

電子工學 및 電子技術의 歷史, 現況 그리고 未來

The history, present status and future perspective of electronics
and electronic technologies

曹 圭 心*
Cho, Kyu Shim

목 차

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| 1. 序 論 | 4. 電子工學에 주는 半導體技術의 영향 |
| 2. 電子工學의 現況과 將來 | 5. 結 論 |
| 3. 必須로 習熟해야할 理論 | |

Abstract

Electronics has different meanings to different people and in different countries. Hence, let me define the term in the sense that it is used here. Electronics in the science and the technology of the passage of charged particles in a gas, in a vacuum, or in a semiconductor.

The beginning of electronics came in 1895 when H. A. Lorentz postulated the existence of discrete charges called electrons. Two years later J.J. Thompson found these electrons experimentally. In the same year (1897) Braun built what was probably the first electron tube, essentially a primitive cathode-ray tube. It was not until the start of the 20th century that electronics began to take technological shape. In 1904 Fleming invented the diode which he called a valve.

This era begins with the invention of the transistor about 30 years ago. The history of this invention is interesting. M.J. Kelly, director of research (and later president of Bell Laboratories), had the foresight to realize that the telephone system needed electronic switching and better amplifiers. Vacuum tubes were not very reliable, principally because they generated a great deal of heat even when they were not being used, and, particularly, because filaments burned out and the tubes had to be replaced. In 1945 a solid-state physics group was formed.

The foregoing completes the history of electronics and electronic industries up to 1978. There is already a start toward a merging of the computer and the communication industries

* 通信技術士(電氣通信) · 工博. 東亞 Engineering 株式會社 常任顧問

which might be called information manipulation. This includes storage of information, sorting, computation, information retrieval, and transmission of data. This combination of the computer and the communication fields will penetrate many disciplines. Applications will be made in the fields of law, medicine, biological sciences, engineering, library services publishing banking, reservation systems, management control, education, and defense.

요 지

1. 序 論

電子는 $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ (Coulomb)의 電荷를 가지며, 質量 $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ 라는 대단히 微小한 粒子이다. 電子工學(이렉트로닉스라고도 불리우고 있다)은 『眞空中이나 氣體 또는 液體, 個體中の 電子의 運動에 관한 學問 및 그것을 利用하는 技術』이라고 一般적으로 定義되어있다. 이 定義로부터 判斷하면, 眞空中의 電子를 利用하는 眞空管이라든가, 半導體라는 固體內에 存在하는 電子를 利用하기 위해 發明된 트란지스터(transistor) 등의 電子디바이스(electronic device)에 의해 構成되는 電子回路 또는 컴퓨터 등의 電子시스템, 여기에 그 利用方法의 研究도 포함되어 있다는 思考方式이 一般적이다. 電子工學은, 現在도 日進一步의 세력으로 發展하고 있으며, 그의 守備範圍도 擴大의 一路를 밟고 있으므로, 이 分野의 明確한 領域은 定할 수 없다고 생각하는 것이 妥當하다.

工學 또는 技術의 目的은 人間으로 하여금 有用한 것을 創造하는데 있다. 즉, 電子工學의 目的은 온갖 狀態에 있는 電子를 利用하여 人類에 利益을 초래하는 裝置나 시스템을 만들어 내는데에 있다. 트란지스터, 마이크로컴퓨터, 워드프로세서, 時計, 취사기(炊事器) 등의 利用의 狀況을 보면, 電子工學이 얼마나 人間社會에 깊게 浸透하고 있는가를 理解할 수 있다.

18世紀에 發明된 蒸氣機關은 人間の 肉體의 能力을 엄청나게 넘은 일량(work volume)을

소화하므로 이것을 利用하므로서, 大規模의 産業이 일어났다. 이것이 産業革命의 시초이다.

現在에 이르러서는, 半導體集積回路를 中心으로 해서 構成되는 컴퓨터 등의 電子시스템의 도움을 빌려, 科學·技術計算, 事務處理 및 經營管理 등의 能力은 비약적으로 확장되었다. 따라서, 이 發展을 人間の 知能에 關한 革命이라고 말하여도 過言이 아니다. 實際, 이 進步를 마이크로이렉트로닉스革命이라고 부르는 사람도 있다. 그러나, 現在의 電子시스템은 完成된 技術分野가 아니고, 아직, 改良하지 않으면 안되는 點이 多數에 이른다. 具體적으로는 人間の 頭腦에 가까운 會話 또는 패턴認識이 可能한 人工知能을 開發한다든가, 방대한 情報를 짧은 時間에 處理할 수 있는 強力슈퍼컴퓨터를 開發한다는 등의 問題가 있다. 이들의 問題는 材料, 電子디바이스 및 回路시스템이라는 電子工學의 各分野가 一體가 되어 解決해나가지 않으면 안되는 主要課題이다.

2. 電子工學의 現況과 未來

20世紀에 들어오기 直前の 1897년에는, 今日的 電子工學의 基礎가 되는 重要한 發見이 이루어졌다. 그것은 J.J. Thomson과 H.A. Lorenz에 의한 電子의 發見이었다.

20世紀의 처음에 眞空中의 電子의 運動을 利用한 眞空管이 發明되었다. 특히, 3極眞空管은 整流, 檢波機能을 갖는 以外에도, 電氣信號의 增幅이라는 기막힌 機能까지 가지고 있어, 이디

바이스(device의 顯著한 進歩가 電子工學의 기초를 구축한 것은 明白한 事實이다.

眞空管을 利用하여, 1916年에 美洲大陸을 橫斷하는 電話回線이 完成되고, 1920年에는 레이디오放送이 美國에서 商業되었다. 1914年에 시작된 第一次世界大戰이 契機가 되어, 眞空管에 改良이 加해지고, 性能도 向上되었다. 無線通信의 要求로부터, 크라이스트론(klystron) 또는 進行波管 등의 마이크로波의 發振管도 開發되었다.

眞空管은 增幅, 發振, 스위칭(Switching) 등의 目的으로 널리 利用되어왔다. 또, 大砲의 彈道를 計算하기 위하여, 18000本の 眞空管을 써서 大型컴퓨터가 만들어졌다. 이것이 美國의 Pensilvania大學에서 1945年에 完成된 ENIAC이다. 消費電力이 140kW, 重量 27t, 體積 80m³의 대단히 큰 시스템이었는데 現在의 손바닥에 놓일 정도의 小型電子式桌上計算機의 性能이나 信賴性을 넘는 것은 아니었다. 1945年에는 또 J.H. Von Neumann에 의한 프로그램 內裝컴퓨터의 概念이 提案되었다. 그 影響은 今일까지 이르고 있다.

1950年을 前後해서, 半導體라는 固體를 사용하여, 眞空管과 同一의 機能을 나타내는 트랜지스터가 美國의 Bell電話研究所의 W. 쇼크레이, J. 바아딘 및 W. 블라틴의 三人에 의해 發明되었다. 이 電子디바이스는 臍알보다 小型이나, 눈감작할 사이에 眞空管의 자리를 차지하였다.

1950年代로부터 1960年代에 걸쳐서는 트랜지스터의 全盛時代였다. 레디오, TV, 컴퓨터를 위시하여, 여러가지 電子機器에 트랜지스터가 利用되었다.

많은 分野에서 우월한 能力을 발휘하는 트랜지스터도 3개의 발(足)이란 個別디바이스를 가지고 있다는 觀點에서, 역시 컴퓨터와 같은 大型시스템의 構成部品으로서는 適合한 것이 못된다는 것이 明白해졌다. 이와같은 시스템을 完成시키자면 數万個 또는 數拾万個의 트랜지스터를 쓰지 않으면 안된다. 따라서, 莫大한 數의

트랜지스터를 1個씩 結線하여 完成한 시스템은 상상할 수 없이 비싸고, 또, 配線미스 등으로 信賴性은 顯著히 낮다.

1960年代에는, 이것을 解決하기 위해, 集積回路(integrated circuits: IC)의 궁리(窮理)와 그 手法이 제안되었다. 數 mm平方의 실리콘(silicon)이라는 半導體基板위에 莫大한 數의 트랜지스터 등의 微細한 디바이스를 同時에 만들어 붙이고, 1回의 工程으로 모든 디바이스를 結線해버리는 것이 集積回路技術이다. 이 技術로 만들어진 集積回路의 코스트는 저렴하고, 信賴性은 월등하며, 컴퓨터나 事務器 등에 널리 사용되고 있다. 1개의 半導體片에 組立되어 들어가는 回路素子の 數는 每年 많아지고, 現在는 大規模集積回路(large scale integrated circuits: LSI)의 時代라 일컬어지고 있다. 표 1에 集積度의 규모가 표시되어 있다. 今일에 있어서도 그 微細化는 끊임없이 進行되고 있다.

컴퓨터의 發達の 段階를 표 2에 표시한다. 現在, 널리 利用되고 있는 것이 LSI에 의한 第4世代컴퓨터이다. 計算의 原理는 "0"과 "1"을 사용하는 2進法에 입각한다.

高度한 情報處理技術이 要求되고 있는 오늘

표 1 集積回路의 規模

名 稱	칩(Chip)當의 集積素子數
小規模集積回路 SSI (Small Scale Integration)	2~10
中規模集積回路 MSI (Medium Scale Integration)	100~1000
大規模集積回路 LSI (Large Scale Integration)	1000~100000
超大規模集積回路 VLSI (Very Large Scale Integration)	100000 이상

표 2 컴퓨터의 世代的 變移

世代	使用되는 電子의 바이스
第1世代	眞空管
第2世代	個別 트랜지스터
第3世代	SSI, MSI
第4世代	LSI
第5世代	LIS, VLSI, ?

날, 패턴認識이나 推論등과 같은 人間의 知的作業에 限없는 가까운 能力을 갖는 第5世代의 컴퓨터 또는 多量의 情報를 短時間에 處理할 수 있는 보다 슈퍼 컴퓨터가 強力히 要望되고 있다. 이것을 實現하기 위해서, 數學, 回路, 시스템, 電子디바이스 그리고 또 材料라는 分野의 研究者 또는 技術者가 精力的으로 活動하고 있다.

3. 必須로 習熟해야할 理論

電子工學은 電子의 거동을 利用하는 技術이지만 直接 취급하는 量은 電流와 電壓이다. 따라서, 電子의 性質을 알기 前에, 우선 電氣에 關한 知識을 熟知하지 않으면 안된다. 그것을 위해서 電氣磁氣學과 電氣回路라는 分野가 있다. 前者에서는, 電壓, 電界, 電流 그리고 磁界와 電氣를 띤 物體와의 사이의 相互作用을 이해하고 또 그 理論을 熟知하여야 한다. 電氣回路에서는 各種의 直流回路 또는 交流回路에 있어서의 電流, 電壓, 抵抗, 코일(인덕탄스) 및 콘덴서(캐파시탄스)의 役割이 明白히 된다.

電氣를 띤 物體의 根源은 電子이다. 이 微粒子是 質量이 10^{-31} kg 라는 자리數로, 이미 우리가 日常접촉하든가, 보고있는 物體와는 性質이 다르다. 즉, 電子는 粒子的인 性質과 同時에 波動的인 性質을 나타낸다. 이것을 考慮하여, 電子의 거동을 理解하기 위한 것에 電子物理라는 分野가 있다. 이 分野는 個個의 電子가 나타내는 性質이나 거동을 이해하는 것을 對象으로하는 量子力學과, 電子와 같은 微粒子が 集團이 되어 나타내는 物質의 巨視的인 性質을 이해하기 위해서 熱力學 및 統計力學으로 構成되어 있다.

物質은 電子와 原子核, 즉, 原子로 이루어진 集合體이다. 自然界에는 잡다한 많은 物質이 있으나, 이것들을 電氣의 흐름의 쉬움이라는 觀點으로부터 分類하면 3種으로 分別된다. 즉, 導體, 半導體, 絕緣體이다. 半導體는 導體와 絕緣體의 中間의 電氣抵抗值를 나타내는 物質이다. 原子

가 周期的으로 配置된 個體를 結晶이라 한다. 結晶內의 電子의 거동을 微視的으로 조사하면, 에너지·밴드라는 概念이 明白해진다. 이 概念에 의해, 導體, 半導體 및 絕緣體의 電氣的性質은 놀랄만치 明確하게 區別된다. 이와같은 마이크로인 觀點에서 物質의 性質을 研究하는 電子材料, 氣體, 液體 및 固體內의 電子를 利用하여 有能한 機能을 수행하도록 궁리된 裝置인 電子디바이스 또는 電子素子が 있다. 또 材料와 電子디바이스의 兩쪽을 對象으로 하는 電子物性工學도 電子工學의 發達과 더불어 發展을 거듭하고 있다. 또 今年 7月 우리나라에서 처음으로 設立된 電子部品研究所의 主研究分野인 電子디바이스分野에서는 眞空管 또는 放電管의 原理에서 시작하여, 整流作用을 나타내는 半導體인 다이오, 그리고 增幅作用이나 스위칭作用을 나타내는 트랜지스터 등의 構造, 動作原理, 設計 또는 製作工程을 우선적으로 研究課題로 다루게 된다.

眞空管이나 트랜지스터를 利用하면, 回路에 機能을 갖게할 수 있다. 이와같은 回路는 電子回路로 發展하였다. 이 回路에 의해 電氣信號의 增幅 및 發振이라는 機能을 획득하게 되었다.

增幅素子로서 3極眞空管이 發明(1907年)된 以來, 通信電子工學은 눈부신 技術의 發展을 이루었으며, 다시 이로부터 約 40年後 美國에서의 트랜지스터의 發明에 의해 電子回路시스템의 小型化, 集積化에 의해 信賴度가 急速하게 進歩하여, 온갖 産業과 社會는 물론 家庭生活까지 通信, 電子工學의 影響을 받지 않는 것은 全無하다고 말해도 過言은 아니다.

眞空管은, 送信用大電力增幅管이나, 極超短波의 發振, 增幅管으로서 알려져 있는 進行波管(TWT) 등을 남기고는, 大部分의 機能素子は 半導體디바이스에 그 자리를 양보하고 말았다.

大規模集積回路(LSI, VLSI)는 今後 점점 그 信賴性的의 向上과 더불어 線形에너로그, 非線形에너로그 回路의 兩面에서, 그 應用範圍를 擴大해갈 것으로 期待된다.

그리하여,今後에도 보다 좋은 特性(小型, 高速, 高周波用, 高信賴性 등)의 디바이스가 開發되고, 實用化되어나갈 것으로 展望되나, 要는 眞空管이든 트랜지스터(바이폴라트랜지스터)이든 또는 FET(유니폴라트랜지스터)이든 항상

- (1) 個個의 素子の 特性과 定格의 理解
- (2) 直流디바이스 設計
- (3) 複合回路의 理解
- (4) 基本增幅回路의 諸性質의 理解
- (5) 휘이드백, 휘이드호와드의 性質의 理解

등을 理解하는 일이 緊急하다.

大規模의 回路設計에는 컴퓨터를 사용한 回路設計(CAD)나, 시뮬레이션을 행하여, 충분히 그 特性을 검토하여 試作에 임하게 된다. 電子回路의 設計에서 考慮해야할 點을 열거하면 周波數特性, 過渡特性, 入力 및 出力 임피던스, 雜音, 非直線歪, 安定性, 消費電力, 溫度特性, 素子感度, 劣化와 經年變化, 信賴性, 코스트 등을 생각할 수 있다. 上記의 여러 點은 相互로 關聯되어 엉켜진 것이 많고, 使用目的에 따라 그 設計仕樣이 決定되게 된다.

以上은 主로 線形電子回路를 中心으로 하여 論述하였지만, 이는 컴퓨터의 하드웨어에 使用되고 있으며 論理回路(logic gate回路)에 使用되는 트랜지스터 등은 스위칭(switching)素子로서 利用되고 있는 경우가 많다. 이것들의 로직게이트는 그 記憶素子(RAM, ROM)로 代表되는 것같이, 高集積化(LSI, VLSI)되어서 使用되고 있다.

長距離의 電話傳送方式의 디지털化, TV 畫像의 디지털化도 進行중에 있으며, 電子回路의 디지털化도 한층 急速하게 進展하고 있다. 얼핏 봐서는 디지털 萬能의 感까지도 있다. 例컨대, ฟิล터도, 디지털필터로서 LSI 技術의 發展과 더불어, 점점 그 應用範圍가 擴大될 것으로 본다. 다른 한편, 애너로그필터回路 등의 LSI化에 있어서도, 素子값의 制御性 또는 溫度係數의 크기 등으로 問題가 있는 抵抗 R 대신에, 콘덴서 C

와, MOS-FET 스위치를 사용하는 스위치드·캐패시터·필터(SCF)도 實用化되고 있고 또 PLL(Phase locked-loop)를 사용하여, 自動적으로 FET의 게이트 電壓을 制御하므로써, 드레인·소스(drain source)間 抵抗을 調整하여, 대단히 安定하고 精度가 높은 LSI化에 適合한 애너로그·필터 回路등도 實用化되려고 하고 있다.

電子回路와 同系列이기는 하지만, 펄스回路(pulse circuit) 또는 디지털回路(digital circuit)가 있다. 컴퓨터의 發達에 수반하여, 回路에 의한 論理演算이나 記憶(메모리) 作用이 重要하게 되고, 여기에 內容도 多岐에 걸치므로 이것들은 電子回路와는 別個로 취급되기에 이르렀다.

以上에서 論述한 分野는 상당히 基礎的인 內容을 포함하고 있으나, 이것들을 土台로하여 컴퓨터 또는 프로그램의 理論이 생겨났다. 前者에서는 컴퓨터의 시스템 設計에 必要한 知識이 들어있고, 後者에서는 컴퓨터의 여러가지 有用한 動作을 수행시키는데 필요한 手法을 배우게 된다. 이 手法은 좁은 意味에서는 프로그래밍이라 부르고, 넓은 의미에서는 소프트웨어工學이라고 말하는 것은 주지하는 바이다. 컴퓨터에 關聯하여 이외에 情報處理, 情報理論이라는 分野도 생겨나게 되었다.

多種多樣的 電子回路를 사용하여 여러가지 量을 計測할 수 있다. 自動制御나 自動化에는 반드시 計測이 동반한다. 이와같이 하여 計測을 對象으로한 電子計測이 發展하였다.

現在, 電子回路는 새끼손가락의 손톱보다도 작은 半導體片(Chip) 위에 만들어진다. 이것이 集積回路이다. 集積回路의 設計 및 製作도 電子工學의 重要한 分野이다. 電子工學중에서도 集積回路分野에 從事하는 사람들에게는, 材料의 性質, 즉 物性を 充分히 理解함과 同時에 電子回路 등의 시스템에 關해서도 熟知하고 있지 않으면 안되므로, 배워야할 範圍는 보다 廣大하며, 負擔도 크다.

4. 電子工學에 주는 半導體技術의 영향

美國에서 처음 發明된 半導體는 컴퓨터를 위시하는 尖端産業分野에서 不可缺의 “産業의 쌀날”으로, 비약의 進展을 해내어, 韓國의 半導體産業은 現時點에 있어 美國, 日本의 다음가는 生産規模를 가지며, 또 生産/需要比도 世界top 레벨에 속해있다.

그러나 1990年代後期 그리고 2,000年代에 들어가는 이와같은 top級의 水準을 維持하겠는 가하는 것이 큰 疑問으로 되어있다. 韓國뿐만 아니라 半導體技術에 있어 앞으로 優位를 차지하려면 지금 研究開發中에 있는 新素子開發, 製造裝置開發에 달려있다. 지금까지 新素子, 또 製造裝置의 大部分의 源泉은 歐美에서 開發先行되고, 日本이나 韓國은 뒤따라가는 패탄이었다. 앞으로 이와같은 순서나 질서는 通하지 않을 것으로 보고 있다. 1995年경에 新素子群이 實用段階에 들어갈것이며, 電子技術의 能力은 지금의 100倍以上으로 增大될줄 豫測한다.

OECD의 보고는 마이크로에レクト로닉스(Microelectromics)의 進歩가 社會에 주는 影響을 다음과 같이 보고하고 있다. OECD圈에서는 20世紀中半으로부터 經濟活動에 顯著한 變化를 볼수 있었으며, 農業人口는 顯著하게 減少하고, 情報人口는 增加하고있다. 美國에서는 1950年 3割이었던 情報人口가 現在 五割가까이 增加하고 있다.

컴퓨터와 通信은 서로 結合하고, 그것을 떠바치는 것이 LSI技術이다. 지금은 超LSI時代의 여명기(黎明期)이다. 얼마안가서 컴퓨터와 通信技術의 선구적분야에 적용되어, 지금부터의 高度情報化社會의 進展에 크게 공헌할 것이라 생각할 수 있다.

高度情報化社會를 떠바치는 第二의 尖端技術은, 光에レクト로닉스(Optoelectronics)이다. 이것은 光學技術을 에レクト로닉스에 導入한 技術分野이며, 이미 FAX, TV와 같이 일찍부터 사

용되고 있는 技術도 있으나, 1960年の 레이서(laser)의 實現에 의해, 큰 發展이 促進된 새로운 領域이다. 특히, 여기 數年間, 光通信을 中心으로, 光情報處理, 光加工技術등의 技術이 急速하게 實用化되어 새로운 光産業을 形成해나가고 있는 중이다.

미래 電子産業의 核心은 半導體의 開發과 應用競爭에서 판가름 날것으로 보고 있다. 1948年에 美國 Bell研究所에서 게르마늄을 사용한 트란지스터가 發明된 以來 지금까지 半導體는 IC, LSI, 超LSI, 極超LSI로 高密度化가 계속되어 있으며 앞으로도 계속될 것으로 전망한다. 1991년부터 本格으로 量産이 되고있는 4M DRAM은 數mm角의 실리콘칩에 約900萬個의 素子が 集積되어 있으나 數千萬個單位의 集積度를 가진 16MDRAM 半導體도 數年內에 量産되어 우리 가까이에서 活用되어질 것으로 확신하고 있다.

5. 結 論

20世紀는 에レクト로닉스의 時代이다. 1904年の Fleming의 二極真空管의 發明以來, 냉장고로부터 最新의 미아일 兵器까지 에レクト로닉스 技術은 進歩하는 現代文明의 主役을 담당해 왔다.

電子工學과 電子技術은 多樣한 狀態에 있는 電子를 利用하여 人類에 利益을 초래하는 裝置와 시스템을 만들어 왔다. 現在 모든 産業과 社會는 물론 家庭生活까지도 電子工學에 입각한 電子技術의 강한 影響을 받지 않는 것은 거의 없는 時代로 접어들었다.

國內製造業중 産業과 輸出 1位産業의 位置를 굳혀온 우리의 電子工業이 지금 世界市場에서 競爭기반을 잃어가고 있다. 이에 즈음하여 本論文은 이 나라의 電子産業의 再起를 위하여 電子工學과 電子技術의 歷史, 現況과 그리고 將來를 展望하므로서 이 方面에서 活躍하고 있는 諸位가 서있는 位置가 어디인가, 무엇을 어떻게 할 것인가를 照明한 論文이라 하겠다. 이

와 같이하여 다가오는 21世紀에도 電子技術이 더 한층의 進步發展하여 모든 技術에서 계속 으뜸가는 것으로 만드는데 도움을 주고저 한 것이다.

本論文을 통하여 電子工學의 特徵, 目的, 歷史, 現狀이 論해졌고, 또 將來가 展望되었다. 社會가 高度로 情報化社會에로 急激하게 回轉하고 있는 오늘날, 電子工學과 電子技術도 적지않게 變하고 있다. 將來 이들 方面을 志向하는 사람들이, 複雜化, 細分化하고 있는 이 分野를 파악하지 못하고 방황하고 있는 양상을 흔히 볼 수 있다.

따라서 本論文은 電子工學과 電子技術全體를 展望한 論文이므로 이 分野의 通論 또는 새로운 스타일의 概論이 될 수 있다고 말할 수 있다. 이

分野의 學生에게도, 또 社會에서 活動하고 있는 該當諸位들에게 有用한 情報源이 되리라고 믿는다.

參 考 文 獻

1. Electronic circuits, Discrete and Integrated 3rd Edition. Donald L. Schilling, McGraw-Hill, U.S. A.
2. Microelectronics, Digital and Analog Jacob Millman, McGraw-Hill U.S.A.
3. 電子工學렌드북, 기다는 出版社, 1989.
4. 最新電子用語大辭典, 電子技術社, 1984.
5. 電子通信工學大系, 기다리 出版社, 1988.
6. 電子新聞, 1988, 1990
7. 每日經濟新聞, 1988, 1990.
8. 韓國經濟新聞, 1988, 1990.