

전기실험 관련 인공과학실험실에서의 도구지식의 표현 및 추론

°차 삼 철, 변 영 태

홍익대학교 전자계산학과

Representation of Tools and Inference in Artificial Science Laboratory for Electrical Experiments

°Sang-Cheol Cha, Young-Tae Byun

Dept. of Computer Science, Hong-Ik University

요 약

전기실험 관련 인공과학 실험실은 중·고등학교 교과과정의 전기실험을 중심으로 한 임의의 모의 실험을 컴퓨터 상에서 가상적으로 진행 할 수 있도록 한 기존의 인공과학실험실에 기반한 시스템이다. 본 논문에서는 실험 진행을 위해 사용되는 도구 지식을 구조적으로 표현하였으며 실험 진행을 위한 도구간의 공간관계를 정의하였다. 그리고 실험의 전체상태를 나타내는 실험실 상황판의 도구간 관계정보를 통해 생성되는 계산 모델을 설계하였다. 계산 모델은 추론 진행의 조건이 되는 도구의 속성값을 결정하며, 이를 통해 추론을 효율적으로 진행 할 수 있다.

1. 서론

실험 시설의 부족, 입시 위주의 교육, 개개인이 해보고 싶은 임의의 실험을 할 수 없는 현실, 학생 개개인의 지식 정도에 따른 차등 실험 및 실험에 관한 지식 습득을 위한 1:1 교육 불가능 등의 우리 나라 과학 교육의 문제점을 고려 할 때, 실제의 과학 실험실을 사용하여 실험을 하는 대신, 컴퓨터에서 모의 과학 실험을 할 수 있도록 하는 가상 실험실의 개발은 꼭 필요하다. [1]

인공과학실험실-V(Artificial Chemistry Laboratory V : 이하 ACL-V) [2][5][6]는 컴퓨터 시스템 상에서 화학 위주의 임의의 실험이 가능하도록 지식 기반(knowledge base)을 통해 구현된 시스템이다. ACL-V 에서 실험도구를 위치시키면 도구와 시약 관련된 정보와 상호 공간관계 그리고 그에 따른 자연 법칙은 내부적으로 인과 모델[3]이 되고, 추론 엔진에 의해 상황 변화가 일어나며, 그것은 가시화 과정을 거쳐 사용자에게 보여 지게 된다. 이때 추론엔진은 사용자가 선택, 배치한 실험 도구들 사이의 관계와 사용된 시약에 따라 활성화 조건이 만족된 진행체(process)를 활성화하는 과정을 반복하게 된다.

전기실험 관련 인공과학실험실(Artificial Science Laboratory for Electrical Experiments · 이하 ASL-EE)은 ACL-V 를 기반으로 중·고등학교

교 교과과정의 전기실험을 중심으로 한 임의의 모의 실험을 컴퓨터 상에서 가상적으로 진행 할 수 있도록 한 시스템이다.

HP Interactive Experiment[9], Elcar[12], Meterch[13]와 같은 전기회로 실험 모의 시스템들은 실험에 사용되는 도구와 도구의 연결상태, 각 도구의 속성값을 변경할 수 없으며 단지 고정된 실험과정만을 학습하는 형태를 가진다. 그리고 CircuitTutor[11], 물리마을[10]은 도구의 속성값을 변경하여 이에 따라 변화되는 결과값을 관찰 할 수는 있으나 사용되는 실험 도구와 회로의 형태가 고정되어 사용자는 이미 설정되어 있는 실험만을 진행 할 수 있다. 그러나 ASL-EE에서는 사용자 접속기(user interface)를 통해 사용자가 실험 회로를 자유롭게 구성 할 수 있으며, 전기회로 실험 관련 지식 기반과 추론 과정을 통해 임의의 모의 실험을 진행 할 수 있다.

2 장에서는 전기회로의 표현을 위해 도구의 계층구조와 공간관계를 정의하였으며 3 장에서는 실험 도구의 속성값을 결정하기 위한 전기회로 계산모델의 생성에 대해 기술하며 4 장에서 실험예제를 살펴보고 마지막으로 결론을 내리도록 하겠다.

2. 전기회로의 표현

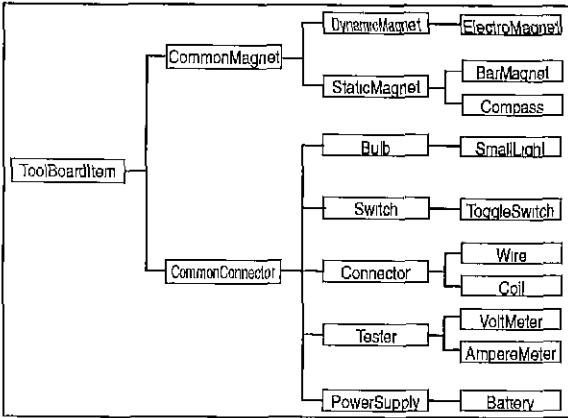
ASL-EE 는 ACL-V 의 지식표현 방법을 그대로 사용하고 있다. 존재하는 서로 다른 성격의 객체들의 정보와 지식을 공통된 성격을 가지는 객체들의 모임인 클래스 단위로 분할하여 효율적으로 표현

본 연구는 학술진흥재단(과제번호 961030105)의 지원을 받았음.

하고 그들 간의 상호 상속 관계에 따르는 계층 구조로 객체 지식기반을 구축하고 있다. 시스템에 필요한 모든 정보와 지식은 상속성(inheritance)을 지닌 계층 구조를 이루도록 하여 실험기구 각각의 사용 목적에 따라 공통된 속성과 멤버 함수들은 상위 클래스에, 그리고 고유의 속성과 멤버 함수들은 하위 클래스에 구현된다. 실험기구가 추가되면 그 실험 기구를 위한 새로운 클래스가 이 계층 구조에 추가되고, 필요에 따라 계층 구조가 변화될 수도 있다.

2.1 도구의 계층 구조

[그림 1]은 ASL-BE 에서 도구 지식 계층을 나타낸 것이다.



[그림 1] ASL-BE 에서 도구 지식 계층

각 실험 도구들은 속성(property)과 메소드(method)를 가지고 있는 클래스로 표현되어 있다 그리고 윈도우 메시지를 주고 받을 수 있어 사용자 입력 이벤트(event)를 처리하며 별도의 메시지를 정의하여 메시지 교환을 통해 자신의 속성값을 변화 시킨다.

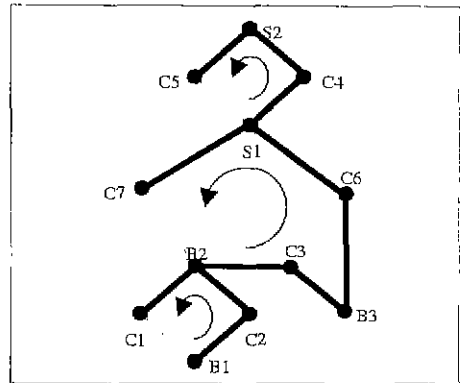
ToolBoardItem 클래스는 다른 도구와의 공간 정보를 위한 Relation 클래스와 Port 클래스를 가지고 있으며 사용자 입력에 대한 기본적인 이벤트 처리 함수를 가지고 있다. CommonConnector 는 도체(conductor)에 대한 기본적인 특성을, CommonMagnet 는 자기(magnetism)에 대한 기본적인 특성을 표현하는 클래스로서 ToolBoardItem 클래스를 상속 받는다. StaticMagnet 는 자성을 가지는 도구에 대한 클래스로서 사용 가능한 도구는 막대자석, 나침반이 있으며 DynamicMagnet 는 특정 조건이 만족되면 자기를 띄는 도구에 대한 클래스로서 전자석이 해당하는 도구이다 PowerSupply 클래스는 현재 15V 건전지를 도구로 가진다. 이밖에 전선에 해당하는 Connector 클래스 그리고 전압계와 전류계를 표현하기 위한 Tester 클래스가 있다

2.2 공간 관계 표현 언어

실험 구성 요소들 사이의 공간관계(spatial relation)는 실험을 진행하기 위한 후론에 매우 중요한 정보로 사용된다. ACL-V 에서는 In/Out 관계, Contact 관계, 상하좌우 관계, Connect 관계, 특수관계를 표현하는 5 개의 클래스에 대한 2 차원 공간 관계 표현 언어를 가지고 있다[4] ASL-BE 에서는 전류가 흐를 수 있도록 연결되어 있는 상태를 나타내는 ECONNECT 와 도구가 자기장내에 위치하고 있음을 나타내는 WITHIN 이 추가되었다

3. 전기 회로 계산 모델

ASL-BE 의 실험 도구들 중에서 CommonConnector 를 상속 받은 도구들은 기본적으로 전압, 전류, 저항, 전류의 방향을 속성으로 가지며 속성값이 고유한 도구와 실험이 진행되는 동안 결정이 되는 도구로 나뉘어 진다. 건전지는 모든 속성값이 고유하며 전구의 경우는 실험이 진행되면서 전압, 전류, 전류의 방향을 결정하게 된다 이때 전기회로를 구성하는 한 실험 도구의 속성값을 결정하기 위해서는 사용되는 모든 실험 도구들 중에서 같은 회로에 속하고 있는 도구들과 상호 연결 상태를 파악해야 한다. 후론엔진은 실험이 시작되면 계산 모델을 생성하여 실험실 전체 도구상태에 대한 정보를 유지하게 된다. 전기회로 계산모델은 실험실 상황관의 ToolBoardItem[7]을 정점(vertex)으로, ECONNECT 공간관계를 간선(edge)으로한 그래프(graph)를 기본으로 하여 생성된다. 다음은 계산 모델의 생성과정을 예들 들어 설명한 것이다 그리고 [그림 2]는 [그림 3]의 전기회로에 대해 생성된 확장트리이다.



[그림 2] 생성된 확장 트리

- ① 후론엔진은 전기회로를 구성하는 회로에 연결된 도구의 상태 변화를 발생시킬 수 있는 PowerSupply 클래스를 상속 받은 도구의 존재와 연결상태로 계산모델의 생성 조건을 검사한다 만약 조건을 만족하지 않는다면 계산 모델을 생성하지 않게 되며 이는 불필요한 계산 모델의 생성시도를 줄여 시스템의 효율을 높하게 된다
- ② 실험실 상황관의 첫번째 PowerSupply 클래스를 상속 받은 도구를 루트(root)로 하는 확장트리(spanning tree)를 깊이 우선 방식으로 생성하기 시작한다. [그림 2]에서는 B1 을 루트 노드로 하여 확장트리를 생성하게 된다.
- ③ 방문 리스트에 그래프를 순회하면서 방문한 정점에 대한 정보를 순서대로 저장한다
- ④ 확장 트리를 생성할 때 참여하지 않은 간선이 발생하면 이 간선의 양단 정점을 시작과 끝으로 하는 폐회로 리스트를 방문 리스트에서 추출한다. [그림 2]에서는 포인터가 C5 에서 S1 으로 이동하는 시점에서 확장트리에 참여하지 않은 첫번째 간선이 발생된다. 이때 방문리스트는 "B1-C2-B2-C3-B3-C6-S1-C4-S2-C5"이며 S1 과 C5 를 시작점과 끝점으로 하여 생성된 폐회로 리스트는 "S1-C4-S2-C5"이다. 방문 리스트에 삽입된 정점은 자신의 지식 정점에 대한 순회가 모두 끝이 나고 나면 방

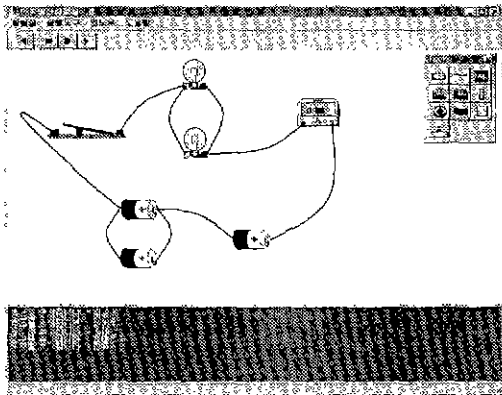
문리스트에서 삭제된다.

- ⑤ 확장트리를 생성하고 폐회로를 결정하는 일련의 과정은 실험실 상황판의 모든 ToolBoardItem 에 대해서 진행된다. 전기회로의 복잡한 정도에 따라 하나 이상의 확장트리가 발생되기도 하는 데 이때 폐회로 리스트는 각 확장 트리별로 유지하게 된다. [그림 2]에서 생성된 폐회로는 모두 3개로서 "S1-C4-S2-C5"와 "B2-C3-B3-C6-S1-C7" 그리고 "B1-C2-B2-C1"이다.
- ⑥ 폐회로에 대해서 키르히호프 전압법칙(Kirchhoff's voltage law)[8]을 적용하여 연립 방정식을 만들고 이를 풀어 도구의 전류값을 구하게 된다 회로가 복잡해지거나 한 회로에 여러 전원이 존재하는 경우에는 오옴의 법칙으로 회로를 풀어내기 어렵기 때문에 키르히호프의 법칙을 사용하게 된다

확장트리를 생성할 때 스스로 전압을 갖지 않으면서 저항값이 0이거나 무한대인 도구는 고려하지 않는다. 그리고 전선은 집계를 사용하여 전선간 직접 연결 가능한 도구로 그래프의 정점으로 처리한다

4. 실험 예제

ASL-EE는 Windows95 환경에서 C++ Builder 3.0를 사용하여 구현되었다. 사용자는 도구선택 윈도우에서 원하는 도구를 선택하고 적당한 곳에 배치한다. 전선의 연결은 도구선택 윈도우에서 전선을 선택하고 연결을 원하는 두 도구의 양쪽 연결 포트를 순서대로 선택하면 된다. 그러면 [그림 3]과 같은 스위치, 전류계, 1.5V 건전지의 직 병렬 연결, 전구의 병렬 연결로 이루어진 간단한 회로를 예를 들어, 폐회로를 찾아내고, 키르히호프의 전압법칙을 적용한 후의 도구의 속성값을 결정하는 일련의 과정을 살펴보자. [그림 3]의 회로를 구성하는 실험도구에서 실험 중에 속성값이 결정되는 것은 꼬마 전구 S1 과 S2 이다.



[그림 3] 전기회로의 예제

우선 추론엔진은 계산 모델 생성을 위해 PowerSupply 를 상속 받은 도구의 존재 유무와 연결상태를 조건으로 검사한다. 현재 건전의 수가 3이며 전전지가 공간관계 ECONNECT 를 가지고 있으므로 조건을 만족하여 계산 모델 생성을 시작한다. 가장 먼저 실험실 상황판에 삽입된 B1 을 루트로 하는 확장트리를 같이 우선 방식으로 생성한다. 그리고 이 확장 트리를 통해 세계의 폐회로를 구해 낼 수 있다. 세계의 폐회로에 키르히호프 전압법칙을 적용하여 생성된 연립방정식을 가우스-세이델 방법을 사용하여 풀어난 결과는 100V 의 저항값을 가지는 S1

에 대해 전류 0.03A 와 전압 3V 를 가지며 병렬로 연결된 S2 는 S1 과 같은 값을 가지게 된다. 회로가 복잡해져 전체 실험실에서 여러 개의 확장트리가 생성되어도 키르히호프 전압법칙을 각각의 확장트리에 대해 적용함으로써 처리가 가능하다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 화학 분야의 실험을 위주로 한 ACL-V 를 기반으로, 전기회로 실험을 컴퓨터 상에서 진행하기 위한 지식 기반과 프로세스에 대해서 설명하였다. 도구 클래스간, 실험실 모듈과의 메시지 교환과 사용자 입력 이벤트 처리가 가능한 도구 클래스를 설계하여 객체지향적 성격을 강화하였고 실험실 전체상태를 나타내는 계산모델을 사용하여 도구의 속성값을 결정하도록 하였다. 이를 통해 화학 위주의 임의 실험 모의를 위한 시스템인 ACL-V 의 지식기반의 구조, 시스템의 구조를 기반으로 전기회로 실험이 가능한 시스템을 설계, 구현하였다.

앞으로 ASL-EE 에서 가능한 실험 도구와 관련 프로세스를 추가하여 다양한 전기 회로 실험을 진행 할 수 있도록 하며 ACL-V 의 지식 기반을 통합하여 화학 전지의 도금과 같은 화학과 전기에 대한 지식 기반을 모두 이용 하는 실험이 가능하도록 시스템을 확장하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Lacy M E, "Artificial Laboratories", AI Magazine, AAAI, 1989.
- [2] 변영태, 이상훈, 박규동, "인공화학실험실-III 에서의 객체 지향 지식 기반 및 추론엔진의 구축", 정보 과학회 논문지, Vol 3, No 4, 1997
- [3] 강태인, 변영태, 이기철, "인공 화학 실험실에서 실험 구성 요소 기구의 배치에 대한 메타 지식", 지능기술 공동 학술 회의 발표 논문집, 1995
- [4] 윤용성, 변영태, "인공화학실험실-III 에서 객체들의 2-D 공간적 관계를 나타내는 기호적 표현", 정보 과학회 춘계 학술 발표 논문집, 1996
- [5] 조성태, "ACL-V 의 구축 · 일반화학법칙 및 탄화수소 화합물의 표현과 처리를 위한 인공화학실험실의 확장", 홍익대학교 전자계산학과 석사학위논문, 1998
- [6] 김용상, "인공화학실험실에서 불균일 혼합물의 확장과 WWW 과의 연결", 홍익대학교 전자계산학과 석사학위논문, 1998
- [7] 박규동, "인공 화학 실험실-III 에서의 사용자 접속기와 추론엔진의 개발", 홍익대학교 전자계산학과 석사학위 논문, 1998
- [8] 박승배, "신 회로이론", 문운당, 1998
- [9] Hewlett-Packard Company, HP Test & Measurement Educator's Corner, <http://www.tmo.hp.com/tmo/na/edcorner/English/index.html>
- [10] Jason Tech, 물리마음, http://www.jasontech.com/html/sae/pps_menu.htm
- [11] CircuitTutor, <http://www.ue.uik.edu/cs/ieee-cd/ieeezip/002/cw.htm>
- [12] Training Resources for Electronics, ETCai, <http://etcai.pair.com/>
- [13] Mererch, ETCAI Products, <http://info.elf.stuba.sk/packages/pub/pc/educat>