

자유기고문

PCB Level EMC Expert System의 소개와 연구동향

곽호철 · 조성건 · 조일제

LG 생산기술원

요 약

전자/통신기기에 대한 전자파 장해(EMI/EMS) 문제를 제품개발 기간 내에 완전하게 해결하기란 이론만큼 쉽지 않으며, 전자기적 적합성(EMC)에 대한 지식이 충분하지 못한 회로/기구 설계자들은 전자파장해 문제를 반복적인 설계 수정 및 디버깅 작업으로 밖에 해결할 수 없는 골치 아픈 Black Magic으로 생각하고 있다. 그러나 분명히 전자기적 간섭(EMI) 문제도 이론 및 해석적인 접근으로 그 해답을 충분히 찾을 수가 있다, 본 고에서는 이러한 PCB Level에서의 전자파장해 문제를 해결하기 위한 체계적인 접근 방법과 오랜 현장 경험에서 나오는 EMC 전문가의 경험적인 지식을 통합한 인공지능형 EMC 전문가 시스템에 대한 소개와 연구개발 동향 및 극복 과제 등에 대해서 기술하고자 한다.

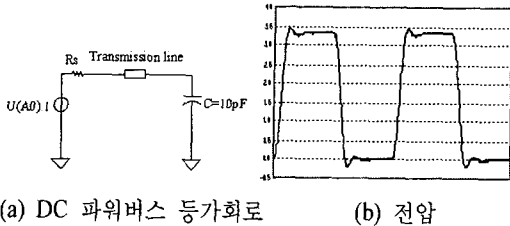
I. 서 론

국내외적으로 전자/통신기기에 대한 전자파장해(EMI/EMS) 문제를 수치해석기법(Numerical Analysis)을 통하여 풀어보려는 많은 시도들이 진행되고 있는 것이 최근의 추세이다. 하지만 EMC 문제에 가장 민감한 산업체에서는 짧은 제품 개발일정 내에 EMC 규격을 인증해야 함은 물론, EMC 부품 대책 비용의 절감이라는 2가지 과제에 항상 직면하고 있

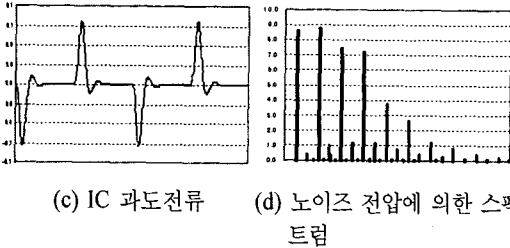
다. 산업체 현장에서 어느 정도 숙련된 경험을 가지고 있는 EMC 엔지니어라면, 전자파 장해(EMI/EMS) 문제를 해결하는 데 있어서 Maxwell 방정식을 이용한 수치해석적 분석이나, 상용 EDA(Electronic Design Automation) 업체들이 내 놓은 방사성(Radiated Emission) 전자파 강도를 예측하는 전자기적 모델링 소프트웨어에 대해 상당히 회의적인 시각을 가지고 있다. 왜냐하면 현재까지 회로/PCB/기구설계 관련하여 설계자나 EMC 엔지니어에게 부분적으로 설계를 하는데 있어서 도움을 줄 수 있는 많은 소프트웨어가 나와 있음에도 불구하고, 실제 FCC나 CISPR의 EMC 규격 테스트에 대한 결과를 정확히 예측할 수 있는 소프트웨어를 기대하기란 어려운 것이 현실이며 제품개발 일정 내에 쉽게 사용할 수 있는 편이성, 즉, EMC 전문가가 아니라도 손쉽게 EMC 결과를 정확히 예측할 수 있도록 해주는 시스템이 나오지 않았기 때문이다.

또 다른 이유는 EMI 시험 자체가 안정적이며 재현성 있는 프로세스가 아니라는 것이다. 현재 EMI 시험에 대한 재현성의 향상을 위한 연구와 기술개발이 끊임없이 이루어지고 있지만 결코 산술적인 해답을 얻을 수 있는 쉬운 문제는 아니며, 정량적인 결과를 예측하기가 어렵다.

물론 기준에 나와있는 해법들을 잘 이용한다면 전자파장해 문제 해결을 위해 반복적이고 시행착오적인 디버깅만으로는 쉽게 얻을 수 없는 정보를 충



(a) DC 파워버스 등가회로 (b) 전압



(c) IC 과도전류 (d) 노이즈 전압에 의한 스펙트럼

[그림 1] IC과도 전류 및 전원플레인 임피던스를 이용한 다층기판에서의 DC 파워 버스 노이즈의 평가

분히 얻을 수 있다. 예를 들면 PCB 회로에서의 기생 인덕턴스나 커패시턴스의 값을 자동으로 계산할 수 있으며, 방사성 전자장치의 응답을 나타낼 수 있으며, 전류 분포를 결정하고, 누화(crosstalk)를 계산하며 차폐 합체(enclosure)의 효율을 평가할 수 있으며 또한, 설계상의 간단한 오류를 발견할 수 있다.

$$V(n) = 20 \times \log \left[\frac{I_{cc}(n) \times |Z(n)|}{10^{-6}} \right]$$

(식 1) 파워버스구조의 노이즈 전압 스펙트럼 계산식

그러나 EMC 모델링 소프트웨어가 몇 dB 범위 이내의 오차를 가지고 EMI 시험의 결과를 예측할 수 있기를 기대하는 것은 현재까지의 솔루션으로는 어려운 것이 현실이다. 이러한 산업계의 EMC 해결 방법에 대한 고민이 시발점이 되어 대외적으로는 지난 90년대 후반부터 PCB Level에 대한 EMC 대책이 활발히 논의되어 왔으며, 미국의 UMR(University of Missouri-Rolla)을 중심으로 산업체간의 컨소

시엄을 구성하여 숙련된 EMC 전문가가 제품 설계를 평가·개선하는 것과 같은 결과를 유추하기 위해 지금까지의 여러 해석적 솔루션을 조합하여 새로운 형태의 인공 지능형 EMC Expert system을 만들고자 하는 연구가 산업계와 학계의 공동 노력으로 진행되고 있다.

II. EMC 해석 기법의 종류

기존의 EMC 해석을 위한 컴퓨터 소프트웨어의 범주는 분석적 모델링 기법(Analytical modeling codes), 수치해석적 모델링 기법(Numerical modeling codes), EMC rule checker 등의 3가지로 나눌 수 있다¹¹⁾.

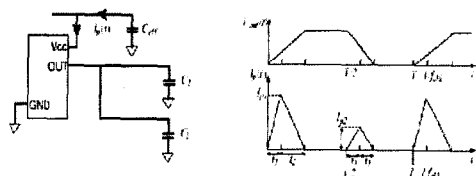
2-1 분석적 모델링 기법

분석적 모델링 기법은 EMC 엔지니어나 회로 설계자가 EMC 문제를 해결하기 위해 이미 결정된 간략화된 기본 방정식을 이용하는 것이며, 신호 배선 사이의 혼신(Crosstalk)이나 인쇄회로기판(PCB)의 파워버스잡음(Power bus noise)을 계산하는데 쉽고 빠르게 이용할 수 있는 반면, 제한된 함수 기능을 가지고 있어 각각의 EMC 문제에 대해 올바르게 적용되었는지를 확인하는 것은 사용자의 판단에 달려 있다.

$$\Delta V = \frac{I_{p1} \times t_1}{2C(t_1)} + \frac{I_{p1} \times t_2}{2C(t_2)}$$

여기서,

$$C(t_1) = C_0 + \sum_{i=1}^m \left(\frac{C_i}{1 + 2L_i C_i / t_1^2} \right)$$



[그림 2] 파워버스 잡음회로 및 전압 전류 특성

$$C(t_2) = C_0 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{1 + 2L_i C_i / t_2^2} \right)$$

(식 2) 파워버스 잡음 노이즈 계산식

2-2 수치해석적 모델링 기법

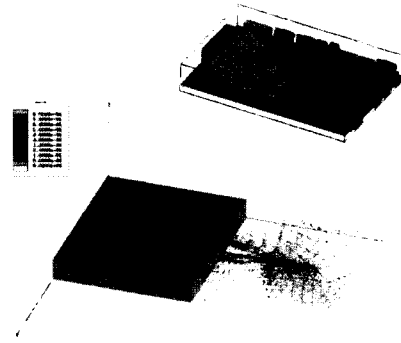
수치해석적 모델링 기법은 전자기적 간섭 현상의 근원(Source)의 위치와 그에 대한 응답을 결정하기 위해 적당한 경계 조건(boundary condition)을 필요로 하는 전자기장 방정식(Maxwell Equation)을 풀며, 특정 구조를 해석하기 위해 서로 다른 해석 기법을 적용하고 있다.

결과 예측에 대한 정확도의 우수성과 EMC 엔지니어가 특정 구조를 직접 모델링 할 수 있다는 장점에도 불구하고 극히 소수의 EMC 엔지니어만이 사용하는 이유는 문제 해결을 위해 EMI 발생 원인(source)이 잘 정의되어 있어야 하며, 이처럼 전자기적 간섭 현상의 원인(Source)을 정의한다는 것은 EMC 문제 해결 과정에서 가장 어려운 과제이다.

왜냐하면 보통 EMC 엔지니어가 수치해석에 필요한 매개변수, 즉 방사원인(Source)의 위치, 크기, 안테나 구조를 식별하고 확인할 수 있다면, 그 문제점은 수치해석 기법을 이용하지 않아도 간단히 해결될 수 있기 때문이다. 간단하게 정의된 특정 회로나 구조를 해석하는데 쉽게 이용할 수는 있으나, 실제로 부품이 장착된 복잡한 인쇄회로기판(PCB) 구조를 수치 해석적 기법으로 해결하기란 쉽지 않다. 또한 상대적으로 간단하게 잘 정의된 모델 구조가 식별 확인되는 경우일지라도, 사용자는 사용되는

<표 1> 주요 수치해석기법의 종류

수치해석기법	주 적용 영역
FEM (Finite Element)	Lossy, Non-linear 복잡한 구조
FDTD (Finite Difference Time Domain)	시간영역, 광대역 구조
Surface Integral	공진구조, 케이블구조



[그림 3] 수치해석기법의 예 (PCB Chassis 구조의 케이블 360° 접촉에 따른 EMI 저감 효과)

해석 기법 및 해석의 한계뿐만 아니라 응용 절차에도 익숙해져 있어야 한다.

2-3 Rule Checker 기법

회로설계 CAD로부터 기판의 Layout 정보를 읽어 들여 기본적인 EMC 설계 Rule에 위반된 사항을 찾아내며, 분석 및 수치해석 기반의 모델링 기법과는 달리 사용자가 기본적인 전자기장 모델링의 원리를 이해할 필요는 없으나, 그 반면에 설계자가 수동으로 주요 배선(Clock)을 식별해야 하며, 주요 신호 매개변수에 대한 정보를 입력해야 한다. 이는 사용자가 어느 정도의 SI/EMC 개념 및 원리를 알고 있어야 함을 의미한다. 또한 특정 설계 기준에서 주로 문제되는 설계 Rule 위반 사항이 다른 설계 기준에서는 경우에 따라 사소한 것일 수 있기 때문에, Rule 구축을 위해서는 제품/회로 특성 별 경험적인 EMI 가이드라인에 대한 데이터베이스를 가지고

<표 2> 기본적인 EMC Design Rule 예

SI Rule	EMC Rule
Edge rate < \$	Loop area size?
Net length > \$	Ground gap cross?
Trace width > \$	I/O Coupling net?

있어야 한다.

Ⅲ. EMC Expert system

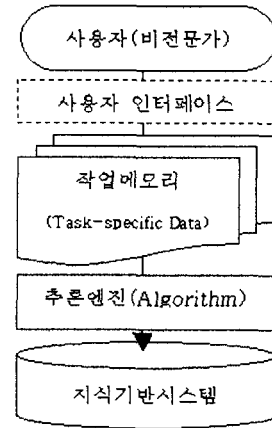
앞서 기술된 형태의 전자기장 모델링 기법들은 EMC 전문가에게는 강력한 도구가 될 수 있지만 현업의 EMC 엔지니어나 설계자에 의해서 널리 사용되지 못하고 있다. 이는 효과를 위한 학습시간에 대한 손실이 클 뿐만 아니라 필요한 지식과 경험이 오랫동안 축적되어 있어야 하기 때문이다. 이러한 문제점을 피하기 위하여 Expert system 개념을 적용시킨 새로운 EMC Expert 소프트웨어가 장기간에 걸쳐 지속적으로 개발 진행되고 있으며, 일부 기능은 상용화되어 출시되고 있다.

3-1 Expert system^[2]의 정의

이 새로운 경향의 기법은 EMC 분야에서 경험 있는 전문가의 **思考 프로세스**를 모델로 삼고 있으며, 전자기장 적합성(EMC)이나 회로설계에 대한 전문적 지식을 사용자에게 요구하지 않는다. Expert system의 근본 개념은 인간의 사고 프로세스에 필적하는 기계를 개발하려는 컴퓨터 과학의 한 분야인 인공지능(Artificial Intelligence) 분야로부터 근원을 찾을 수가 있다. 즉, Expert system란 EMC 전문가로부터 얻어지는 지식을 기반으로 어려운 결정을 내려야 하는 문제점을 풀기위해 사실과 경험적 지식을 이용하는, 인공 지능형 컴퓨터를 기반으로 하는 시스템으로 정의할 수 있다. EMC Expert system는 단지 결론에만 도달하거나 개선안을 제안하기만 하는 것이 아니라 사용자가 확신할 수 있는 수준까지의 EMC 해법을 제공하는 것을 최종 목표로 하고 있다.

3-2 Expert system의 특징

Expert system의 가장 큰 특징은 상호 대화형 사



[그림 4] Expert system의 구성

용자 인터페이스이다. Expert system은 문제에 대답하고, 그에 대한 해법을 설명하고, 대안을 제시하는 상호 대화형의 시스템 구조를 가진다. Expert system은 상당한 양의 지식 정보를 저장 또는 이동시킬 수 있는 기능을 가지고 있으며, 시스템의 최신 정보 갱신을 위해 기초 시스템 위에 지식 기반 구조를 확장하고 개선시키는 메커니즘을 지원하며, 저장된 지식 정보에 근거한 논리적 추론을 수행할 기능을 가지고 있으며, 상당히 전문적인 지식 정보도 지원하는 기능을 가지고 있다. 전문적인 지식 정보의 지원 정도는 기술적인 한계에 따라 달라 질 수 있으며, Expert system의 응용 범위가 확장 될수록 지식 기반 시스템은 확장된다.

3-3 EMC Expert system의 구성

Expert system은 작업메모리, 추론엔진, 지식 기반 시스템의 3단계 구조로 구성되어 있으며^[4], 사용자와 시스템간의 상호 대화를 위한 사용자 인터페이스를 가지고 있다.

3-3-1 작업 메모리

작업 메모리는 문제에 대한 특정 임무와 관련이

있으며 문제를 해결하기 위한 조건 집합, 문제를 기술하는 매개변수 등으로 구성되어 있다. Expert system에서 유일하게 그 때마다의 시스템 조건에 따라 변경될 수 있는 부분이다

3-3-2 추론 엔진

결론에 도달하기 위해 지식기반의 경험적 지식을 특정 임무형 자료에 적용시키는 제어 구조이다. 추론 엔진은 반드시 지식을 기반으로 추론하며, 관련된 문제 해결에 적절한 정보를 탐색한다.

3-3-3 지식 기반 시스템

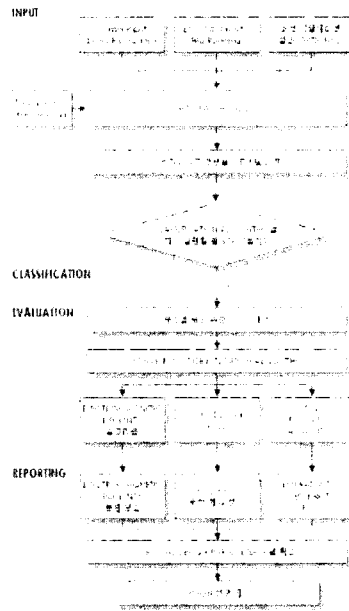
지식 기반 시스템은 EMC 전문가에 의해 제공되는 정보를 담고 있으며, 정보의 형태는 문제해결을 위한 원칙, 절차, 데이터로 구분된다. 또한 EMC 전문가로부터 획득된 지식을 컴퓨터 조작 형태의 정보로 변화시키기 위해 복수의 지식 정보 표현 방법을 사용하는 것이 필요할 수 있다.

3-3-4 사용자 인터페이스

이상적인 Expert system이란 일반적인 대화와 유사한 수준으로 운영되도록 설계된 사용자 인터페이스를 가져야 하며, 프로세스의 어느 단계에서도 문제에 적절한 입력 자료를 사용자가 입력할 수 있는 구조가 되어야 한다. 또한 결론을 도출한 방법 및 한계 수준에 대해 사용자가 문의할 수 있는 구조를 가져야 하며, 지식 기반 시스템을 직접 탐색할 수 있어야 하며, 사용자에게 문제 해결책 및 권고案뿐만 아니라 해결책에 대한 어느 정도의 확신을 주어야 한다.

3-4 기본 알고리즘 구조

EMC 엔지니어는 전자/통신기기를 설계할 때 전자기적 적합성(EMC) 규격의 통과 여부를 결정하는 요소로서 4가지 정도의 기본 정보를 입력하고 활용



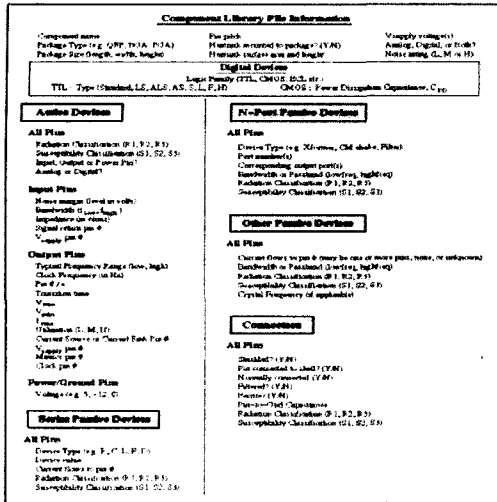
[그림 5] 기본 구조 및 알고리즘^[3]

한다. 기본 정보란 설계 정보(회로도, Artwork, 기구), 설계 가이드라인, 이전 설계 경험 자료, 수치해석 및 분석적 기법의 모델링 결과 자료 등이다.

- 설계정보(회로도/PCB Artwork/기구)
- 설계가이드라인
- 이전 설계 자료
- 시뮬레이션 모델링 자료

3-4-1 Data Input 단계

Expert system의 알고리즘은 EMC 엔지니어처럼 모을 수 있는 모든 설계 정보를 취합하는 것부터 시작한다. 기관의 구조에 대한 정보는 자동화된 기관 레이아웃 설계 CAD로부터 추출하며, 특정한 배선(net)에 대한 의도적이거나 비의도적인 신호에 대한 정보는 EMC 라이브러리 파일로부터 정보를 추출하며, 유사 제품 모델이나 특정 제품 모델에 대한 EMC 문제점에 관한 축적된 경험 및 지식 정보는 EMC 특성 파일에서 추출한다. 어쨌든 중요한 것은



[그림 6] EMC 라이브러리 파일 구조

```

*sample EMC Personality File
*Radiation Algorithms
**variable algorithm name weight
FR01 EM Radiation 1.0
FR02 I/O coupling 9.0
FR03 2-Driven cables 0.0
FR04 2-Driven H-sinks 0.0
FR05 2-Driven board 1.0

*Susceptibility Algorithms
**variable algorithm name weight
FR01 Crosstalk 1.0

*Design Rules built into algorithms
**variable algorithm name weight
FR01 long loop traces 2.5
FR02 mixed device nets 1.0

*Design Rules isolated
**variable algorithm name weight
FR01 conn on opposite sides 1.0

*Design Rules user-defined
**variable algorithm name weight
FR01 improper use of DAC 1.0

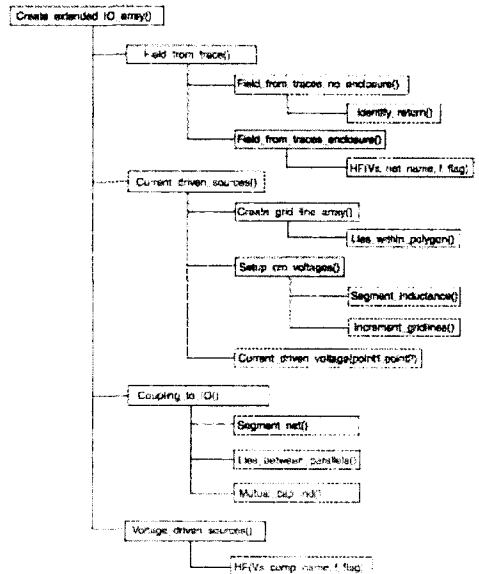
```

[그림 7] EMC 특성 파일 구조 예

일부 기능의 정보에 있어서는 사용자로부터의 정보 제공이 중요할 수 있다. 따라서 알고리즘은 필요할 때마다 사용자가 입력을 할 수 있어야 한다.

3-4-2 Classification 단계

일단 설계에 필요한 모든 정보가 취합이 되면, 배



[그림 8] 방사성 EMI 알고리즘 흐름도^[3]

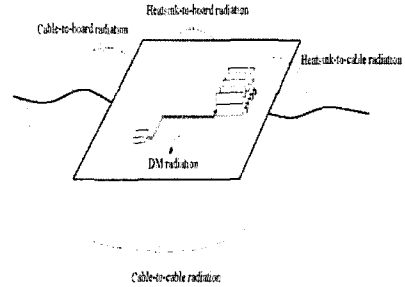
선분류(Net classification) 알고리즘이 수행된다. 기판 레이아웃 파일, EMC 라이브러리 파일, EMC 특성 파일로부터의 데이터를 이용하여 배선분류 알고리즘은 각각의 배선의 회로적인 기능, 잡음 이득, 파형, 신호 특성에 대한 정보를 결정한다.

3-4-3 Evaluation 단계

배선 분류 알고리즘을 거쳐 전체 알고리즘의 경로는 두 가지로 나뉘어 지는데 그 중 하나의 경로가 Design rule checker의 역할을 하는 알고리즘 단계이다. 이 알고리즘을 거치면서 다양한 설계 가이드라인을 가진 설계물의 규격 만족 여부(compliance)가 평가되며 설계 위반사항 등이 정량적인 등급으로 매겨진다. 또 다른 경로에서는 설계상의 중요한 구조가 식별되고 평가되는데 실제 EMC 엔지니어가 설계구조에서의 안테나 구조를 찾고 그 안테나 구조를 구동 시키는 방사 원인을 찾으려고 하듯이 서브루틴이 구동된다.

3-4-4 Reporting 단계

Expert system 내부의 모든 서브루틴은 일단 기관에 대한 평가가 끝나면 실제 기관을 설치하고 동작시켰을 때 얼마나 많은 양의 전자파가 방사할 것인가를 추정하기 위해 저장된 모든 정보 데이터를 취합한다. 추정 데이터는 실제 안테나를 이용한 EMI 측정 시험에서 얻어지는 결과와 유사하게 주파수에 따른 방사성 전자파 전계 강도의 세기를 나타내는 그래프 형태로 기록된다. 또한 문제되는 부분을 클릭함으로써 확대시킨 윈도우 창을 불러오고 그 EMC 문제점에 대한 간단한 해법을 제시한다.



[그림 9] PCB의 방사성EMI알고리즘 구조^[6]

IV. 개발 동향과 극복 과제

4-1 최근 개발 동향

4-1-1 연구 분야

Top-Level Algorithms

- Net classification algorithm
- Power bus decoupling algorithm Radiated EMI Algorithms
- Differential current algorithm
- Current-driven CM algorithm
- I/O coupling algorithm
- Mutual LC algorithm
- Voltage-driven CM algorithm
- Enclosure algorithm Susceptibility Algorithms
- Crosstalk algorithm

현재 PCB Level의 EMC Expert system은 여러 H/W 및 S/W 업체 그리고 학계 공동으로 개발되고 있으며, LG생산기술원은 개발 초기부터 참여하고 있다. H/W 업체는 알고리즘 개발을 위한 과제 도출 및 실험 지원을 하고, 학계는 기본 알고리즘을 개발하고, S/W 업체는 그 알고리즘 Code를 적용한 상용

소프트웨어 시스템을 개발하고 있다. 연구단계는 Phase IV까지 진행된 상태로, 기본적인 방사성 (Radiated Emission) EMI 알고리즘 및 파워버스 디커플링(Decoupling) 알고리즘 등을 개발하여 상용 소프트웨어로 출시되어 있으며 현재 각각의 세부적인 알고리즘 제작 및 기존 알고리즘에 대한 평가 개선 작업이 진행되고 있다.

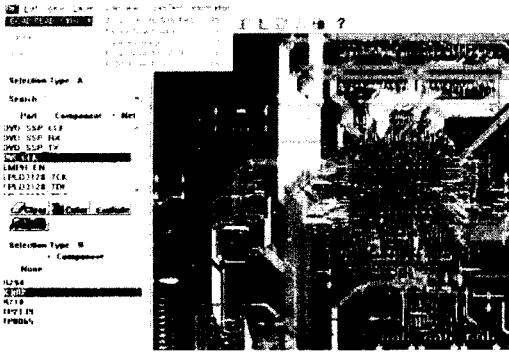
4-1-2 세부 연구 과제

본 LG생산기술원은 PCB Level의 Expert system의 기본 알고리즘 개발을 위해, 전자/통신기에 필요한 Power Decoupling Algorithm 등의 과제를 도출하여 UMR과 공동으로 진행하여 왔으며, 연구 결과를 실제 제품에 적용하고 있다.

[수행된 연구과제]

- Evaluate the effect of SMT decoupling capacitor location on multi-layer PCBs
- Characterize dominant EMI coupling paths for single-and double-sided PCBs
- Develop and quantify filtering designs at connectors for low-speed signals transitioning off the board on un-shielded cables

향후 공동 개발의 방향은 EMS 즉 Immunity에 대



[그림 10] PCB Level EMI DRC시스템 구현 예

한 알고리즘의 추가 구현 및 복잡한 인쇄회로기판 구조를 위한 알고리즘, 함체(enclosure) 알고리즘의 구현 및 기존 방사 및 파워 버스 알고리즘의 개선 등을 목표로 하고 있다.

또한 기본 알고리즘 개발 참여 이외에, 자체적으로 異種 회로 CAD/CAE File에 대한 Interface 개발 및 축적된 EMI 지식을 기반으로, EMI 문제를 빠르게 해결하기 위한 Design Rule Checker 시스템도 개발 중이며, 올해 말 상용화 예정이다.

4-2 극복 과제

진정한 의미의 EMC Expert system을 구현하기 위해서는 반드시 깊고 넓어야 할 몇 가지 난제들이 있다. 첫 번째로 기존 상용 레이아웃 CAD정보 변환을 위한 파일 정보의 호환성, 즉 레이아웃 정보 파일에 대한 인터페이스 호환 문제가 있다. 이 점은 Expert system의 상용화 및 범용화의 길에 있어서 가장 큰 걸림돌이 되고 있다. 두 번째로 각 전자 제품의 EMC 특성을 고려한 매개변수의 입력 형태 (IBIS 모델링, SI/EMC 시뮬레이션 데이터 등)가 사용자의 요구에 따라 다원화될 필요가 있으며, 효율적인 부품 라이브러리 데이터베이스를 구축하고 시스템의 일부로 구현하는 것이 시급한 과제이다. 또한 EMC 개념을 모르는 비전문가라도 누구든지 손

쉽게 이용하여 문제 해결을 도와 줄 수 있는 Expert system의 근본 목적에 부합하는 사용자 친화적인 구성으로 시스템 GUI(Graphic User Interface)의 개선도 있어야 할 것이다. 반면에 진정한 EMC 전문가를 위한 전문가용으로서의 레벨 이원화 개발도 필요로 하고 있다.

하지만 개발 및 기능 개선 과정에서 지속적인 오류 수정과 원하는 기능 추가가 이루어진다면 진정한 Expert system이 구현되는 길은 요원하지 않다고 생각한다.

V. 결 론

EMC Expert system은 사용자가 전자기적 적합성 (EMC) 제어 기술이나 기판 레이아웃, 회로 설계 기법 등의 세부적인 기술에 익숙할 필요가 없으며 실제 EMC 전문가처럼 내장된 알고리즘을 이용하여 실제 EMC 설계를 할 때와 같이 설계 가이드라인을 생성시키며, 전자파간섭의 원인 및 안테나 구조를 추정해 내는데 최대한의 능력을 발휘하여 설계를 평가한다. EMC 전문가처럼 내장 알고리즘이 특정한 문제점에 대하여 더 많은 정보를 가지면 가질수록 특정 분야에 대한 해석 능력은 더욱 더 효과적일 것이다. EMC Expert system은 사용이 용이하고 EMC 문제에 대해 신속하게 식별할 수 있는 능력과 가능성으로 인해 틀림없이 향후 EMC 엔지니어링 분야에서 주요한 역할을 담당할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] T. Hubing, J. Drewniak, T. Van Doren and N. Kashyap, "An Expert System Approach to EMC Modeling", *IEEE EMC Symposium*, 1996.
- [2] N. Kashyap, T. Hubing, J. Drewniak and T. Van Doren, "An Expert System for Predicting

Radiated EMI from PCB's", *IEEE EMC Symposium*, 1997.

- [3] T. Hubing, S. Ji, T. Van Doren and R. DuBroff, *Evaluation of Expert System Algorithms for EMC Analysis*, 1998.
- [4] Adedeji B. Badiru, *Expert Systems Applications in Engineering and Manufacturing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1992.
- [5] Ravikant Atreya, *Component Library Deve-*

lopment Software, 3rd quarter UMR EMC Consortium Technical Brief, 2000.

- [6] Hwan W. Shim, *PCB EMI Expert System Evaluation Status*, 4th quarter UMR EMC Consortium Technical Brief, 2002.
- [7] 광호철, "EMC Expert system의 소개와 개발방향(I),(II)", *Journal of Production Engineering*, vol. 3, no. 12, 2000, vol. 1, no. 1, 2001.

≡ 필자소개 ≡

광 호 철



1994년 2월: 인하대학교 전자공학과 (공학사)

1998년 8월: 인하대학교 전자공학과 전자통신전공 (공학석사)

1998년 7월~1999년 10월: LG생산기술원 EMC센터

1999년 10월~현재: LG생산기술원 실장기술그룹, EMC파트 선임연구원

[주 관심분야] EMI/EMC, Signal Integrity, RF/Wireless LAN, MAC Protocol Design

조 성 건



1990년 2월: 동아대학교 전자공학과 (공학사)

1990년 4월~1998년 12월: LG전자 생산기술센터

1998년 12월~현재: LG생산기술원 실장기술그룹 책임연구원, EMC 파트장

[주 관심분야] EMI/EMC, Signal Integrity

조 일 제



1986년 2월: 홍익대학교 전자공학과 (공학사)

현재: LG생산기술원 실장기술그룹장

[주 관심분야] Advanced Electronic packaging