

## 자동차 전장설계 옵션별 출도 및 관리시스템 개발

김원종\*, 이수홍\*\*

### A Development of Advanced Wiring Harness Design System for a Vehicle

Kim, W. J.\* and Lee, S. H.\*\*

#### ABSTRACT

The harness design process consists of repetitious routines to decide the wire configuration in its interior. A slight change in one of the wire's configuration will require a total reconfiguration of the entire wire system. Therefore, the harness design is extremely time consuming and is vulnerable to human errors by an engineer. Based on both electrical and mechanical area, Wiring Harness system is in complicated area. Existing systems are, therefore, not exactly suitable for practical use. This paper presents a novel framework for ameliorating existing system's defects. In this paper, Visio and Visual Basic was interfaced to process wire bundle information and wire bundle location to alleviate problems mentioned beforehand concerning harness design; at the same time developing the automation of the entire design process based on the feature based design method, optional print, and management of documents for reuse.

**Key words :** Wiring Harness, Optional Print

#### 1. 서 론

최근의 자동차 산업의 동향은, 자동차의 전자/전기적인 요소들이 이전보다 더 많은 비중을 차지하고 있으며 생산업체들은 전반적인 품질개선과 총비용의 절감 문제에 고심하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 이러한 요구사항의 충족과 보다 확실하고 보다 나은 품질의 획득을 위해 각각의 업체들은 많은 노력들을 해 왔지만 자동차의 전장품의 측면에서만 국한하여 보아도 시대적 상황을 일단락 지을 수 있는 눈에 떨 만한 체계적인 연구가 완벽히 이루어지지 않았던 것이 사실이다. 결과적으로 다양한 사양의 제품 생산을 요구하는 사회적 분위기에 따라 전장 설계는 점차 복잡하고 다양해 졌지만 그에 따른 설계환경의 비약적인 발전이 뒷받침되지 않음으로 해서 현실과 사회적 요구와의 차이는 훨씬 더 벌어질 수밖에 없게 되었다.

전장이라는 분야는 일반인들에게 그렇게 많이 알려져 있지는 않지만 실제 적용분야는 매우 광범위하다.

대적인 적용분야는 일반적인 자동차, 항공기, 선박 등의 소위 '탈 것'으로 분류되는 것들을 비롯해서 전투기, 전차, 일반/특수 병기, 미사일 등의 방위산업에까지 이른다.

항공기 전장(Wiring Harness)의 공학적 설계를 위한 시제품으로 First-Link System<sup>[1]</sup>이 소개되었는데 이 시스템의 특징은 모든 설계가 반드시 재설계를 필요로 하므로 재설계에 적합하도록 주어진 설계 문제를 분업화하였다<sup>[2]</sup>. 그 결과 이 시스템은 각기 다른 영역의 작업을 수행하는 에이전트들(환경 편집기, 자유 공간 관리자, 케이블 에디터, 부품 선택자)로 구성되어 있다. 또한 에이전트 기반 방식의 설계 공정 모델 개발의 연장으로 에이전트간의 상호 제약 조건을 효율적으로 처리하기 위한 Design Roadmap개념의 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>.

본 연구에서는 이러한 작업들의 연장선 상에 있는 것으로 특별히 전장 편집기에 대하여 다루게 된다. 이를 위해 번들(Bundle)이나 커넥터(Connector), 그리고 와이어(Wire)의 연결 관계가 결정된 후 번들(Bundle)

\*연세대학교 대학원  
\*\*연세대학교 기계공학과  
- 논문투고일: 2000. 04. 10  
- 심사완료일: 2003. 05. 02

들 간의 배열의 변경이나 선택된 배열로부터 생산에 필요한 정보들을 산출하기 위한 작업들을 수행하는 전장 편집기를 중심으로 다룬다.

## 2. 이전연구

와이어(Wire)의 다발은 몇몇의 번들(Bundle)로 구성되어 있으며 해당 와이어(Wire)가 어느 번들(Bundle)에 포함되어 있는지를 알기 위해서는 도면을 통한 추적이 필요하다. 이에 대한 여러 가지 개념들을 소개한다.

### 2.1 와이어의 추적

이는 케이블의 각 요소의 연결성을 유지하기 위한 간단한 수학적 조건을 역이용하는 것이다. 즉 전장 시스템을 구성하기 위한 방법론을 반대로 적용하여 와이어(Wire)의 배치를 이해한다는 말이다. 각각의 와이어(Wire)는 옵션정보를 자신의 속성값으로 갖고 있으며 옵션별 도면을 생성하는 과정에서 필요한 와이어(Wire)만을 남기고 나머지 들은 제거하고 보여줄 필요가 있다.

따라서 와이어(Wire)의 추적은 본 논문의 출발 지점이라고 볼 수 있다. 이는 후에 와이어링 하니스 설계 과정 중 SWAP-BUNDLE과 MOVE-BRANCH 작업등에 이와 같은 제약 조건 등을 검색하거나 유지보수를 위해서도 중요하며 그 밖에 배선의 구조를 알고 있어야 할 여러 가지 필요가 있게 된다. 기존의 연구에서 와이어(Wire)의 추적은 배타적 논리합(XOR)의 연산을 통해 이루어진다.

Fig. 1과 같이 구성된 트랜지션(Transition)이 있다고 할 때 와이어(Wire)의 구성은 배타적 논리합(XOR)을 이용하여 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$\{W\}_R = [\{W\}_L \cup \{W\}_B - \{W\}_L \cap \{W\}_B] \quad (1)$$

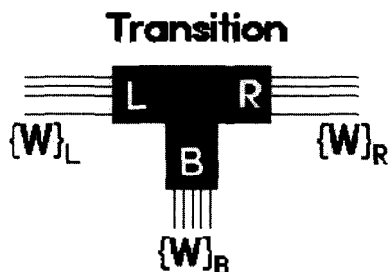


Fig. 1. Transition Definition,  $\{W\}_{bundle} = \{W\}_{Transition\ port}$

$$\{W\}_B = [\{W\}_L \cup \{W\}_R - \{W\}_L \cap \{W\}_R] \quad (2)$$

$$\{W\}_L = [\{W\}_R \cup \{W\}_B - \{W\}_R \cap \{W\}_B] \quad (3)$$

## 3. 트리구조를 이용한 추적

위의 이론은 매우 간단하고 쉬운 것이며 적용하기도 용이한 특징을 가지고 있다. 하지만 위의 이론에는 하나의 트랜지션(Transition)에 4개의 번들(Bundle)이 연결되어 있을 경우 해결할 수 있는 방법이 없다. 배타적 논리합(XOR)이라는 연산 자체가 두개의 항 사이에서 이루어지는 것이기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 가상의 트랜지션을 설정하고 3개의 번들이 연결된 두개의 트랜지션으로 만드는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법 역시 일시적인 대응책에 불과하다. 따라서 다음과 같은 대안을 제시하였다.

번들(Bundle)의 속성값 중에 Head-list라는 것이 있다. 이 속성값은 해당 번들의 앞에 어떠한 객체가 연결될 것인가를 말해주고 있는 것이다. 이를 바탕으로 해서 수형도로 나타낸 것이 Fig. 2와 같다.

이제 Table 1과 Fig. 2를 이용하면 특정한 와이어(Wire)를 포함하는 번들(Bundle)이 어느 것인가를 알 수 있게 된다. 예를 들어, 어떠한 와이어(Wire)가 C22에서 C25로 연결된다고 가정하자. 이때 C22에서 C25로 바로 연결되는 경로를 찾을 수는 없지만 C1에서 C22로 가는 경로[path(C1, C22)]와 C1에서 C25로 가는 경로[path(C1, C25)]사이의 배타적 논리합(XOR) 연산을 하게 되면 C22에서 C25로 가는 경로를 구해

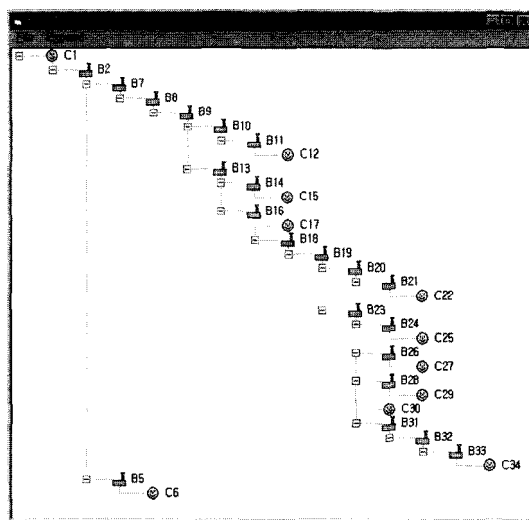


Fig. 2. 수형도로 표현된 Head List.

Table 1. Head List

Source	Head	Source	Head
C1	MAIN	B19	B18
B2	C1	B20	B19
B7	B2	B21	B20
B5	B2	C22	B21
C6	B5	B23	B19
B8	B7	B24	B23
B9	B8	C25	B24
B10	B9	B26	B23
B11	B10	C27	B26
C12	B11	B28	B23
B13	B9	C29	B28
B14	B13	C30	B23
C15	B14	B31	B23
B16	B13	B32	B31
C17	B16	B33	B32
B18	B16	C34	B33

별 수 있게 된다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$path(C22, C25) = path(C1, C22) \cup path(C1, C25) \quad (4)$$

구체적으로 나타내면 path(C1, C22)는 'C22, B21, B20, B19, B18, B16, B13, B9, B8, B7, B2, C1'가 되고 path(C1, C25)는 'C25, B24, B23, B19, B18, B16, B13, B9, B8, B7, B2, C1'가 된다. 이를

베타적 논리합(XOR)연산을 하게 되면 'C22, B21, B20, B23, B24, C25'의 결과를 얻게 되며 이 결과는 C22부터 C25까지 가는 와이어(Wire)가 지나가야 할 변들의 리스트인 것이다.

#### 4. 옵션별 도면의 생성

자동차 업계의 직면한 문제 중 하나가 기술의 차별화 전략에 대한 문제이다. 수출시장의 다변화와 소비자 욕구의 다양화는 다양한 사양의 제품을 요구하며 동일한 자동차 모델이라도 수출국의 환경이나 도로 여건 등에 따라서 또는 소비자들의 기호나 경제적 능력에 따라서 선택 가능한 사양의 조합은 달라진다.

Table 2는 H차에서 실제 사용하고 있는 도면의 옵션을 표현한 부분이다. 예를 들어 옵션 'A'는 ABS장착 여부를 나타내며, 옵션 'C'는 에어백(Air Bag)장착 여부를 나타낸다. 이때 Part No가 '91810-29030'인 제품의 경우 ABS는 장착되지만 에어백은 장착되지 않음을 나타내며(옵션 'ADF'), Part No가 '91810-29000'인 제품의 경우 ABS와 에어백이 모두 장착됨을 나타낸다(옵션 'ACDEHJ').

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 산출하고 도면을 작성해야 된다. 이러한 일련의 작업은 단순 반복적인 작업인 반면 옵션을 해석하는 과정에서 작업자

Table 2. Part Option Table

P/Name	ABS	C/LOCK-ACT	AIR BAG	DR UNLOCK SW	O/S MIRROR	WASHER	RR FOG	CRUISE	LDG	RHD
No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
91810-29000	○		○	○	○			○		○
91810-29010	○		○		○			○		○
91810-29020	○		○	○		○		○	○	○
91810-29030	○			○		○			○	
91810-29040	○				○	○				
91810-29050	○			○						○
91810-29100		○	○	○			○	○	○	○
91810-29110		○	○	○		○	○	○	○	○
91810-29120		○	○		○	○	○	○		
91810-29130		○			○	○				
91810-29140		○					○		○	○
91810-29150		○					○		○	○

의 실수를 유발시키기 쉽고 작업량이 많기 때문에 많은 시간이 소요된다.

경우에 따라서 극부적인 설계 변경이 옵션 해석 작업과 도면을 작성하는 전체 과정을 다시 요구하기도 한다. 예를 들어 커넥터(Connector)의 위치 변경이나 번들(Bundle)의 길이를 변경할 때 와이어(Wire)의 경로 탐색과 길이 계산 작업 및 도면을 다시 작성해야만 한다.

이는 제품 생산을 위한 전체 과정 중 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.

Fig. 3과 Fig. 4는 도면 상에서 이루어지고 있는 전반적인 이벤트와 정보들을 관리하는 Wiring Harness 관리자 프로그램이다. 본 프로그램은 도면상에서 일어나는 이벤트에 따른 대응방식을 가지고 있으며 도면상에서 정보교환을 위한 임시저장소[buffer]역할을

하게 된다(Fig. 3, Fig. 4).

### 5. 결 론

본 연구에서는 옵션별로 도면을 작성하고 자재 목록을 산출하기 위한 시스템을 개발하였다. 옵션 해석, 도면 작성, 그리고 자재 목록의 산출을 위한 복잡한 계산과 각각의 정보 산출을 위해 필요로 하는 작업이 가능하도록 시스템을 개발하였다. 본 시스템을 이용할 경우 설계자들은 단순 반복적인 계산 작업에 소비하는 시간을 좀더 고차원적인 작업에 쓸 수 있다. 예를 들면 작업장에서의 수작업 줄이기 위한 전장 배열의 개선 작업 등이 그것이다. 또한 전장 설계에 필요한 정보를 표준화함으로써 제품 설계 입체와 생산 업체간에 신속한 정보 교환을 이룰 수 있을 것으로 기대한다. 이로써 전장 설계자들은 자동차 생산 초기 단계에서의 잦은 설계변경에 신속히 대응할 수 있다. 향후 과제로는 본 시스템에서 고려하지 못한 3차원 경로설정 모듈에 대해 보다 심도 있는 연구가 필요하며, 자동차에 대한 분야뿐만 아니라 건축물 내부나 선박 내부의 배관이나 배선을 위한 시스템의 개발도 고려할 수 있다.

### 참고문헌

1. Hisup Park, Soo Hong Lee and Mark R. Cutkosky, "Computational Support for Concurrent Engineering of Cable Harnesses," Proceedings of the 1992 ASME International Computers in Engineering Conference, San Francisco, CA, pp. 261-268, 1992.
2. Hisup Park, Andrew B. Conru, Mark Cutkosky and Soo-Hong Lee, "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.
3. Hisup Park, "Modeling of Collaborative Design Processes for Agent-Assisted Product Design," Ph.D., Dissertation, Stanford University, pp. 1-148, March, 1995.
4. Andrew B. Conru "Genetic Approach to the Cable Harness Routing Problem," Proceedings of the 1994 IEEE Conference on Evolutionary Computation, Piscataway, NJ, USA, pp. 200-205, Jun, 1994.
5. 임성혁, 이수홍, "Extened RCA법을 이용한 자동차 전장 경로 설정 모듈의 개발," 한국CAD/CAM학회 논문집, 제1권, 제1호, pp. 33-44, 1996.
6. 이상준, 이수홍, "특징형상 기반 전장설계 시스템 개발," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제1권, 제4호, pp. 90-95, 1996.

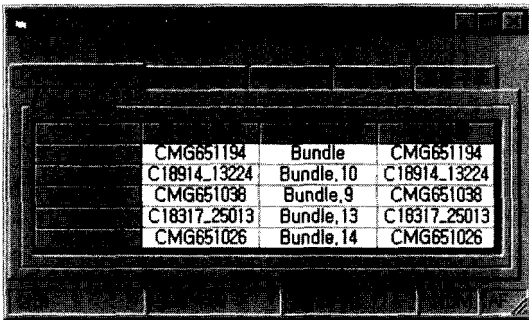


Fig. 3. Wiring Harness 관리자.

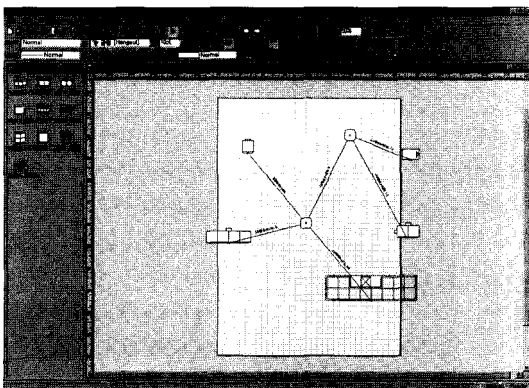


Fig. 4. Wiring Harness 관리자 예제.

**김 원 중**

1998. 2 연세대학교 기계공학과 졸업  
 2000. 2 동대학원 졸업  
 2000. 3 (주)유진전장 기술연구소 입사  
 2003. 3 LG전자 생산기술원 입사(현재)  
 관심분야: PDM, CAD/CAM, 디스플레이  
 이 패턴 검사 기술, Wiring  
 Harness

**이 수 홍**

1981년 서울대 기계공학과 학사  
 1983년 서울대 기계설계학과 석사  
 1991년 Stanford대학 Design Division  
 Concurrent Engineering 전공, 박사  
 1991~1992년 Lockheed Missile and  
 Space Co. Cable Harness Design  
 System개발 Post-Doc.  
 1983~1994년 KJMM CAD/CAM실, 선  
 임 연구원  
 1994~현재 연세대학교 기계공학과 정교수  
 관심분야: 동시공학설계, 지식기반시스템  
 설계, DFM