

전자/기계의 융합(2) : 물리의 관점에서 포착한다

발제인 _ 민승재 _ 한양대학교 미래자동차공학과 _ seungjae@hanyang.ac.kr

많은 기계제품에는 전기전자부품이 포함되어 있어서 기계설계와 전기전자설계의 융합, 즉 일렉트로닉스/메카닉스 연계가 불가피하게 된 사실을 이전 회(제17권 제3호)에서 언급했다. 그런데 현재의 일렉트로닉스/메카닉스 연계는 컴퓨터의 발달에 따라서 기구설계로 발전해 온 CAD란 환경 위에 구축된 형태로 진행되어 메카닉스/메카닉스 연계의 영역을 탈피할 수 없다고 설명했다. 그렇다면 실제로 일렉트로닉스/메카닉스 연계는 어떻게 하면 실현할 수 있는가? 이번 회에서는 N-BREATS라는 방법론을 소개하고 이를 위한 방향을 설명한다.

진정한 일렉트로닉스/메카닉스 연계를 실현하기 위해서 중요한 것은 발생하고 있는 현상을 전기전자공학과 기계공학의 공통기반(기초)인 물리의 시점에서 포착할 수 있게 되는 것이다. N-BREATS는 이러한 사물의 관점으로 기술자를 인도하는 방법론의 하나이다. 일상 업무에 쫓기는 기술자는 아무래도 자신이 하고 있는 일을 중심으로 사물을 사고하는 경향이 있다. 이것은 확실히 자신의 전문분야만으로 사물을 포착할 수밖에 없는 것을 의미하므로 이러한 사실을 받아들임으로써 한번 기초영역이란 중립적인 영역으로 나가 본다. 이 기초영역에서 조망하는 행위가 물리현상으로

전체를 살펴보게끔 연결되는 것이다. 기술자가 학습하는 단계를 기초, 기본, 응용의 세 단계로 생각할 수 있다. (그림1) 기초란 고등교육과정에서 배우는 수준으로 전기전자공학이나 기계공학으로 구분되지 않는 공통기초인 물리학과 같은 것을 지칭한다. 기본은 이것과 달리 기계공학에서는 유체/열/재료/기계역학 등, 전기공학에서는 전자기학 등과 같이 각 공학의 전문교육 수준의 지식을 말한다. 이에 비해 응용은 고등교육

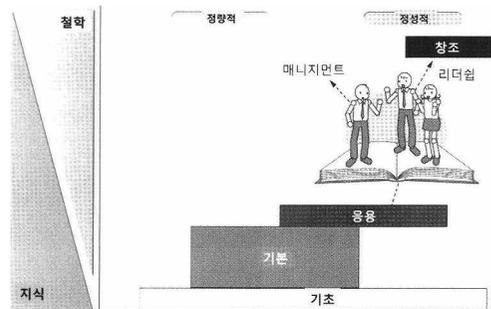


그림 1. 기술자의 학습 계층: 리더십은 두개 이상의 전문분야를 조망하여 종래의 틀에 머물지 않는 정성적인 사고로 새로운 부가가치를 창조할 수 있는 능력 또는 그러한 역할을 말한다. 한편 메니지먼트는 종래의 틀 내에서의 개선이나 관리를 수행할 수 있는 능력(여기서는 정량적인 사고에 기반한 능력이라 부른다) 또는 그러한 역할을 말한다.

이나 전문교육으로 익혀온 다양한 지식을 능숙하게 사용하는 수준을 가리킨다. 일반적으로 기초를 반복해서 기본을 습득하고 경험을 쌓아올림으로써 응용 수준으로 기술을 확장한다. 그러나 블랙박스화된 채 응용설계를 반복하고 사내에서 기본을 충실히 하는 과정을 생략함으로써 경력 10년 이상의 중견기술자가 되어도 자신의 전문분야의 기본조차 습득하지 못한 경우도 있다. 그 결과 응용을 지원하는 기본부분에 문제가 발생하여 새로운 부가가치를 창조하는 정성적인 사고의 세계로 나아갈 수 없게 된다. 즉, 기존의 틀 내에서 개선이나 관리란 사고(여기서는 이것을 정량적 사고라고 부름)에 입각한 기존의 연장선상의 개발과 설계밖에 수행할 수 없게 된다. 진정한 엘렉트로닉스/메카닉스 연계를 실현하기 위해서는 전기전자계 기술자라면 메카닉스, 기계계 기술자라면 엘렉트로닉스인 자신의 전문과는 다른 분야도 포함하여 기술을 조망할 수 있는 능력을 습득해 가는 것이 필요하다. 이를 위해서는 쌍방의 공통기반인 물리(기초)에 기반하여 기본영역을 확장하고 기존의 틀에 얽매이지 않도록 발상하는 습관을 익히는 것이 중요하다.

그렇지만 두개 이상의 전문분야를 조망하는 능력을 익히는 것은 간단하지 않다. 그래서 N-BREATHS에서는 정량적인 사고영역에서 효과를 발휘하는 프로그램(Type-A)과 정성적인 사고영역에 기반하여 진정한 연계를 실현하는 프로그램(Type-B) 두 종류를 준비하고 있다. 전자는 기존의 설계·개발 자산을 이용하는 것으로 설계·개발 대상의 개선을 목표로 하는 것이다. 한편 후자는 바람직한 이상을 명확히 설정하고 이를 실현하기 위하여 어떠한 기술이 필요한지를 물리의 시점에서 산출해 가는 능력을 익히기 위한 것이다. 예를 들면 그림 2와 같은 플라즈마TV의 설계·개발에

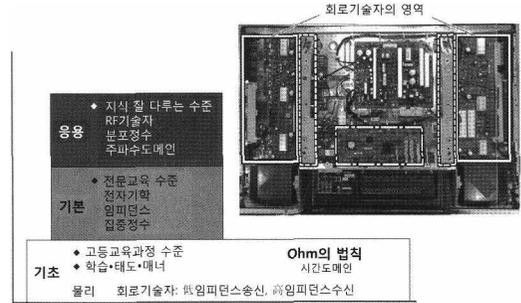


그림 2. 플라즈마 TV의 대략적인 회로 구성과 지식 기반

Type-A 프로그램을 적용하면 다음과 같다. 여기서는 엘렉트로닉스/메카닉스 연계에 있어서 중요한 테마의 하나인 EMI(Electro-Magnetic Interference)문제에 대해 설명한다.¹ 이 사례는 엘렉트로닉스/메카닉스 연계라기 보다는 고주파(RF) 기술자와 회로 기술자의 연계이지만, 회로 기술자와 메카닉스 기술자의 역할은 유사하여 Type-A 프로그램의 적용에 대한 이미지를 연상하는 것은 가능하다고 생각한다. 그림2의 오른쪽 위의 사진에 있어서 실선으로 둘러싸인 영역은 회로 기술자가 담당하는 전원회로를 중심으로 한 저주파회로(아날로그회로)이다. 근처의 점선 부분은 칸막이이고 이를 경계로 중앙에 탑재된 것이 일점쇄선으로 표시한 RF회로이다. 보통 플라즈마TV와 같은 플랫폼 디스플레이(FPD)는 최첨단의 고밀도 실장에 의해 전자부품이 뻥뻥이 탑재되어 있다고 선입견을 갖고 있으나 실제로는 그렇지 않다. EMI문제의 가해자가 될 수 있는 RF회로부는 일점쇄선 부분으로만 한정할 수 있다. 이 회로부는 점유면적은 작지만 기기전체의 성능을 좌우할 정도로 노이즈문제를 발생시킬 가능성이 높은 부분으로 엘렉트로닉스계 기술자와 메카닉스계 기술자 쌍방에 있어서 골치거리가 되고 있다. 많은 경우에 RF회로부에 기인한 노이즈가 문제가 되는 것은 RF회로부의 설계가 응용 수준이기 때문이다. 보통 아날로그 회로부는 고등교육과정 수준의 기초를 충실히 활용하면 회로전체를 문제없이 동작하도록 설계할 수

¹EMC(전자환경양립성)을 만족시키는 것이 EMI(전자간섭) 해소를 목표로 하므로 여기서는 후속의 문제라는 단어에 적합한 EMI라는 용어를 사용하고 있다.

있다. 이 때문에 메카닉스 설계와의 연관성도 높다. 이에 반해 RF회로부는 응용 수준의 설계가 되므로 전자 기학뿐만 아니라 양자역학, 전자공학, 전자물성공학 등 다양한 학문에 대한 이해가 필요하다. 그 결과 전자회로에 RF회로부와 아날로그회로부와 같은 영역 분리가 발생하여 각각의 블록을 개별적으로 발전시키는 모델화가 가속화 된다. 따라서 내부가 블랙박스화되기 쉬워져서 노이즈의 원인을 제거하는 것이 곤란하게 된다. 아날로그회로부의 경우는 신호의 전송속도가 느리므로 외부로의 노이즈 영향을 굳이 고려할 필요는 없다. 그러나 고주파를 다루는 RF회로부의 경우는 그렇지 않고 블랙박스에 의한 정보 결여가 문제가 된다. 이러한 문제에 대해서 Type-A의 접근으로는 노이즈 문제를 근본적으로 해결하지 못하고 대증요법적인 대책을 수행함으로써 설계 개선을 목표로 한다. 구체적으로 노이즈에는 "전도 노이즈"와 "방사 노이즈"의 두 종류밖에 없고 노이즈의 가해자가 되느냐 피해자가 되느냐의 차이를 포함해도 노이즈의 전달방법에는 네 종류밖에 없는 사실을 확실히 인식한 상태에서 "필터에 의한 노이즈 제거"와 "섀드에 의한 노이즈 차단"이란 제한적인 방법을 구사한다. 이때 섀드(Shield)는 전자기파 차폐를 목적으로 한다. 특히 전도계 노이즈는 반드시 기구설계에서 고려해야만 한다. 여기서 메카닉스 쪽 대책의 일례로 닌텐도의 게임기 "Wii"에서 실시한 노이즈 대책을 소개한다. Wii의 프론트 기판에 탑재한 방열핀의 뒷면에는 페라이트코어가 붙어있다. 일견 고무가 붙어있는 것 같지만, 실제로 이 페라이트코어는 프론트 기판의 GND층과 방열핀 사이에 끼어있어서 기판 GND층으로부터 방열핀으로 방사되는 노이즈 등을 차단하는 역할을 하고 있다. 여기서 중요한 것은

엘렉트로닉스쪽의 현상(특히 고주파영역)에서 발생하는 문제를 메카닉스 설계 정보로 확실하게 해결한 점이다. 따라서 이런 노하우를 포함한 사례를 축적하여 라이브러리화 함으로써 동일한 실수를 반복하지 않게 된다. 당연히 이 경우의 논의는 기초영역에 있는 물리 현상을 기반으로 수행한다.

Type-B 프로그램에서는 물리에 기반하여 기존 틀에 국한하지 않고 발상하는 습관을 익혀나간다. 이를 위해 실시하고 있는 것이 다음과 같은 게임이다. 예를 들어 기계와 전기의 일체 체제를 추진하는 자동차용 코일스프링 메이커인 마츠오제작소에서는 이러한 게임을 도입함으로써 유연한 발상을 습득하여 효과를 올리고 있다. 이 게임에서는 그림3과 같은 나무조각을 다수 준비한 다음 각각 나무조각 표면에는 한번 봐서 무언가를 연상할 수 있는 사물이나 수식 등을 적고 뒷면에는 일련 번호를 적어 둔다. 게임을 시작하면 나무조각의 숫자면이 위로 오게끔 임의로 배치하고 플레이어는 그 중에서 정해진 개수의 나무조각을 고른다. 그리고 그 나무조각 표면에 적힌 제목을 짜맞춰서 정해진 시간까지 생각을 거듭한 후 발상한 사물에 대해 제3자에게 발표하는 게임이다. 예를 들어 "△"과 "1"란 두 조각을 선택한 경우, 플레이어는 "삼각형을 종방향으로 적분하면 삼각 기둥의 만화경이 된다" 등으로 설명하거나 도형이 갖는 성질을 설명한다. 이때 표현 방법에는 제약을 두지 않는다. 여기서는 제3자를

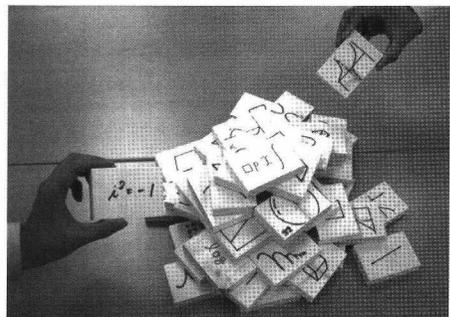


그림 3. Type-B 프로그램에서 실시하는 게임에 사용하는 나무 조각. 목판에는 여러가지 사물이나 수식 등이 적혀 있다.

납득시킬 수 있는 스토리를 도출하는 점을 중시한다. 이 게임에 국한하지 않고 N-BREATHS에서는 답을 가르치는 것이 아니라 답을 생각해 내는 것을 중요하게 여긴다. 그 과정은 길고 복잡한 경우가 많기 때문에 중간중간에 “여기서 한번 정리합시다”(이론적인 연결의 정리)라든지, “다른 관점에서 생각해 보면 어떨까요?”(검토의 심화)란 도움말을 반복한다. 결국 과거의 사례나 표준에 비추어 생각하는 것이 방법론의 핵심으로 확고한 근거 기준을 갖는 것이고 당연히 기초의 중요성이 증가하여 그것들을 익히는 기회도 늘어나게 된다. 그 결과 기초로 되돌아와서 기존 틀에 얽매이지 않는 사고가 가능하게 된다.

여기서 그림4와 같은 GPS(Global Positioning System) 모듈을 예로 기초로 돌아가서 생각하는 것의 중요성에 대해 살펴본다. 이 모듈은 그림4 오른쪽 위에 표시된 것과 같이 안테나, RF블록, 베이스밴드IC 세 가지 블록으로 구성되어 있다.² 만약 그림 왼쪽 아래와 같은 블록도를 기초로 동일 모듈의 EMI문제에 관해 검토한 경우는 FM(Frequency Modulation) 라디오로부터 GPS수신부로의 노이즈 혼입에 주목해 이에

대한 대책마련이란 사고에 빠지기 쉽고 이를 위한 대응은 Type-A의 범주에 머물기 마련이다. 실제로 FM 라디오로부터 다른 수신기에 노이즈가 혼입되는 것은 현재의 기술 수준에서 거의 전무하다고 말해도 좋다. GPS는 사실상의 표준으로 중간주파수를 10.7MHz에 설정하여 사용하고, 당연하지만 레벨다이아그램 설계 담당자가 FM라디오나 항공무선을 고려한 후 설계한다. 기본적으로는 현대역에서 회로가 설계되어야 하므로 노이즈가 혼입되기 어려운 장치라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 GPS를 탑재한 최신 디지털일반 사식카메라 등에서는 이러한 종류의 문제가 나타나기 시작하고 있다. 일반적인 EMI에 관한 검토로는 안 되는 것인가? 엄밀히 말해서 물리의 관점에서 보면 그것만으로는 충분하지 않다고 할 수 있다. 일반적인 EMI에 관한 검토에서는 앞서 말한 것처럼 대책 기반의 사고이기 때문에 예를 들어 FM라디오로부터의 영향을 보는 방식으로는 아무리 해도 제한된 포인트밖에 볼 수 없다. 이 때문에 FM라디오의 전송파 f_0 의 상측대파 $f_0 + f_1$ 과 하측대파 $f_0 - f_1$ 에서 떨어진 곳에 주파수 성분을 갖는 큰 노이즈는 예상하지 않는다. 당연히 예상외의 노이즈성분이 나타난 경우, RF블록의 IC는 그 대책에 해당하는 기술이 없다는 점이다. 디지털일반 사식 카메라탑재 GPS인 경우에는 그 안테나에 휴대전화용으로 개발된 것을 그대로 채용한 경우가 많기 때문에 직선편파밖에 수신할 수 없다. 결국 원래 GPS위성에서 송신된 원편파와의 차이가 손실을 발생시킨다. 이것은 케이스에 장착함으로써 감도가 떨어진 다거나 외부로부터의 노이즈 성분이 혼입되고 있다는 등의 초기조건의 착각의 혼란을 일으킨건지도 모른다. 물리적인 시점, 즉 기초에 기반해 생각하는 것이 어느 정도 중요한지를 시사하는 좋은 예라고 할 수 있다. 그러면 Type-B 프로그램을 이용하여 노이즈문제를 극복할 수 있을까? 보통 전자기계의 노이즈는 디지털회로에서 아날로그회로로 전달되는 경로를 갖는다. 그렇다면 디지털회로가 동작하고 있는 동안은 아날로그회

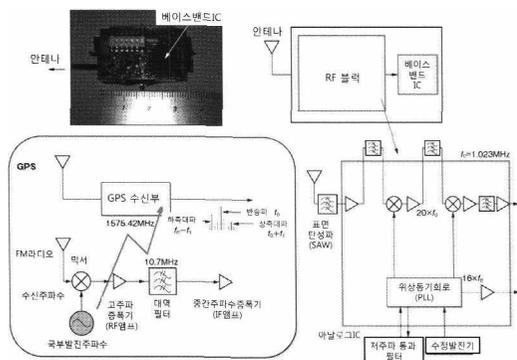


그림 4. GPS모듈 『GN-80』(후루노전기)과 EMI문제에 관한 검증방법.

² 최신 GPS모듈은 소형화로 인해 블록구성이 이해하기 어렵기 때문에 이전 세대 모듈을 그 대상으로 선정하였다.

로의 동작을 정지시켜버리면 어떻게 될까? 역으로 아날로그회로가 동작하고 있을 때에는 디지털회로를 정지시킬 수도 있다. 이론적으로는 전혀 문제없는 극복 방법이지만 실제로 이러한 방법은 사용하지 않는다. 아날로그와 디지털이란 두가지 전문분야를 정복할 수 있는 프로듀서적인 기술자가 늘어나면 이러한 해결책을 더 고안해 낼 가능성이 있다. EMI문제에 대해 보충하면 EMI는 회로도도 있더라도 눈에 보이지 않기 때문에 모델화를 할 수 없다. 따라서 적어도 이를 가시화하기 위하여 회로도에 나타나지 않은 공간 결합이나 선로 결합 등의 정보를 실장도, 회로도, 부품표인 가시화 3점 세트에 신경쓸 것을 추천한다.



본 기사는 한양대학교 미래자동차공학과 민승재 편집위원이 NIKKEI MONOZUKURI 2011년 5월호에서 발췌하였으며, 출판사인 Nikkei Business Publications, Inc.의 연락처는 다음과 같다.

Fax: 81-3-5210-8122, URL: <http://techon.nikkeibp.co.jp/Monozukuri>