

解 說

電氣工學側面에서 본 Biocybernetics

林 相 禧*

— 차 례 —

- 1. 緒 論
- 2. Cybernetics의 背景
- 3. 生體 system의 特徵
- 4. 生體 system의 制御機構
- 5. 結 言

1. 緒 論

최근 공학분야의 조류는 세분화됨과 동시에 종합화되고 있다. 특히 Norbert Wiener가 1948년에 cybernetics라는 말을 사용한 이후 이것에 바탕을 가지는 학문 분야들의 많은 발전과 확대는 주목할만한 일이다.

또한 많은 발전을 한 현대기술의 한계성을 탈피하여 보다 효과적인 인공 system을 구성하기 위해 그의 기본적인 자료를 추구하는 학문의 필요성이 점차적으로 요구되고 있으며, 여기에 따라 새로이 형성된 한 분야가 biocybernetics라 볼 수 있다.

그러므로 본고에서는 cybernetics의 간단한 배경을 먼저 살펴봄으로서 그 정의를 명백히 하고, 특히 전기공학과 관련지워서 다루워지고 있는 biocybernetics 분야의 일부인 biosystem에 대한 것을 소개하므로써 오늘날 발전하고 있는 생체공학의 이해에 도움을 주고자 한다.

2. Cybernetics의 背景

Cybernetics라는 용어는 어원을 따져 보면 희랍어의 Kybernetics(키를 잡는 사람)에서 만들어진 말이다.

Norbert Wiener (1894~1964)가 cybernetics를 제창하게 된 주위환경을 살펴보기로 한다.

① 사상적 배경 : N. Wiener의 cybernetics를 특징지워준 것은 Leibniz에서 Russell에 이르는 기호논리

학의 제보에 있다.

Wiener 자신도 가장 영향을 받은 철학자의 한 사람으로 Leibniz를 들고 있다. 인간의 학습성 및 창조성의 강조, 개인의 존중, 자유주의 등에 있어서 철학자로서 은사 Russell의 의견과 패턴을 같이 하고 있다.

② 통계학적 접근 : 미국 태생인 독창적인 물리학자 J.W. Gibbs의 통계역학에 Wiener의 경도는 cybernetics를 이해하는데 불가결의 열쇠이다.

③ 생물과학에의 관심 : Wiener는 생애의 학문으로 생물학을 선정하여 이것에 관심과 흥미가 깊어서 Harvard대학원에서는 동물학을 배우기까지 하였다. Cybernetics가 제어와 통신의 기초개념을 구사하여 생리학, 병리학의 분야에 새로운 시점을 도입하므로써 여러가지 현상의 해명에 중요한 역할을 하였다.

④ 공학과의 접촉 : MIT의 수학교실에서 학자생활의 대부분을 보낸 Wiener는 공학자와의 접촉은 당연히 많아서 전기공학, 통신공학, 제어공학에 깊은 관심과 지견을 가지고 있었다. 월터, 자동조준기의 설계에 관한 여러가지 업적이 있으며, 계산기에 대해서는 유명한 자동계산기의 원리적 요청을 명확히 하고 계산기 설계의 기본방침으로 (i) 디지털형, (ii) 전자판이용, (iii) 2진법, (iv) 자동적 논리판단, (v) 기억장치의 설정 등 5가지를 열거한 것은 유명하다.

⑤ 과학방법론 그룹 : Harvard대학 의학부의 생리학자 Arturo Rosenblueth을 위시해서 MIT의 물리학자들이 참가한 월례토론회가 자유로운 비판속에 행하여졌다. 이러한 그룹에서 cybernetics에 기원이 주어진 것을 Wiener는 술회하고 있는 것이다.

이와 같이 여러 방면에서 얻어진 지식으로서 수학을

*正會員 : 延世大學校 理工大學 電氣工學科 助教授(工學博士)

전공한 Wiener는 1948년 동물과 기계에 있어서의 제어와 통신이라는 부제를 부쳐 「Cybernetics」라는 저서를 내게 된 것이다.

그런데 이 cybernetics를 서구와 소련에서는 「제어의 과학」(science of control)으로 일본에서는 「정보과학」(information science)으로 다루어지고 있다. 오늘날 그 의미는 더욱 확대되어 예를 들면 자동장치와 조직체 같은 복잡한 system의 정보전송, 조절 그리고 제어의 과학으로 정의되고 있으며, 특히 생체에 관계되고 있는 뇌파의 해석, 의수 의족에 관한 보철술, 및 생체에 있어서 제어기구 전반에 걸친 것을 biocybernetics라고 해서 특수하게 다루고 있는 실정이다.

3. 生體 system의 特徵

생체 system과 그의 제어기구는 지구상의 모든 조건에 잘 조화하여 진화해서 우리들이 볼 수 있는 바와 같이 자연계의 질서를 유지하고 있는 것이다.

한편 현대 기술문명의 발달은 인공적으로 만든 system을 보다 잘 제어하는 것을 필요로 하고 있으며, 여기에는 생체 system의 훌륭한 제어기구에서 얻어진 것이 도움을 주고 있는 실정이다. 또 자연과 인공 system과의 부조화를 해결하는 방법에 대해서도 생체 system으로부터 좋은 시사가 얻어질 수 있으리라는 기대속에 연구가 계속되고 있는 것이다.

그러므로 이러한 생체 system의 특징을 간단히 살펴봄은 많은 도움이 되리라 생각한다.

생체 system의 첫째 특징은 적응성(adaptive)이다. 동적 평형이 생물의 기초가 되어 있는 이상 생체의 형태나 행동이 아주 광범하게 합목적성을 나타내고 있는 것은 주목할 가치가 있으며, 말할 필요도 없는 것이지만 이 생체 system이 최적의 상태를 향하여 다양하게 구조도 기능도 변화하는 성질을 가지고 있는 것이다.

또 둘째 특징은 생체 system의 용장성(冗長性, redundancy)이다. 인공 system에서는 경제성이 중요한 문제이므로 여유를 두지 않고 꼭 맞게 설계를 하는 것이 많다. 그렇지만 생체 system에서는 경제성에 관한 아주 낭비가 많아서 생체의 구성요소가 상당수 파괴되어도 그 기능을 유지할 수 있고 더우기 경우에 따라서는 수복(修復) 또는 재생이 이뤄지고 있다. 생체를 구성하는 다수의 세포는 다양한 기능과 구조를 나타내고 있으나 원래 정자와 난자라고 하는 2개의 생식 세포에서 분화된 것이어서 분자레벨에서 보면 구성소자는 모두 동일하다. 예를 들면 뇌는 종류가 많지 않은 일반성 있는 소자를 다수 준비해서 용장성과 같은 희생성을 치루고 기능의 범용성, 대상성(代償性), 신뢰

성을 실현시키고 있는 것이다.

생체 특징으로는 비선형성(nonlinearity)을 들 수 있는데 반드시 생체 system만의 고유성질은 아니지만 빼 수 없는 중요한 것이다. 엄밀히 말해서 생체에 나타나는 현상은 모두 비선형이라 해도 과언이 아닐 정도로 이 속에는 비선형성이 본질적인 의미를 가진 경우도 적지 않다. 예를 들면 신경세포의 흥분이나 기타 생체 일반에 자주 보이는 주기적인 현상도 비선형 없이는 성립하지 않는다. 또 발생, 분화, 형태 형성 등의 문제도 일반적으로 비선형을 고려하지 않고는 이해할 수 없다.

네째 특징으로 생체 system에는 계층성(hierarchy)이 있다. 이것은 구조적으로도 기능적으로도 존재하며 발전 단계를 대응하여 보면 분자—세포내 구조—세포—조직—기관—기관계—개체—집단이라는 레벨로 생각할 수 있다.

다섯째 특징으로 특이성(uniqueness)이 있다. 이것은 범용성의 기반에 세워진 특이성이 있고 구조의 특이성에 따른 것이 있다. 예를 들면 생식기관계는 생식을 위해 쓰여지고 있는 것이며, 소화기관계에는 직접 관계가 없다. 즉 생체내의 여러가지 system은 독립성을 가지고 있고 동일 계층속에서 병렬적으로 존재한다. 그리고 궤환에 의한 정보가 생체의 유지에 더 없이 중요하므로 생체 system은 다중의 제어회로로 결합되어 있는 것을 또한 잊어서는 안된다.

4. 生體 system의 制御機構

생체 system의 제어기구를 개체의 레벨에서 생각해 보기로 한다.

고등동물의 신체를 결합하는 제어기구에는 신경계와 내분비계라는 2가지 system이 존재한다. 이 양자는 뇌를 매개로 하여 결합되므로 신경—내분비 관련이라는 개념으로 이해되어야 한다.

신경계에서는 신경선유라는 긴 돌기에 의하여 신경세포가 다른 신경세포 또는 효과기나 수용기에 결합해지고 그 결합 형태는 직렬적이다. 신경선유의 말단은 신체의 주요부분에 아주 광범하게 분포되어 있어 거기에 전해지는 정보 또는 그로부터 오는 정보는 전기 화학적인 pulse 신호가 시계열적인 부호화로 되어져 있으며, 그의 내용은 뇌를 중심으로 하는 중추신경계에서 처리되는데 이것이 아주 짧은 시간내에 이루어지고 있는 것이다.

한편 내분비계는 신체 세부 구석구석까지 그물눈 모양으로 분포된 체액순환계를 매개로 하여 전신의 조직과 병렬적으로 결합되어 있다. 그러므로 신경이 신체

의 특정부위를 제어하기에 적당함에 대해 내분비계는 신체의 일부를 일양하게 제어하는 데에 적당하다. 신체내에 극부적으로 존재하는 몇 개의 내분비기관은 홀몬이라 부르는 물질을 체액순환계 속에 방출하고 전 세포에 일양하게 그의 정보를 전하고 있다. 신경정보에 비하면 홀몬 정보는 지속적이고 꽤 많은 시간지연을 가지는 것이 특징이다.

신경계와 내분비계의 양자 성격을 지닌 것으로 신경분비계라는 system이 있다. 엄밀히 말해서 이것은 전자에 속한 것으로 신경세포가 신경홀몬이라 부르는 여러가지 물질을 체액순환계에 방출하고 극부에 존재하는 특정의 효과를 제어하는 경우를 말한다. 원래 신경세포는 전기화학적인 pulse신호를 내는 흥분성과 홀몬 같은 물질을 생산하는 내분비성과의 양자의 성질을 가지고 있는 것이다. 전자가 잘 발달된 것이 신경세포로서 이미 설명한 신경계를 구성하고 후자의 성질을 발달시킨 것이 신경분비세포로서 신경분비계를 구성시키고 있다. 이 두가지의 통합계는 하등동물에도 존재하여 함께 중요한 제어의 역할을 하고 있다. 그렇지만 체제가 복잡하여지면 직렬로 그리고 신경선유라는 구축물을 필요로 하는 신경계와 신경분비계만으로는 신체의 구석구석까지 제어할 수 없게 된다. 여기서 내분비계가 등장하게 되고 고등동물에서는 체액순환계가 잘 발달하여 호응하고 있다. 아주 적은 양의 특이한 홀몬을 체액에 녹여 어떤 종류의 정보도 동시에 전송할 수 있기 때문에 고유의 전송로를 가질 필요가 없

다. 물론 정보의 혼신이 안생기고 또 조직의 감수성차를 이용하여 특정의 부위에만 제어할 수도 있다. 이렇게 해서 내분비계는 고등동물에 잘 발달되어 있고 생체 system의 미묘한 동적인 제어를 하고 있다.

5. 結 論

위와 같이 생체 system의 특징과 그 제어기구를 간단히 살펴보므로서 biosystem의 단면을 소개하였고 이러한 것을 다루고 연구하는 학문이 cybernetics에 기초를 두고 계속 발전하고 있으니 앞으로 기대가 자못 큰 것이다.

지금까지 가능한 한 넓게 다루어 보려고 하였으나 막상 탈고를 하면서 보니 미흡한 점이 많은 것을 죄송스럽게 생각하면서 글을 맺는다.

參 考 文 獻

1. H. Marko; Information Theory and Cybernetics, IEEE Spectrum, November, 1967, p.p75—83
2. N. Wiener: Cybernetics: Control and Communication in the Animal and the Machine, John Wiley & Sons, 2nd edition, 1961
3. 박상희 : 생체공학 측면에서 본 싸이버네틱스, 廣場, 제14호, 1974년 7월, p.p.8—9