였다. Concept Modeller는 3차원 형상의 기본 모델들(primitives)을 제공하며 각 모델들은 객체로 인식된다. 예를 들면 번들은 직경과 길이를 표현하는 원통, 테이핑을 구별하기 위한 해칭, 길이를 표시하기 위한 문자열의 세가지 요소로 도면상에 표시된다. 이들 세 요소들은 기하학적인 제약 조건(길이, 위치)을 주고 받는다. 이렇게 생성된 번들은 다른 번들과 연결 관계로부터 전체 도면에서의 위치가 결정된다.

#### 3.2 옵션 해석

옵션에 따라 전장의 배열이나 형상이 바뀌게 되는

데 옵션 해석을 통해 그 옵션 제품에서 쓰이는 와이어, 번들, 커넥터 및 그들의 종류와 크기 등을 정확하게 된다. 옵션을 포함할 수 있는 것으로는 사양에 따라 값이 변할 수 있는 번들의 길이, 와이어에 연결된 커넥터, 커넥터의 종류 등이 있다. 각각의 사양별 제품은 부품의 조합으로 만들어 지는데 이러한 부품의 사양(Table 1)과 직접적인 관련을 갖는 것이 와이어의 옵션(Table 2에서 'APP' 항목)이다. 따라서 와이어의 옵션값을 제일 먼저 해석하고, 번들과 커넥터의 옵션값을 계산하여 옵션에 따른 도면을 완성한다. 옵션 리스트는 옵션과 그에 따른 값을 요소로 한다. 그리고 옵션이 2개 이상 존재할 경우 이들의 집합으로 표시된다. Table 3에서 나타난 커넥터 심벌의 종류(symbol type)의 예를 들면, 'MAIN-HARN'의 경우 '((-C-D LH-20) (BC+BD LH-140) (AC+AD SDH-100))'와 같이 표현된다. 여기서는 옵션 3개('C-D', 'BC+BD', 'AC+AD')와, 그에 따른 심벌 3개('LH-20', 'LH-140', 'SDH-100')가 서로 쌍을 이루어 사양에 따른 커넥터 심벌의 종류를 결정한다. 알파벳 기호는 부품과 관련된 표시로 관련 부품이 설계에 포함되었을 경우 알파벳으로 표기된다(Table 1 참조). 단, '\*' 부호가 붙을 경우에는 그와 관련된 부품은 포함되지 않음("not")을 뜻한다. 각각의 기호들은 논리곱("and") 관계에 있으며 '+' 부호는 전후의 관계가 논리합("or")의 관계임을 나타낸다. 이 옵션과 함께 표기

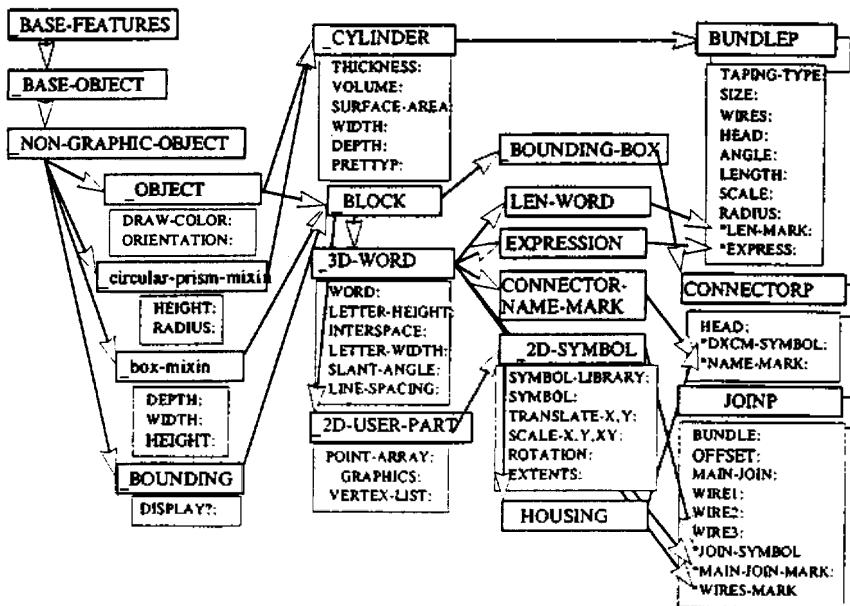


Fig. 5. Hierarchical representation for drawing parts and those slots.

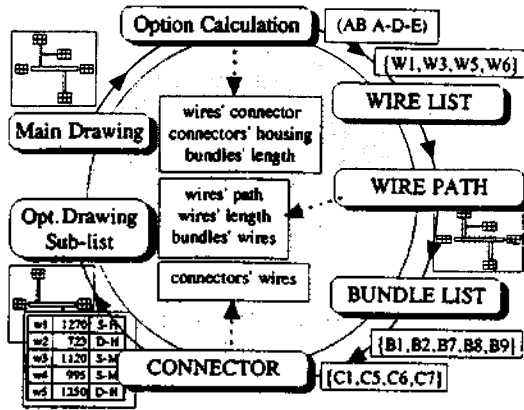


Fig. 6. A process for option-drawing generation.

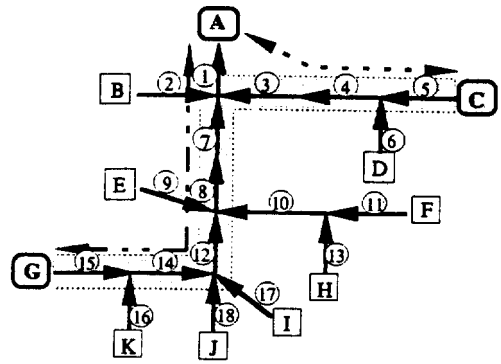


Fig. 7. Wire path finding with bundle representation.

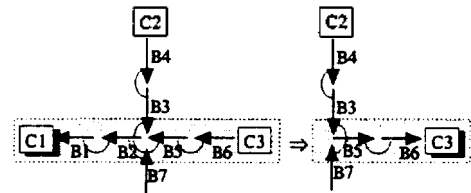
Table 4. An Example of Option Analysis(refer to the 'MAIN-HARN'connector in the Table 3)

OPTION		VALUE
-C-D	not(C) and not(D)	LH-20
BC+BD	(B and C) or (B and D)	LH-140
AC+AD	(A and C) or (A and D)	SDH-100

된 값들은 제품의 사양에 따라 변하는 값들이며, 와이어에 연결된 커넥터 명칭, 번들의 길이, 하우징 형태 등이 대입될 수 있다. 위의 옵션들은 다음의 Table 4에서와 같이 해석된다.

### 3.3 와이어 경로 탐색

와이어는 번들의 내부를 지나 두개의 커넥터를 연결하므로 와이어의 경로는 번들의 연결 관계를 통해 찾을 수 있다. 전장은 위의 설명에서와 같이 번들의 연결 관계머리(head) 부분에 연결된 번들 및 그것과 이루는 각도를 알 경우 표현된다. 즉, Fig. 7에서 보이는 바와 같이 모든 번들들을 하나의 커넥터로 향하는 방향을 갖도록 연결 관계를 설정한다. 여기에서 번들들이 향하는 중심점에 위치한 커넥터를 상단 커넥터(Top Connector)라 한다. 이와 같은 표현법을 사용하면 와이어 양단에 연결된 두개의 커넥터만 주어지면 와이어의 경로는 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 각각의 커넥터에서 머리(Table 3에서 'HEAD')에 연결된 번들로부터 상단 커넥터까지의 경로를 구한다. 여기에서 번들의 머리(head)를 반복해서 추적할 경우 상단 커넥터에 이르는 경로가 구해진다. 여기서 Fig. 7에 나타난 'C', 'G' 두 커넥터 사이의 경로를 탐색하는 예를 보기로 하자. 모든 번들들은 머리(head) 부분에 연결된 번들을 추적할 경우 커넥터



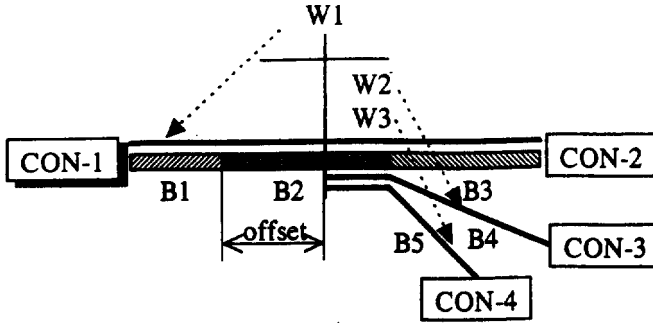
	Before Change		After Change		Remarks
	HEAD	TAILS	HEAD	TAILS	
C1	B1	X	X	X	[Removed]
C2	B4	X	B4	X	
C3	B6	X	B6	X	[New Top]
B1	C1	B2	X	X	[Removed]
B2	B1	B3, B5, B7	X	X	[Removed]
B3	B2	B4	B5	B4	HEAD
B4	B3	C2	B3	C2	
B5	B2	B6	B5	B3, B7	HEAD & TAILS
B6	B5	C3	C3	B5	HEAD & TAILS
B7	B2	X	B5	X	HEAD

Fig. 8. Operation when the top-connector is removed: change the head and tails of the bundles which are in the path of C2' C3.

'A'를 향하는 방향이다. 커넥터 'C'와 커넥터 'G'에 연결된 번들로부터 머리 부분에 연결된 번들들을 추적하여 각각의 경로에 있는 번들들의 집합을 구한다. 이때 커넥터 'C', 'G'를 잇는 경로는 다음과 같이 앞에서 구한 두 경로의 Exclusive OR관계를 통해 구해지는 번들들의 집합이다.

$$\begin{aligned}
 \text{PATH}(C,A) &= \{5, 4, 3, 1\} \\
 \text{PATH}(G,A) &= \{15, 14, 12, 8, 7, 1\} \\
 \text{PATH}(C,G) &= \text{XOR}(\text{PATH}(C, A), \text{PATH}(G, A)) \\
 &= \{5, 4, 3, 15, 14, 12, 8, 7\}
 \end{aligned}$$

위와 같은 과정을 통해 구한 와이어의 경로에 속한 번들들의 길이를 합산함으로써 와이어의 실측 길이를



wire	circuit		path-list	length	offset	join-B	term	
W1	CON-1	CON-2	B1, B2, B3	350				main
W2	W1	CON-3	B2, B4	230	150	B2	tml	sub
W3	W1	CON-4	B2, B5	190	150	B2	tml	sub

Fig. 9. Join representation.

산출하게 된다. 이 실측 길이에 현장 작업에서 경험적으로 구한 여유 길이와 커넥터에 따라 추가되는 여유 길이가 더해져서 와이어의 실제 절단 길이가 된다.

제품에 따라서는 초기에 설정된 상단 커넥터가 사라지는 경우가 발생한다. 이때 임의의 한 커넥터가 상단 커넥터가 되도록 번들간의 연결 관계(head, tails)를 바꿔준다. Fig. 8에서와 같이 커넥터 'C'이 사라질 경우 커넥터 'C3'를 상단 커넥터가 되도록 전환하면 위에서 설명된 와이어의 경로 탐색 작업이 가능하다. 여기서 'C1'과 'C3' 커넥터 사이에 있는 번들과 그것과 인접해서 연결(head, tails 관계)되어 있는 번들들에 대해서 커넥터 'C3'를 향하는 방향으로 머리와 꼬리의 연결 정보가 바뀐다(Fig. 8).

3.4 조인 작업

조인 작업에서 주된 관심은 조인 위치 설정에 따른 와이어의 절단 길이 및 압착 정보의 산출, 그리고 조인의 표시이다. 조인되는 와이어들, 기준 터미널(또는 커넥터)로부터의 거리, 그리고 터미널의 종류가 조인의 주된 특성값이다. 조인 작업에서 커넥터와 커넥터를 연결하는 선을 주선이라고 하며, 주선의 중간 지점에 연결되는 선을 서브선이라 한다. 일반적으로 하나의 주선에는 여러 개의 서브선들이 존재하며 한 곳 이상에서 조인이 이루어 진다(Fig. 4). 조인 작업은 작업자에 의해 조인 지점의 위치와 와이어 간의 접합에 필요한 터미널의 결정으로 이루어 진다. 이와 같은 작업들은 전문가의 숙련된 기술을 필요로 하기 때문에 관련 전문가에 의해 수행된다. 와이어들 중 조인 작업을 필요로 하는 선은 전체의 약 30~40% 정도이다. 이 조인 작업은 사양에 따라

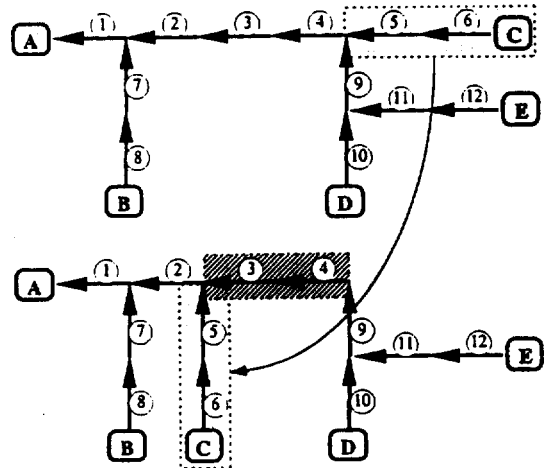


Fig. 10. Move Bundle Operation.

행해지며 와이어의 절단과 벗김을 결정하기 때문에 다음에 나타난 형태로 도면상에 표시되며 자재 목록에 기록된다. 조인 지점의 위치를 옮길 경우 주선의 스트림(피복 벗김) 위치와 서브선들의 길이가 변하게 된다. 따라서 조인 작업을 통해 조인의 위치를 옮길 때마다 관련 와이어들의 경로 및 길이를 다시 산출하는 작업을 수행해야 한다.

3.5 번들 배열의 변경

도면은 번들들의 배열을 통해서 구성된다고 하였는데 이러한 배열은 작업의 편의나 자재의 절감을 위해 재구성할 수 있다. 이를 위해서는 번들의 연결 관계를 바꿀 수 있도록 번들을 옮기거나 각도를 변경시키는 기능이 필요하다. 번들의 각도를 변경시킬 경우



(rotate bundle) 번들의 배열에 따른 도면의 형상만 바뀔 뿐 관련된 다른 정보의 변경은 없다. 그러나 번들을 옮길 경우(move bundle) 번들 내부에 포함된 와이어들의 경로와 길이, 그리고 바뀐 경로에 있는 번들이 포함하는 와이어들의 정보가 바뀌게 된다. Fig. 10의 예에서는 번들-5 및 그에 딸린 가지들이 번들-2로 옮겨진다. 이 작업을 통해 변하는 값들은 다음과 같다. (1) 번들-5의 머리(head), (2) 번들-4의 꼬리(tails), (3) 번들-5에 속한 와이어들의 경로 및 길이, (4) 번들-3과 번들-4의 와이어들 중 번들-5에 속한 와이어들이 삭제됨, (5) 번들-5의 와이어들 중 번들-4에 속하지 않은 와이어들은 번들-3과 번들-4에 추가됨. 여기서 (3)의 와이어 길이 변화량은 (4), (5) 작업에서 구해진다. 즉 (4)의 작업에 포함된 와이어들의 길이는 삭제된 번들들의 길이 만큼 감소하게 되며, (5)의 작업에 포함된 와이어들의 길이는 새로 포함된 번들들의 길이의 합 만큼 증가하게 된다. 위의 작업에서 바뀐 경로(번들-3과 번들-4)에 대해서만 정보를 수정함으로써 계산량과 탐색 공간을 줄일 수 있었다.

#### 4. 시스템 구현

본 연구를 통해 개발한 시스템은 ICAD사의 Con-

cept Modeller시스템(Ver. 2.1)을 이용하였다. 위 시스템은 객체 지향형 CAD시스템을 내장하고 있기 때문에 비교적 짧은 기간에 시스템을 구현할 수 있었다. 그리고 사용된 언어는 Lucid Common LISP이며, 사용된 하드웨어의 기종은 Sun-Sparc 10 워크스테이션(32MB RAM)이다. 도면의 작성을 위해 필요로 하는 정보(번들, 커넥터, 와이어들 간의 연결 정보)는 이전 설계 과정에서 작성된 것을 사용하였으며, 이러한 정보는 작업자가 시스템에 입력하게 된다.

자동차용 전장 부품의 경우 230여개의 번들, 70여개의 커넥터, 340여개의 와이어를 포함하고 있다. 여기에 각기 다른 80개 이상의 사양이 존재한다. 이들 각각에 대하여 도면 정보를 산출하고 도면을 작성해야 한다. 각각의 제품에 대한 초기 와이어 정보와 도면의 생성을 위한 계산 시간은 약 10분 정도 소요되었다. 도면 생성을 위한 정보는 파일 형태로 출력되며, 도면은 DXF 형식으로 출력된다.

다음의 Fig. 11~ Fig. 15는 간단한 도면에 대한 작업 예이다. Fig. 11은 전도로서 도면상에 표시가 가능한 모든 번들들을 보여준다(번들 33개, 와이어 29개, 커넥터 14개). 그리고 Fig. 12은 Fig. 11에서의 옵션 해석 후에 작성된 도면이다(번들 25개, 와이어 25개, 커넥터 9개). 이 사양별 도면에서는 커넥터의 각 홀에

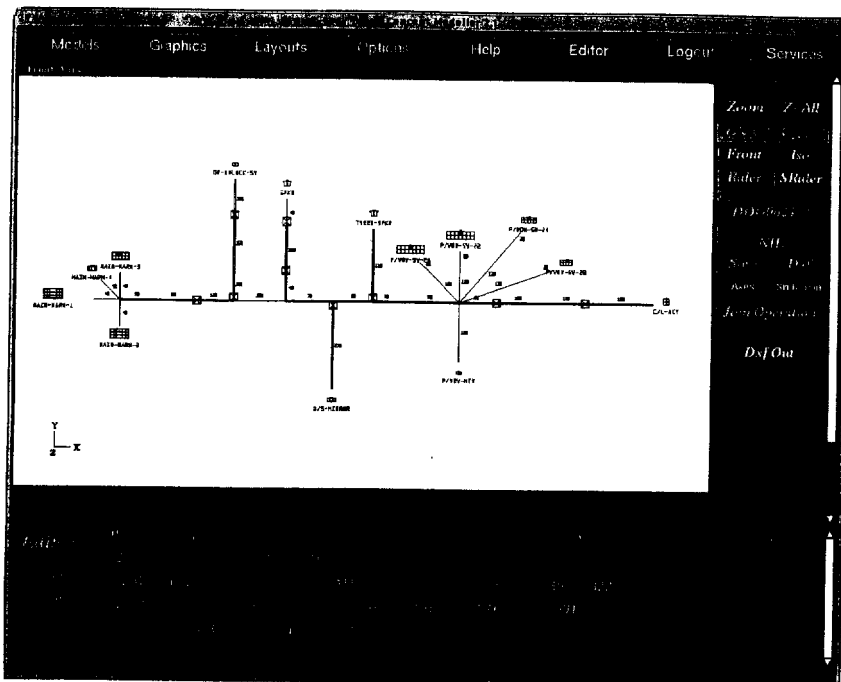


Fig. 11. A main drawing.

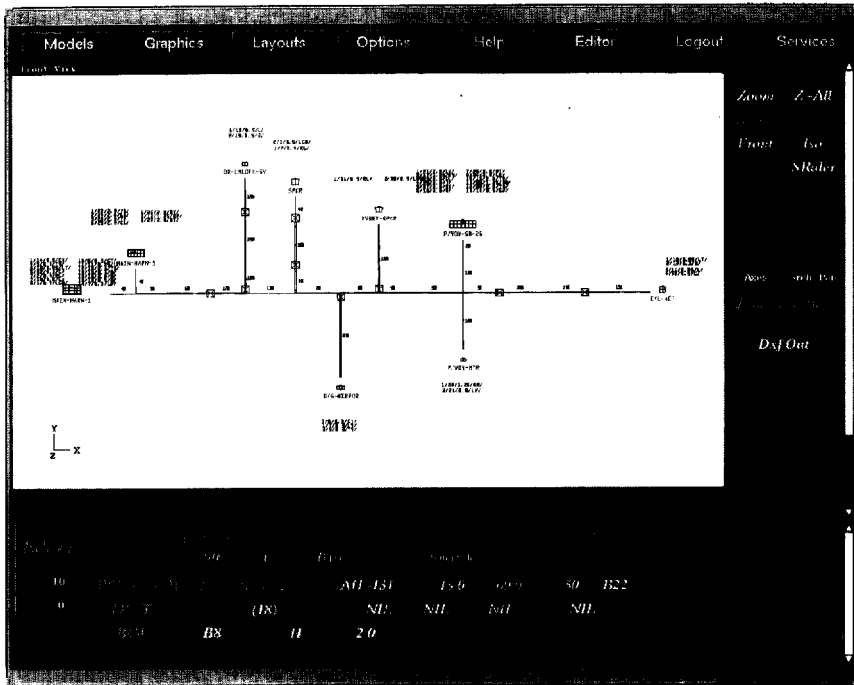


Fig. 12. A sub-part drawing.

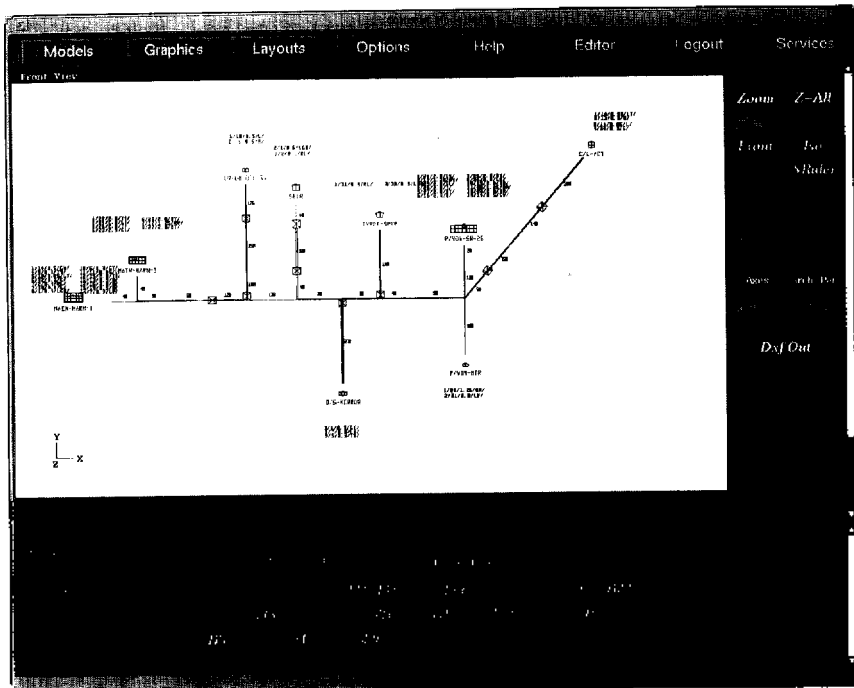


Fig. 13. An example of bundle rotation.

연결되는 와이어들의 정보를 보여준다(그림에서 커넥터 심벌의 상단에 표시된 문자열). 여기에는 커넥터

터에 속한 와이어들에 대하여 홀 번호, 와이어 번호, 와이어 직경, 색상 등을 표시하게 된다. 이것은 생산

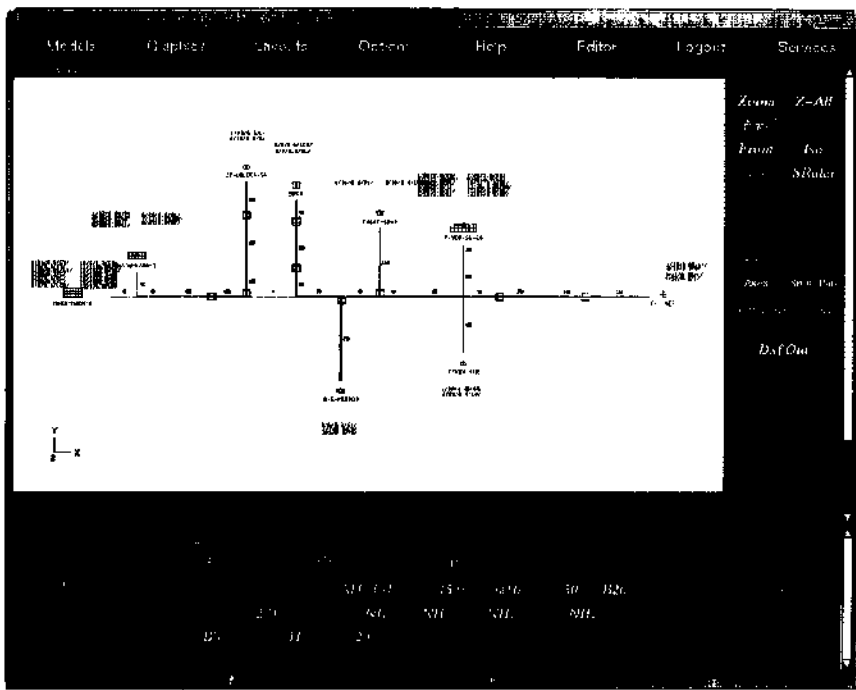


Fig. 14. A wire path before 'move-bundle' operation.

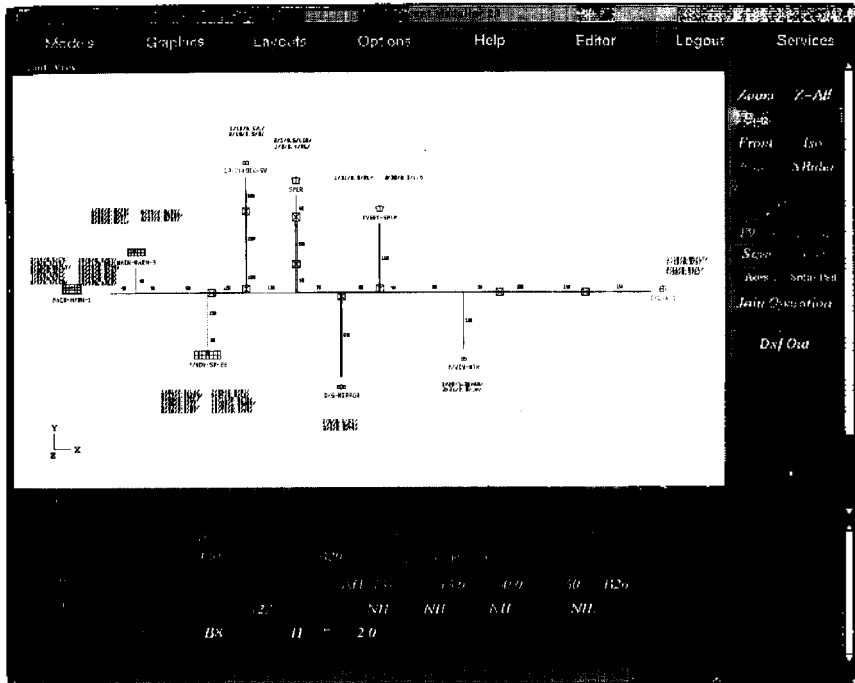


Fig. 15. A wire path after 'move-bundle' operation.

과정에서 작업자의 편의를 돕는다. 옵션 해석 후 필요 없는 번들들과 커넥터들이 삭제된 것을 볼 수 있

다. Fig. 13는 Fig. 12에 나타난 도면 중 한 번들의 각도를 변경시킨 것이다. Fig. 14은 두 커넥터를 잇는

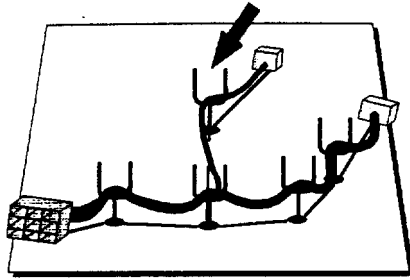


Fig. 16. A Jig-Pole Simulator.

와이어의 경로를 보여준다. 여기에서 도면의 우측 위쪽에 위치한 번들들을 좌측 아래로 옮긴 도면이 Fig. 15이며 Fig. 14에 나타난 와이어의 경로가 바뀌었을 알 수 있다. 또한 경로가 바뀜으로 해서 와이어의 길이도 바뀌었다(850 mm에서 340 mm).

## 5. 결 론

본 연구에서는 옵션별로 도면을 작성하고 자재 목록을 산출하기 위한 시스템의 개발에 대해 다루었다. 옵션 해석, 도면 작성, 그리고 자재 목록의 산출을 위한 복잡한 계산과 각각의 정보 산출을 위해 필요로 하는 작업들을 코딩하였다. 본 시스템을 이용할 경우 설계자들은 단순 반복적인 계산 작업에 소비하는 시간을 좀더 고차원적인 작업에 쓸 수 있다. 예를 들면 작업장에서의 수작업을 줄이기 위한 전장 배열의 개선 작업 등이 있다. 또한 와이어링 설계에 필요한 여러 정보들을 데이터베이스화하고 기존의 CAD시스템에서의 정보를 표준화함으로써 제품 설계 업체와 생산 업체간에 신속한 정보 교환을 이룰 수 있을 것으로 본다. 이로써 전장 설계자들은 자동차 생산 초기 단계에서의 잦은 설계 변경에 신속히 대응할 수 있으며 작업자의 사소한 실수로 인한 오류를 막을 수 있다.

향후 연구 및 개발 분야에 대해서 간략히 살펴보면 다음과 같다. (1) 와이어의 총길이, 하우징의 종류 및 수량 등을 데이터베이스화하고 가격 대비표를 작성함으로써 각 옵션별 제품의 가격을 산출한다. (2) 지그 폴 시뮬레이터를 통한 지그 폴 위치 선정 : 조립 과정에서 와이어를 안내하고 고정하는 지그 폴의 위치를 와이어의 수량이나 반경 등을 고려하여 미리 선정한다(Fig. 16참조). (3) 기능별 전장

설계 : 제품의 유지 보수 측면에서 제품의 기능별로 도면을 관리하기 위한 시스템의 개발이 필요하리라고 본다.

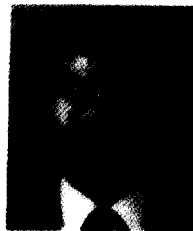
## 참고 문헌

1. Park, H., Conru, A.B., Cutkosky, M., and Lee, S.H., "An Agent-Based Approach to Concurrent Cable Harness Design" *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing(AI EDAM)*, No.8, pp.45-61, April, 1994.
2. Park, H., Lee, S.H. and Cutkosky, M.R., "Computational Support for Concurrent Engineering of Cable Harnesses" *Proceedings of the 1992 ASME International Computers in Engineering Conference*, San Francisco, CA, pp.261-268, August, 1992.
3. Park, H., "Modeling of Collaborative Design Processes for Agent-Assisted Product Design", *Ph.D., Dissertation*, Stanford University, pp.1-148, March, 1995.
4. Conru, A.B., "Genetic approach to the cable harness routing problem" *Proceedings of the 1994 IEEE Conference on Evolutionary Computation*, Piscataway, NJ, USA, pp.200-205, June, 1994.
5. 임성혁, 이수홍, "Extended RCA법을 이용한 자동차 전장 경로 설정 모듈의 개발", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제 1권, 제 1호, pp.33-44, 1996.



### 이 상 준

1995년 연세대학교 기계공학과 학사  
1995년~현재 연세대학교 대학원 기계공학  
학과 재학  
관심분야 : CAD/CAM, 지식기반시스템 설계, 동시공학설계



### 이 수 홍

1981년 서울대 기계공학과 학사  
1983년 서울대 기계설계학과 석사  
1991년 Stanford 대학 Design Division Concurrent Engineering 전공, 박사  
1991년~1992년 Lockheed Missile and Space Co. Cable Harness Design System 개발 Post-Doc.  
1983년~1994년 KIMM CAD/CAM실, 선임 연구원  
1994년~현재 연세대학교 기계공학과, 부교수  
관심분야 : 동시공학설계, 지식기반시스템 설계, DFM