

美國 컴퓨터 産業 發達 史

朴 喆 熙
〈韓國科學院 敎授〉

技術資料

目 次

- 1. 序 論
- 2. 大學研究課題로서의 初期段階
- 3. 第 1 世代 컴퓨터 : 眞空管
- 4. 第 2 世代 컴퓨터 : 트랜지스터
- 5. 第 3 世代 컴퓨터 : 集積回路
 - 5.1 Microelectronics
 - 5.2 分散處理 및 Intelligent 斷末裝置
- 6. 超能力 컴퓨터
- 7. 第 4 世代 컴퓨터 : LSI Technology
- 參考文獻 및 索引

1. 序 論

본 論文에서는 美國 컴퓨터의 概略의 歷史에 관하여 記述하고자 한다. 40年代 中반 몇몇 大學의 研究課題로서 出發한 컴퓨터의 歷史는 불과 35年이 지난 現在 적어도 4번 이상의 技術上의 새로운 世代를 이룩하였으며, 初期의 컴퓨터에 比하여 16萬倍 이상의 價格 下 落을 가져왔다. 또한 이러한 컴퓨터 技術의 進步趨勢는 加速化되고 있다.

最近의 統計資料(1)에 의하면 情報處理(dp)에 관련된 賣上高가 1978年度에 370億弗에 이르며, 이것은 前年度인 1977年度에 比해 22%가 增加한 셈이 된다. 情報處理 部分에서 7천5백萬弗 以上の 純收益을 올린 美國 컴퓨터 會社가 50餘개나 되며, 이들 會社 總收入은 情報處理産業 全體量의 約 95%에 該當된다.

컴퓨터 및 그 關聯産業의 複雜性 및 多樣性을 考慮하면 짧은 論文에서 包括의 이고 詳細한 內容을 記述하는 것은 不可能하다. 따라서 考察에 필요한 資料를 직접 取捨選擇은 美國 大學의 研究施設에서 multi-user on-line data processing system을 위한 software의 開發에서, 美國 政府가 後援하는 大型 컴퓨터 센터의 運營에 이르는 著者의 20餘年間의 오랜 經驗에 基礎를 둔 것이다.

이 論文에서 주로 다루고자 하는 것은 미니, 마이크로

로 컴퓨터가 아닌 大型級의 컴퓨터이다. 이러한 大型 컴퓨터 하드웨어의 技術上의 發展過程을 통하여 最新의 컴퓨터 技術을 紹介하고자 한다. 지면상의 制約으로 周邊裝置 및 특히 소프트웨어 産業 등 關聯産業에 관한 것들은 除外되었다. 소프트웨어 技術의 進步는 하드웨어의 進步와 步調를 같이 하지 못하였다. 아직 까지도 우리는 프로그램이 처음 發明되었을 때와 같은 方法으로 프로그램하고 있다. 즉 손으로 프로그램을 쓰고 계속적인 實驗을 통하여 그 過誤를 修正(debug)하는 方式이다. 소프트웨어의 크기가 커지고 複雜性이 增加함에 따라 소프트웨어의 開發 및 維持에 所用되는 人間의 價格은 增加하는데 반하여 컴퓨터 하드웨어의 價格은 급격히 下 落하여 相對적으로 컴퓨터 시스템에서 소프트웨어가 차지하는 比重이 커지게 되었다. 이러한 趨勢가 계속되면 1955年度의 20%에 지나지 않았던 소프트웨어 價格比重이 1985年度에는 80%에 이를 것으로 豫想되고 있다(4). 소프트웨어 技術의 歷史에 관한 考察은 다른 論文(5)에서 記述하고자 한다.

2. 大學研究課題로서의 初期段階

본 2章과 다음의 3, 4章은 컴퓨터의 發達史의 初期 段階부터 1960年代 後半까지에 대하여 記述하였다. 이 記述은 주로 S. Rosen(6)의 컴퓨터 發達에 관한 回顧에 基礎를 둔 것이다. Rosen의 論文에는 여러 種류의 參考文獻이 記錄되어 있으며, 기타 필요한 論文들은 本 論文을 展開하면서 明示할 것이다.

最初의 大型컴퓨터는 美國政府의 軍事 및 研究機構의 後援을 받는 大學의 研究課題로서 製作되었다. 1946년에 完成된 ENIAC(electronic numerical integrator and calculator)은 最初의 電子式 컴퓨터였다. 이 컴퓨터는 論理演算을 위한 機械인 릴레이(relay) 대신에 眞空管을 使用하였는데 完成後 10餘年間이나 實際로 使用되었다. 이 컴퓨터는 美陸軍 軍需 司令部에 所屬된 彈道研究 實驗室의 요청에 의하여

Pennsylvania大學의 J.P. Eckert 및 J. Mauchly 教授들과 그들의 共同研究者들에 의하여 開發되었다. 이 컴퓨터의 用途는 彈道軌跡과 發射을 위한 表를 計算하는데 있었다. 이 컴퓨터에는 18,000개의 眞空管과 1,500개의 릴레이가 使用되었고, 所要된 費用은 50萬弗로서 完成하는데 3년이 걸렸다. 이 컴퓨터로 60秒의 飛行時間을 갖는 彈道軌跡을 計算하는데 30秒가 걸렸는데, 이에 비하여 熟練된 사람이 그와 같은 일을 하는 데에는 20餘 時間이 걸렸다고 한다[7].

ENIAC은 使用된 部品の 配線을 바꾸어 주므로써 願하는 作業을 遂行하도록 設計되었다. 最初의 stored program 컴퓨터의 概念은 ENIAC 그룹을 代表하여 J. Von Neumann이 쓴 報告書에서 처음으로 發表되었는데 이 報告書는 새로운 構造를 갖는 EDVAC (electronic discrete variable computer)에 관한 것이었다[6]. 그러나 實際로 最初로 完成된 stored program 컴퓨터는 EDSAC(electronic delay storage automatic calculator)이었는데, 이것은 프로그램 記憶裝置로 mercury delay line을 使用하여 ENIAC의 研究者들과 共用研究을 한 英國 Cambridge 大學의 M. Wilkes가 만든 것이었다. 이것은 1947年初에 開發에 着手하여 1949年度에 完成되었다.

Princeton Institute for Advanced Study에서 1946년에 J. Von Neumann과 그의 同僚들이 製作하기 시작한 IAS 컴퓨터가 1952년에 完成되었다. 여기에서는 random access electrostatic(cathode-ray tube) 記憶裝置와 parallel 2進 演算裝置를 使用하였으므로 sequential 記憶裝置와 serial 演算裝置에 基礎를 둔 delay line 컴퓨터 보다는 훨씬 速度가 빨라졌다.

1952년 경 Illindis 大學의 ILLIAC을 포함한 大學들에서도 IAS와 유사한 여러 種類의 컴퓨터를 만들기 시작하였다.

MIT의 Servomechanism 實驗室에서도 初期 컴퓨터의 開發에 先導的인 役割을 하였다. 1947년에 開發되기 시작한 MIT Whirlwind I은 計算速度가 가장 重要한 要素인 real-time 應用에 적합한 最初의 컴퓨터였다. 이 컴퓨터에는 0.5 μ sec의 遲延時間을 갖는 電子回路를 使用하여 2箇의 16bit 숫자를 16 μ sec에 計算할 수 있었다. 이것은 1960年代의 미니 컴퓨터의 成能과 거의 비슷하다고 볼 수 있다. 그러나 이들의 가장 重要한 寄與는 磁氣 core 記憶裝置의 開發에 있다. 磁氣 core의 設計 知識은 後日 컴퓨터 産業界에 보급되어 IBM과 다른 여러 컴퓨터 生産會社의 普遍的인 記憶裝置로 발전되었다. 磁氣 core 記憶裝置는 1972年度까지 基本的인 主記憶裝置로 사용되어 오다가 半導體

技術이 發達함에 따라 半導體 記憶裝置로 代置되게 되었다[8].

3. 第1世代의 컴퓨터 : 眞空管

1947년에 Pennsylvania 大學의 Eckert와 Mauchly 教授는 大學을 떠나 Eckert-Mauchly라는 컴퓨터 會社를 만들었는데, 이 會社는 후에 Remington Rand 會社의 한 部署로 併合된다. 그들은 1951年度에 最初의 商用 컴퓨터인 UNIVAC I(universal automatic computer)을 開發하여 25萬弗 程度의 價格에 供給하였다. 이 컴퓨터는 그 당시 技術上의 代表的인 成果로서, 近 5年 후에 IBM 705가 나오기까지 最上의 컴퓨터의 位置를 지켰었다.

한편 IBM에서는 1939年에서 1944年 사이에 Harvard 大學의 H. Aiken 教授와 함께 카드로 프로그램되는 그 當時로서는 最大의 半自動式 電氣機械式 calculator인 Mark I의 製作을 遂行하고 있었다. 그들이 大型 컴퓨터 分野에 본격적으로 參加하게 된다는 1953年 이후의 일이다.

우리 民族의 悲劇인 6.25 動亂이 美國에서는 防衛産業의 擴張을 가져왔다. 그 당시 IBM은 defense calculator(후에 IBM 701로 알려짐)를 發表하였는데, 이것은 2048 word의 williams 眞空管 主記憶裝置를 使用하며 그 backup으로 磁氣 drum 및 磁氣 tape를 使用하였다. 最初의 完成品은 1953년에 供給되었는데, IBM 701은 random access memory 및 parallel 2進 演算裝置를 使用하여 UNIVAC I 보다는 훨씬 빨랐으나, 그 當時의 靜電氣的 記憶裝置는 매우 不安定(故障間 平均時間(MTBF)이 20분에 지나지 않음)하여 backup 記憶裝置를 반드시 필요로 하였다.

1956年 IBM은 商業用 情報를 위한 character 爲主의 컴퓨터인 IBM 705를 販賣하였다. 이 컴퓨터에서는 眞空管 記憶裝置 代身에 훨씬 安定된 磁氣 core 記憶裝置를 使用하여 컴퓨터의 主記憶裝置에 革新을 가져왔다. IBM 705가 나온지 2年 후에야 Remington Rand에서 磁氣 core 記憶裝置를 사용한 UNIVAC II를 발표하였으나, 이 2年の 期間이 IBM이 大型 컴퓨터 産業界를 先導하게 되었으며, 現在에 이르기 까지 어떠한 會社도 그 地位를 따르지 못하게 되었다.

IBM 705가 商用 大型 資料處理用 컴퓨터 部分에서 確固한 位置를 차지하고 있는 한편 IBM은 1956年 IBM 704라는 그 當時로서는 뛰어난 科學計算用 컴퓨터를 발표하였으며, 이것이 IBM이 大規模 科學計算用 컴퓨터에서도 거의 獨占을 하게 된 契機가 되었다. IBM 704는 36-bit의 word 크기와, 3개의 index

register, 自體內의 floating point instruction 및 12 μ sec access time의 4096word 磁氣코아 記憶裝置를 가지고 있었다.

IBM 704의 競爭相對는 Remington Rand의 1103 系列의 컴퓨터가 있을 뿐이었다. 1956년 供給된 最初의 1103은 靜電氣的 記憶裝置를 使用하였으나, 그 후 改良된 1103A 및 1103FF은 磁氣코아 記憶裝置 및 floating point 하드웨어를 가지고 있었다. 그러나 늦은 供給과 貧弱한 補助는 販賣量의 減少를 가져왔다. 그러나 1103은 program interrupt의 技能을 가진 最初의 컴퓨터였으며, 이것은 政府機關인 NACA(NASA의 前身)에 있던 R. Turner라는 使用者에 의하여 發明되었다.

프로그램 interrupt의 概念은 IBM 709(1958년에 最初로 供給된)에서 6개의 data channel의 形態로 發展되었다. data channel이 있음으로 해서 I/O와 中央計算이 同時에 遂行되게 되었으며 이러한 機能은 그 후 컴퓨터 産業界의 表準이 되었다.

709가 供給될 當時에는 트랜지스터(transistor)가 高速度 컴퓨터에 使用될 만큼 商用化 되었으므로 곧 眞空管식의 709는 트랜지스터式의 第2世代 機械인 7090으로 代置된다. Raytheon, Honeywell, RCA 등 其他의 컴퓨터 製作會社들의 활동도 활발하였으나 범용 컴퓨터에서의 그들의 成果는 IBM에 比하여 貧弱한 편이었다.

3.1 中型 컴퓨터

1949年度 Manchester 大學(英國) 및 Harvard 大學 그리고 ERA 研究所(후에 Remington Rand에 併合됨)들에 의하여 實用的인 磁氣 drum 記憶裝置가 開發되었다. 磁氣 drum은 中間 速度(5~25msec의 access time)의 記憶裝置로서 mercury delay line이나 靜電氣, 혹은 磁氣코아 記憶裝置에 比하여 훨씬 低廉한 價格으로 提供될 수 있었다. 따라서 磁氣 drum은 中間 程度의 成能을 갖는 비교적 값싼 컴퓨터의 主 記憶裝置로서 脚光을 받게 되었다.

1950년에서 1953년 사이에 많은 컴퓨터 會社들이 磁氣drum 記憶裝置를 使用하는 中型 컴퓨터 市場에 뛰어들었다. 즉 Computer Research 會社(후에 National Cash Register 會社와 併合됨), Electronic Computer 會社(후에 Underwood 會社에 吸收됨), Electro Data 會社(후에 Burroughs 會社에 吸收됨) 등이 그것이다.

이러한 群小 컴퓨터 會社들이 中型 컴퓨터 市場에서 競爭할 때 IBM은 1953년에 磁氣drum 컴퓨터인 IBM

650을 發表하였다. IBM 650은 그 當時의 drum 컴퓨터들에 比하여 越等한 成能을 가졌었다. IBM은 650을 50대 정도 판매예측 하였으나 1000대 이상을 生産, 販賣하게 되어서 中型 컴퓨터 競爭에서도 훨씬 앞서게 되었다.

4. 第2世代 컴퓨터 : 트랜지스터

1948년 트랜지스터가 發明된 이래 트랜지스터가 컴퓨터 技術에 새로운 革新을 가져올 것이 豫想되어 왔다. 트랜지스터는 크기가 작기 때문에 電力 消費量 및 發熱量이 적어서 眞空管식 컴퓨터에 比하여 數十 내지 數百倍의 能動素子(active element)를 使用 可能토록 한다. 普通의 眞空管 컴퓨터에는 1,000개의 眞空管 및 50,000개의 diode를 使用하였는데, 트랜지스터로 만든 컴퓨터인 60年代의 CDC 6600 같은 컴퓨터에서는 500,000개 이상의 트랜지스터가 使用되었다.

그러나 經濟性을 가질 만한 充分한 量의 生産 등 現實的인 要因때문에 高速度 컴퓨터에서의 트랜지스터의 使用는 상당기간 遲延되었었다. 1954년 Philco 會社가 開發한 surface barrier 트랜지스터가 등장하여 새로운 돌파구를 찾게 되었으며, Philco 會社는 그 후 컴퓨터 企業으로 進出하게 되었다. 그들은 美國 中央情報部와의 契約에 의하여 UMIVAC 1103을 模倣한 부피가 적은 高速度의 트랜지스터를 사용한 컴퓨터인 TRANSAC S-1000을 만들었으며, 海軍과의 契約에 의하여 大型 컴퓨터인 TRANSAC S-2000의 試製品을 製作하였다. 1957년 Philco는 TRANSAC S-1000을 重要商品으로 進出시켜 市場競爭을 하기로 하였다. 그러나 1960년 1월, 첫번째 시스템이 使用者에게 供給되기 이전에 더 빠른 記憶裝置와 計算速度를 갖는 IBM 7090이 生産되었다.

1958년 初期에 彈道 미사일 初期警報 시스템(BMEWS)은 컴퓨터 製作 會社들에게 資料分析 및 一般計算을 위한 매우 크고 빠른 컴퓨터 여러 대를 入札하기를 요구하게 되었다. IBM의 첫번째 두 7090은 1957년 11월까지 BMEWS에 提供되기로 되어 있었다. 7090은 2.78 μ sec의 記憶裝置를 갖는 트랜지스터 컴퓨터로서 眞空管 컴퓨터인 709보다 最少限 5倍 이상은 成能을 가지고 있고 그 후 매우 信賴度가 높은 컴퓨터로 認定받게 되었다. 수백대의 7090이 販賣되었는데 보통 構造의 시스템의 경우 300萬弗이 넘는 價格으로 販賣되었다. 그 후 7090은 double precision 演算 및 4개의 index register가 包含된 7094로 轉換되었다. 그러나 이 register들은 각각 特殊한 目的으로 使用되었다. 즉 AC는 accumulator, MQ는 乘除算用, 나머지 re-

gister는 index register로 각각 사용되었으며 1960年代의 IBM 330에 이르러서야 비로서 汎用 register가出現하였다.

컴퓨터 産業에서는 항상 使用者에게 供給되는 것보다 수십배나 成能이 優秀한 컴퓨터를 製作할 수 있는 能力이 있었다. 그러나 그러한 超能力 컴퓨터를 研究開發費用이 너무 많이 들고, 使用者數가 制限되므로 開發, 生産 資金이 保障되지 않으면 컴퓨터 會社에서는 이러한 製品은 生産되지 않는다. 다행히도 이를 위한 과감한 投資가 automic energy commission (AEC)의 Livermore, Los Alamos 研究所를 통하여 美政府의 支援下에 이루어지게 되었다.

1955년 Livemore는 LARC(livemore automic research computer)의 開發을 위하여 Remington Rand UNIVAC과 契約를 締結하였다. 또한 Los, Alamos에서는 Streich라는 컴퓨터를 開發하기 위하여 IBM과 契約를 締結하였다. 이 컴퓨터들은 契約當時 이 會社들이 販買하던 1130이나 704에 비하여 100배 이상의 成能을 갖는 것이었다. 最初의 LARC는 1960年代 初期에 Livemore에 設置되었으며, STRETCH는 Los Alamos에 1951년에 引導되었다. 이 두機種은 市場性 면에서는 失敗하였으나, 그 當時 컴퓨터 産業의 發展에 큰 자극을 주게 되었다.

軍用 트랜지스터 컴퓨터 製作에 參與하던 UNIVAC의 일부 技術者들이 1957年度에 이 會社를 離脫하여 CDC(control data corporation)을 創設하였다. 創設 初期부터 CDC에서는 科學用 컴퓨터의 開發에 全力을 기울였다. AEC Livemore 研究所의 支援하에 CDC에서는 1977년에 6600이라는 새로운 컴퓨터를 開發하였다. 이것은 여러개의 數值 및 論理 unit와 周邊裝置 processor들의 同時遂行(parallel processing)을 통하여 秒當 300萬개의 instruction을 遂行하는 能力(3 MIPS)을 갖는 高性能의 컴퓨터였다.

5. 第3世代 컴퓨터 : 集積回路

第1世代的 컴퓨터는 眞空管으로 만들어졌으며, 第2世代的 컴퓨터는 트랜지스터로 만들어졌다. 第3世代 컴퓨터의 特徵은 hybrid 集積回路의 使用으로 規定지을 수 있는데 hybrid 集積回路는 후에 monolithic 集積回路로 改善된다[9].

1961년에 IBM에서는 시스템/360의 開發에 着手하였다. 重要한 設計의 概念은 IBM 系列 컴퓨터의 instruction과 data format을 表準化 하는 것이었다. 이것은 多樣한 成能과 組織을 갖는 여러 컴퓨터 모델들이 서로 同一한 architecture를 갖고 있어서 모델간

에 컴퓨터 프로그램(소프트웨어)의 移轉이 容易하도록 하기 위한 것이었다. 프로그래밍의 觀點에서 이러한 모델들이 서로 同一하나 하드웨어의 構成면에서는 顯격한 차이가 있는 것이었다. 高性能이 모델에서는 高速度를 얻기 위해 從來의 方式대로 設計되었으나, 比較的 低成能의 모델에서는 microprogramming의 技法을 使用하여 高性能의 모델을 "simulate" 하였다.

IBM은 시스템/360 컴퓨터의 開發에서 SLT(solid logic techology)라는 새로운 部品技術을 導入하였다. SLT 回路는 hybrid 集積回路의 일종과다. 그러나 이 技術의 開發은 IBM이 monolithic 集積回路의 發展速度를 過少評價하여 잘못된 研究 方向으로 나가지 않았나 생각되며, 새로운 70年代의 시스템/370에서는 monolithic 集積回路를 採擇하였다.

위에서 記述한 하드웨어 研究開發 이외에 IBM에서는 소프트웨어 開發에 많은 노력을 기울였는데, 이것은 컴퓨터 技術의 측면에서 매우 중요한 意味를 갖는다. 시스템/360 系列의 컴퓨터의 運營體制 소프트웨어인 OS/360 開發에 1963년에서 1966년에 이르는 동안 5000 man-year를 투입하였는데 [10] 이는 1人當 1년에 3萬弗로 計算하여 1억5천萬弗에 이르는 막대한 金額의 投資에 해당된다. 運營體制 소프트웨어들을 포함한 전 소프트웨어에 投資한 費用은 훨씬 더 많은 것으로 짐작되는데 이러한 規模의 投資는 다른 컴퓨터 會社로서는 不可能한 일이었다.

1964년에 IBM에서는 6개의 새로운 컴퓨터 모델인 시스템/360의 30, 40, 50, 60, 62, 70들은, 發表하여 1年内로 供給되었으며 그 후 繼續하여 새로운 모델들이 發賣되었다. 1971年度에 새로운 컴퓨터인 시스템/370이 發表되기 까지 11개의 시스템/360 모델이 生産되었다. 成能 및 價格에 따라 시스템 360은 가장 低級 모델인 모델 30에서 부터 가장 高級 모델인 모델 195에 이르기 까지 매우 多樣하다. 모델 30의 경우 2進 演算速度가 30μsec이며, 最大 記憶利用量은 6만5천 byte(64KB)이고, 普遍的인 시스템을 構成하여 月 1만2천弗의 賃貸料로 供給되었다. 반면 모델 195의 경우 machine cycle이 54 nanosec(10⁻⁹秒)이고 最大 記憶 容量이 2백만 byte(2048KB)이며 시스템 構成에 따라 月 15萬弗에서 30萬弗에 賃貸되었다.

시스템 360은 IBM의 커다란 成果 중의 하나이며 컴퓨터 産業界에 커다란 里程表를 세우는데 寄與하였다. 수천대의 시스템 360이 販賣되었으며 시스템 360의 하드웨어 architecture와 運營體制 소프트웨어는 컴퓨터 産業界의 標準이 되었다. 360에서 새로 導入된 컴퓨터 architecture의 概念은 동등한 機能을 갖는 여러 개의

register, variable length instruction들 word 및 byte單位の data 形態 등이다.

1970年 IBM에서는 시스템 360의 代置系列인 시스템系列을 발표하였다. 시스템/370 系列은 몇가지 확장[12] 이외에는 360 系列과 거의 같은 architecture를 가지고 있었으므로 運營體制 소프트웨어와 應用目的의 소프트웨어들을 크게 바꾸지 않고 그대로 使用할 수 있었다. 시스템 370의 部品生産技術에 있어서 새로운 進歩는 360 系列에서 hybrid 集積回路를 使用한 것과는 달리 monolithic 集積回路를 使用한 것이다.

시스템 370의 또다른 劃期的인 進歩는 dynamic address translation 하드웨어를 利用한 運營體制 소프트웨어의 virtual 記憶裝置 機能에 있다. virtual 記憶裝置 機能의 長點은 實際의 主記憶裝置의 固定된 位置에 프로그램을 配定하는 代身에 가상의 記憶裝置에 프로그램을 配定하여 使用者는 16, 777, 216(16, 383 K) byte의 記憶容量을 갖는 것처럼 使用할 수 있게 하는데 있다. virtual 記憶裝置의 機能은 disk 등의 外部記憶裝置에 貯藏되어 있는 프로그램이나 데이터를 필요할 때마다 page라고 불리우는 2K, 혹은 4K byte 單位로 主記憶裝置로 利用하여 ども으로써 이루어진다.

1971년부터 3000系列의 processor들이 發表된 1977年 까지 IBM은 370 系列의 11개의 成能이 다른 모델을 생산하였다. 이것은 使用者가 成能和 價格을 고려하여 適當한 컴퓨터 시스템을 선택할 수 있게 하기 위한 것이었다. 成能이 가장 낮은 것과 높은 것을 擇하여 다음과 같이 例示[11]한다.

| | | | |
|---------------------------|---|----------|------------|
| 모 | 델 | 115 | 168 |
| machine cycle(nanosecond) | | 480 | 80 |
| 最大記憶容量 (bytes) | | 65,536 | 8,388,608 |
| 平均시스템構成賃貨料 | | \$ 6,000 | \$ 100,000 |

1960年代 後半에 一連의 法廷 鬭爭으로 인하여 IBM에서는 소프트웨어와 하드웨어를 “區分販賣”하게 되었다. 즉 購買者들은 IBM 하드웨어를 購買하지 않고도 IBM 소프트웨어를 購買 혹은 賃貸할 수 있게 되었다. 이것은 amdahl과 그 후 Intel 會社와 같은 plug-compatible 生産者(PCM)들이 생겨나는 結果를 낳게 되었다.

시스템 360의 세 重要한 設計者들 중의[14] 한 사람인 amdahl에 의하여 設立된 Amdahl 會社에서 1975年 IBM 370의 소프트웨어나 하드웨어 모두 代置 可能한 470V/6 이라는 컴퓨터를 發表하면서 plug-compatible 市場을 開拓하게 되었다. 財政上의 이유로

Amdahl 會社는 후에 日本의 Fujitsu 會社와 同業하여 成能和 價格면에서 시스템/370 보다 優秀한 plug-compatible processor들을 生産하게 되었다. 1977年에 처음 發表된 Amdahl 470V/7은 現在의 單一 processor로 된 汎用 컴퓨터 중에서는 가장 成能이 좋은 것이다(Table 1).

IBM 및 이와 類似한 機種의 賃貸會社로서 最大規模였던 Intel 會社는 1976년에 plug-compatible CPU인 AS/4, AS/5 등의 모델을 發表함으로써 두번째로 PCM 市場에 參與하였다[15]. 이 製品들은 National Semiconductor 會社에 의하여 製作되었는데 각각 IBM 370/148 및 370/158과 代置可能한 것이다. 日本 Hitachi와 提携한 Intel에서는 1977年 IBM에서 3031과 3032 processor를 發表한지 不過 6時間 內에 이것들과 경쟁되는 새로운 모델인 AS/6를 發表하였다. computerword[16]에 發表된 資料를 기초로 하여 IBM 및 plug-compatible CPU들의 成能 및 價格들이 Table 1에 要約되어 있다.

近者에 plug-compatible CPU의 生産業者들은 370의 中間程度의 成能을 갖는 모델들에 대하여 競爭하면서 成長하여 왔다. 즉 1978년에 National CSS 會社, National Semiconductor 會社, Magnuson Systems 會社들이 370/138, 370/148 등과 代置可能하면서 50% 내지 80% 程度 成能을 增加시킨 반면, 30%程度의 價格切減을 할 수 있는 機種들을 生産하였다[17].

IBM에서도 시스템 370과 代置可能한 두가지 系列의 컴퓨터를 發表하였는데 1977년에 發表된 3000系列과 1979년에 發表된 4300系列이 그것이다. 이 機種들은 從前의 370 보다 價格 및 成能面에서 현격한 進歩를 한 것으로 結果적으로 plug-compatible 컴퓨터 製作者들에게 莫大한 打擊을 주는 것이었다. 시스템 370 系列과 比較할 때 3000系列의 303× processor는 速度가 빠르고 보다 큰 buffer 記憶裝置(cache)를 가졌고 더욱 效率적인 入出力 裝置를 가졌다. 또한 運營體制(MVS)[18]의 效率를 增加시키기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 機能을 強化시켰다. 예를 들어서 1977年 3月에 發表되고 1978年 3월에 처음 顧客에게 供給된 3033 시스템은 168-3보다 1.5배 내지 1.8배 增加된 成能을 가졌으나 더 낮은 價格으로 供給되었다(Table I). 3033 시스템이 처음 發表된 날 2000餘個의 申請이 들어왔다고 한다. IBM에서는 그 當時에 처음 注文한 컴퓨터의 價値는 그때까지 IBM이 設置 運營하였던 모든 컴퓨터 시스템의 價値를 凌駕하는 것이었다고 主張하였다[18].

잘 알려진 바와 같이 IBM은 1950年 後半 以來로 嚮

Table I. 몇 개의 대형 Computer의 特性 (Computerworld, Oct. 17, 1977)

| Characteristics | Model | IBM 370/158-3 | IBM 3031 | IBM 370/168-3 | Amdahl 470V/5 | IBM 3032 | Intel AS/6 | IBM 3033 | Amdahl 470V/6-11 | Amdahl 470V/7 |
|--|-------|--|----------------|----------------|----------------|------------------------|----------------|------------------------|------------------|------------------------|
| Relative CPU Power ¹ | | 52 | | 109 | 120 | 135 | 150 | 180 | 184 | 294 |
| Purchase Price*(Memory in Bytes) | | 2,001,100 (6M) | 1,455,000 (6M) | 3,103,210 (6M) | 2,870,000 (6M) | 2,368,000 (6M) | 2,360,000 (6M) | 3,605,000 (6M) | 3,500,000 (6M) | 3,700,000 (6M) |
| Purchase Price*(No. of Channels) | | 2,052,865 (6) | 1,455,000 (12) | 4,383,460 (12) | 2,870,000 (8) | 2,728,000 (12) | 2,660,000 (12) | 3,605,000 (12) | 3,500,000 (16) | 3,700,000 (12) |
| Price/Mo*(Four-Year Lease) | | 59,600 | 39,310 | 122,629 | 78,925 | 67,470 | Not Available | 77,480 | 96,250 | Not Available |
| Maintenance/Mo ⁵ | | 3,234 | 3,690 | 9,466 | 9,700 | 7,675 | Not Available | 8,320 | 10,200 | 10,200 |
| Memory Size in Bytes (Minimum-Maximum) | | 512K-6M | 2M-6M | 1M-8M | | 2M-6M | 2M-16M | 4M-8M | 4M-8M | 4M-16M |
| Memory Cycle Time(Nsec) | | 620-1,035 | 345-805 | 320 | 300 | 320 | Not Available | 290-464 | 300 | 280 |
| Machine Cycle Time(Nsec) | | 115 | 115 | 80 | 32.5 | 80 | 72 | 58 | 32.5 | 28.5 |
| Channels(Minimum-Maximum) | | 3 Standard | 6 Standard | 0-128 | Standard | 6 Standard | 6 Standard | 12 Standard | 16 Standard | 12 Standard |
| Price/Channel | | 4th-16,160 5th-15,940 6th -7,565 | Built-In | Note 6 | Built-In | 360,000/ 6 channels | 50,000 | 320,000/ 4 channels | Built-In | 150,000/ 4 channels |
| Multiprocessor Configurations? | | Yes | No | Yes | No | No | No | No | No | No |
| Buffer Size | | 16K | 32K | 32K | 16K | 32K | 64K | 64K | 32K | 32K |

Table I의 注釋

1. 360/50은 10으로 하여, IBM 370 Model들 및 Amdahl機種들은 International Data Corp.에서, 나머지 것들은 computerworld에서 각각 推定한 것임.
2. CPU, Power supply, operator's console 및 6M-byte memory 포함.
Amdahl機種 및 IBM 370/158-3, 3032, 3033들은 standard channel들을 포함하고 있음. 370/168-3은 external channel feature(3855)가 포함되어 있으나 channel은 포함되지 않음.
3. 注釋 2.의 物品과 channel을 別途의 channel을 포함.
4. 3의 購入價格을 基準로 한 貨賃料.
5. maintenance費는 最小 月 單位로서, IBM은 10時間/日, 5日/週로 計算하며, Amdahl은 24時間/日, 7日/週로 計算함.
6. 2870 byte-multiplexer channel의 은 117,900弗인. 2880 block-multiplexer는 2개의 channel을 포함하여 174,500弗인.
7. 使用者는 4개의 channel을 追加하여야 하는데, 4개의 block multiplexer나 3개의 block multiplexer 및 1개의 byte multiplexer를 選擇할 수 있음.

Table II. 1978年度 美國 DP 收益金 7大會社

| 順位 | 會社 | DP 收益金 (百萬弗) | 比率 |
|----|-------------------|--------------|-------|
| 1 | IBM | 17,072 | 46.1% |
| 2 | Burroughs | 2,107 | 5.7% |
| 3 | NCR | 1,932 | 5.2% |
| 4 | Control Data | 1,867 | 5.0% |
| 5 | Sperry Rand | 1,807 | 4.9% |
| 6 | Digital Equipment | 1,437 | 3.9% |
| 7 | Honeywell | 1,294 | 3.5% |
| 合計 | | 27,516 | 74.4% |

美國 DP 産業界의 '78會計年度의 總收益金은 370억弗로 推算된다. 위에 列擧된 會社들은 參考文獻 1에 記載된 50個의 會社中 DP 收益金이 1억을 넘는 會社만을 擇한 것이다.

報産業(dp)을 거의 獨占하고 있다. Table II에 data-mation의 report를 根據로 하여 1978年度의 情報處理(dp) 收益이 10億弗 以上인 會社의 順位가 整理되어 있다. 앞에서 記述한 바와 같이 1978年度에 7천 5백萬弗 以上の dp收益金을 올린 會社가 50個 程度이며 그들의 收益을 모두 합하면 37億弗 程度로 總 dp收益의 95%에 達한다. Table II에서 보여지는 바와 같이 IBM은 46%나 차지하며 Burrough 等 다른 會社들은 各各 6% 以下를 占하고 있다.

1978년까지의 컴퓨터 産業을 紹介한 지금까지의 考察을 보면 IBM을 除外한 다른 컴퓨터 會社들이 컴퓨터 技術의 進步에 別로 寄與한 것이 없는 것 같이 잘못 認識될 수도 있다. 그러나 지금까지 取扱되지 않은 컴퓨터 産業의 또다른 領域에는 Digital Equipment와 Four-Phase Systems에 의하여 各各 代表되는 mini-computer와 intelligent terminal 分野가 있다. Super Computer에 관한 것도 아직 言及되지 않았으나 六章에서 言及될 것이다.

Table II에서 6위를 차지한 Digital Equipment 會社는 16-bit CPU와 中間程度의 成能을 갖는 mini-computer 産業界와 여러 種類의 産業機器의 附着販賣 業界 및 OEM 産業界의 先頭 走者가 되었다. 그들이 最近에 供給하는 시스템인 VAX 11/780은 1977년에 發表되었는데 이 시스템은 32-bit data path와 2백萬 byte의 MOS 記憶裝置와 virtual 運營體制를 가진 supermini及에 屬하는 컴퓨터이다[19]. 시스템 設置費用은 512K byte의 記憶裝置를 가진 CPU, 176 megabyte의 disk drive, 800/1600bpi의 tape drive, 8-line multiplexer 等과 運營體制 소프트웨어를 包含한 標準시스템으로 185,000불에 購入할 수 있다.

Table III. 10年間* 發表된 代表的인 microprocessor들의 成能 比較表

| | 8008 | 8080 | Z80 | 8748 | 8086 | Z8000 |
|--|----------|-----------------|------|------|-------|-------|
| 發表年度 | 1972 | 1973 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
| Data path width (bit) | 8 | 8 | 8 | 8 | 16 | 16 |
| Direct Addressable memory space (byte) | 16K | 64K | 64K | 4K | 1024K | 8192K |
| Powel Supply voltage (volt) | +5 -9 | +12 +5 -5 | +5 | +5 | +5 | +5 |
| resident program memory | None | None | None | 1K | None | None |
| throughput 比較 (8080=1) | 1 | 10 | 20 | 20 | 100 | 100 |

* 8008의 設計가 1969年 시작되었으며, Z8000은 1979年 發表되었다.

Table IV. 4300 Computer의 特性

| Model | 成能 | 價格 | 備考 |
|-------|-----------------------------|------------------|------------------------------------|
| 4341 | 370/148과 370/158-3의 中間(注 1) | \$ 275,000 (注 3) | 價格이 370/148의 1/2이고 370/158-3의 1/6임 |
| 4331 | 370/138과 比等(注 2) | \$ 72,000 (注 4) | 價格이 370/138의 1/4임 |

注 1. 370/150-3은 0.9MIPS, 4331은 0.7 MIPS, 370/148은 0.4 MIPS

2. 4331은 0.2 MIPS

3. CPU, 4MB memory 및 standard block MPX channel group 包含

4. CPU, 1MB memory, 1 Byte 및 1 byte 1 block MPX channel 및 integrated DASD와 MTU adaptor 包含

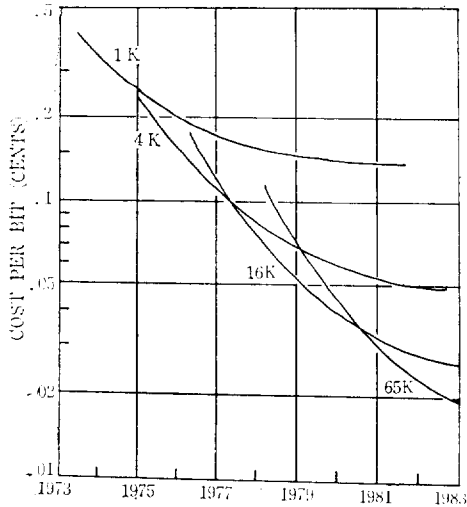


Fig. 1. Memory의 Bit當 價格

高集積回路인 random access memory가 1,024(1K)에서 65,536(64K) bit chip으로 發展하는 過程에 따라 computer 記憶裝置의 bit當 價格이 切減하는 狀態를 表示하였음.

5.1 Microelectronics

컴퓨터 産業 및 一般의인 digital産業에 技術革新은 大規模 集積回路(LSI) 특히 microprocessor[20]와 記憶裝置 回路를 取扱하는 microelectronics 分野에서 비롯되었다. 1971년에 intel 4004와 같은 4-bit 桌上 計算機用 chip을 生産하던 microelectronics 技術은 1972년에 8-bit microprocessor를 生産할 수 있었으며 1977년에는 8-bit processor와 記憶裝置를 하나의 chip 속에 內藏할 수 있었으며 現在에는 옛날의 mini-computer를 凌駕하는 16-bit microprocessor를 製作하는 데에 이르렀다.

이러한 發展은(參考文獻 21의) Table III에서 볼 수 있는 바와 같이 第一世代 8-bit microprocessor와 比較할 때 100倍 以上の 計算能力 增加를 意味한다. LSI 回路의 生産價格은 대체로 回路의 複雜性에 無關하므로(다시 말하면 chip當 10불) 現在의 microprocessor는 지난 10年 以內에 價格 및 性能面에서 100倍 以上の 進行을 가져왔다.

LSI 生産技術의 進歩는 MOS RAM(random access read/write memory circuit)를 보면 가장 잘 알 수 있다. 價格과 速度面에서 core 記憶裝置와 처음으로 競爭되었던 半導體 記憶裝置로는 1971년에 發表된 1k-bit RAM(intel 1103)을 들 수 있다. 그 以後 單位 chip當 能動素子의 個數는 每 2年마다 約 4倍씩 增加하여 왔다. 그리하여 1973년에는 4K RBM이 出現하였으며, 1976년에는 16K RAM이 出現하여 現在 大型

컴퓨터에서 널리 쓰이고 있다.

1979年 Texas Instruments에서는 4.6mm×4.6mm 크기의 chip에 65,000 以上の transistor를 包含하는 64K RAM(TMS 4164)을 市場에 販賣하기 始作했다.

密度의 增加 즉 單位 chip當의 容量增加는 參考文獻 22에 發表된 回面에서 보이는 바와 같이 記憶裝置價格의 比例의 減少를 意味한다.

microprocessor와 記憶裝置 이외에도 進歩된 LSI 技術은 周邊裝置와 programmable communication interface, programmable floppy disk controller, programmable CRT controller 등과 같은 다양한 技能을 수행하는 여러 種類의 LSI 回路가 開發되었다.

processor와 補助 chip들의 價格이 減少함에 따라 컴퓨터의 분야에 革新을 가져와 分散處理(distributed processing; 5.2에서 記述될 것임)와 personal computing[23]과 같은 分野가 商業的으로도 가능하게 되었다. 또한 一般 家電 電子工業에서 使用되는 여러가지 intelligent product들의 값싼 供給을 加能케 하고 있다.

最近의 資料[24]를 보면 20餘개의 生産業者들이 무려 100餘 종류로 低價의(chip當 2-3弗) single chip micro-computer 및 8 내지 16 bit microprocessor, 高速 disk controller와 其他 高成能의 sub-system에서 사용되는 bit-slice microprogrammable micro-processor 등을 生産하고 있다. microcomputer에 대한 또 다른 調査[25]에서도 類似하게 56개의 生産業者들의 164개의 microcomputer에 대하여 記述하고 있다. 여기에 收錄된 microcomputer들은 1,345弗의 single board microcomputer(예를 들면 Apple Computer 會社의 Apple II)에서 부터 最少限의 시스템 構成에 6,435弗이 드는 multi-user microcomputer system(예를 들면 Cromemco 會社의 System III Computer)에 이르고 있다. 더욱 複雑한 LSI 回路와 價格이 더욱 싼 microcomputer를 開發하고 共同領域을 넓히려는 끊임없는 發展이 점차 加速化되어 이루어지고 있다.

LSI 技術은 主記憶裝置의 價格과 成能의 向上 外에 高成能의 大型 컴퓨터 處理裝置의 成能을 向上시키는 데는 아직 큰 寄與를 하지는 못 하였으나 stand-alone minicomputer와 分散處理를 위한 斷末裝置들의 發展에 더욱 큰 寄與를 하였다. mini-computer의 低成能 領域은 microcomputer로 代置되고 그 대신 32-bit super-mini computer로 發展하였으며 斷末裝置는 局部的인 processing 能力을 所有하며 大型 컴퓨터와 遠距離通信 方式으로 連結되어 使用하는 分散處理 方式

으로 發展하게 되었다.

5.2 分散處理 및 Intelligent 斷末裝置

數年間に 걸쳐 computing의 樣相은 batch processing으로 부터 on-line interactive computing으로 漸次的으로 變化해 왔다. 가령 遠隔 terminal에서의 資料 入力를 생략해 보자. 가장 有效한 方法은 入力 資料의 正確性 혹은 信憑性을 資料가 入力되는 瞬間에 check하여야 할 것이다. 또한 프로그래밍 努力의 大部分이 文字(textual) 데이터를 準備하고 修正하는데 消費된다는 點을 勘案할 때 display terminal을 利用한 text editor는 在來의 keypunch보다 優秀한 tool 이 된다. 또한 interactive terminal은 data base inquiry 및 情報處理 시스템 등과 같은 컴퓨터 應用分野에서 필요불가결한 道具가 된다.

1970年代의 LSI 技術의 發達 및 價格의 下落은 intelligent terminal의 出現을 商業적으로 加能케 하였으며 또한 分散處理를 위한 局部的인 processing 能力을 갖고 있는 群集된 terminal system의 發達도 可能케 하였다. 中央의 大型 컴퓨터에 多數의 intelligent terminal system이 붙어 있는 分散處理 方式은 다음 두가지 概念에서 全體的인 價格 節減의 效果를 생각할 수 있다.

(1) 全體 作業量을 local processing에 適合한 部分은 local terminal에서 遂行하는 등 大型 컴퓨터와 terminal들 사이에서 나누어 遂行한다.

(2) 處理 技能이 分散되므로 processing이 decentralize(非中央化) 됨으로 中央의 大型 컴퓨터가 維持 補修와 故障 등의 原因으로 動作이 中斷되는 경우에도 local processing은 계속될 수가 있다(fail-soft capability).

특히 컴퓨터 分野에 있어서는 學術적으로 革新的인 着眼이 있더라도, 生産者가 그 概念을 사용하여 넓은 分野에 應用될 수 있는 經濟적으로 生存 加能한 商品을 製作하는데 成功하였을 때 만이 그 意味를 갖는다. 이런 觀點에서 four-phase systems의 intelligent terminal은 分散處理 方式을 改拓하였으며 産業界 技術이 現實態를 보여 주는 것으로 생각되어 이를 例로 든다.

Fairchild Camera & Instrument 會社에서 LIS 回路를 開發했던 여러 명의 半導體 engineer들은 60年代 末에 Fairchild를 떠나 他們 자신의 會社를 設立했으며 그중 특히 注目되는 것으로 R.N. Noyce의 Intel, L.L. Boysel의 four-phase system 등이 있다. Intel은 最初로 1K RAM chip을 生産하는데 成功하였고 microprocessor와 EPROM을 發明함으로써 半導體素

子 産業界를 이끌어 나가고 있으며[26], four-phase systems는 LSI 論理 및 記憶回路를 設計하고 生産할 뿐만이 아니라 分散處理用 computer system을 改拓하였다.

four-phase systems는 1972年 부터 System IV intelligent terminal 系列을 生産하여, 參考文獻 27에 記述된 바와 같이 1978年 初까지 5,000여개의 시스템을 設置하였다. 이 시스템의 代表的인 것인 System IV/90는 1977년에 最初로 生産되었으며 그의 特徵이 다음에 要約되어 있다.

在來의 minicomputer의 構造는 여러가지의 技能을 遂行할 수 있게 프로그램된 單一 processor에 基礎를 두고 있다. 이러한 構造를 改善하여 four-phase 시스템에서는 分散된 技能을 갖고 高速 並列 bus를 통하여 서로 連結되어 있는 여러개의 processor들로 構成되어 있으며, 이러한 module들은 使用者가 필요에 따라 選擇하여 컴퓨터를 構成하도록 되어 있다. 이러한 module의 例로 bit-slice microprocessor를 microprogram하여 만들어진 24-bit IV/90 processor, Video 畫面을 CPU의 入出力의 負擔이 미리 指定된 主記憶裝置에서 window 方法으로 處理하기 위한 Video 處理 module(群集斷末裝置를 使用한데서 비롯되는 獨特한 長點), data access를 處理하기 위하여 bit-slice microprocessor를 microprogram하여 製作된 NP/80 processor, 中央의 大型 컴퓨터와 直接的이고 迅速한 데이터의 離送이 加能하고 다른 processor와 獨立적으로 作用할 수 있는 intelligent communication controller 등이 있다.

群集斷末 컴퓨터 시스템을 使用하여 分散處理하기 위한 運營體制 소프트웨어는 從來의 大型 컴퓨터에서의 batch job을 위한 multiprogramming의 運營體制와는 懸隔한 차이가 있다. four-phase 시스템의 소프트웨어는 transaction-oriented이며, dynamic 記憶裝置 運營, 多數의 使用者에 의한 共用 file의 同時 利用方式, 使用者가 시스템을 generate할 수 있는 裝置, 對話形式으로 프로그램을 쓰고 遂行할 수 있는 言語들을 가지고 있다.

또한 four-phase 시스템은 shared logic word processing 領域에서도 先導者가 되었다. word processing 혹은 "electronic office" 시장은 1970年代가 장 빨리 成長한 分野 중의 하나이다. 參考文獻 28에 의하면 IBM 副會長인 G. Jones는 security analyst에서 1985년까지 IBM의 word processing 賣上高가 現在의 dp 賣上高와 比等해 지며 약 100억 弗에 이를 것이라고 말했다고 한다.

6. 超能力 컴퓨터

이제까지의 考察은 대체로 大型凡用 컴퓨터와 그와 關係된 課題에 重點을 두었다. 지금부터 크고 複雜한 科學的 問題를 解決하기 위한 超能力 컴퓨터에 關하여 簡略히 言及하며 한다.

1960年代 中葉에는 美國防省의 Advanced Research Project Agency의 持援을 받아 Illinois 大學(D. Slotnick 팀)에서 設計되었으며 Burrongh 會社와의 契約下에 製作된 ILLIAC IV라는 컴퓨터가 있었다. 이 컴퓨터는 總 256個의 processor를 各各 64個 processor array로 配列한 parallel processing 構造를 갖고 있다. 이 機械가 各 段階마다 64個의 同一한 instruction의 遂行이 可能한 問題(예를 들어 어떤 形態의 微分方程式같은 問題)를 解決하는데 最大로 性能을 發揮할 수 있다. 이 時代의 또 다른 先驅者의 役割을 한 機種은 Control Data 會社의 STAR 100인데 이것 역시 vector方法으로 parallel processing을 利用한 機種이다. 이 컴퓨터의 그러한 機械 構造가 가지는 特性이 그 當時 잘 理解되지 못하였기 때문에 效果의 使用上의 制約이 있었다.

現在 超能力 컴퓨터界의 先頭 走者는 CDC 1604, 6600, 7600 컴퓨터 시스템의 主要 設計者이며 Control Data 會社의 設立者의 한 사람이었던 S. Cray에 의하여 設立된 Cray Research Inc.의 Cray-1 컴퓨터이다. Cray-1은 第3世代의 大型컴퓨터와 같이 集積回路와 半導體 記憶裝置를 使用하여 構成되어 있다. 이것은 word size가 64-bit이며, 記憶容量이 1백만 word 이고, scalar mode에서의 clock 周期가 12.5 nano second로 IBM 370/195 5臺의 性能에 達한다. vector mode에서 單位 時間當 1億3千8百萬個의 floating point 演算(138MFLOPS)을 할 수 있으며 경우에 따라서는 더 많은 單位 時間當 演算을 할 수 있다(250 MFLOPS)[29].

1977년까지는 3臺의 CRAY-101 Los Almos 科學研究所, 國立大氣研究所, 中級日記錄報유럽센터 등에 各 各 하나씩 設置되었다.

7. 第四世代 컴퓨터 : LSI Technology

第3世代로 부터 第4世代로의 發展은 從前의 경우와 같이 그 區分이 明白하지는 않다. 컴퓨터 素子 技術의 發展傾向을 미루어 보면 大單位 集積 技術은 새로운 世代를 規定짓는 明白한 尺度가 될 수 있다. 그러나 大型 컴퓨터에서의 LSI technology의 影響은 最近까지도 記憶裝置 시스템에 局限되어 있는 實情이

다. S. Cray[30]에 의하여 指摘된 바와 같이 高性能 컴퓨터의 制御, 論理回路를 한 chip속에 數 많은 gate 를 가지고 있는 集積回路로 設計하는 것은 매우 어렵다. 論理回路는 不規則하여 同一 形態의 gate 群의 反復으로 나타낼 수 있는 部分이 별로 없기 때문이다. 따라서 大型 컴퓨터의 論理回路에서 LSI technology 를 利用하려면 새로운 接近方式이 必要하였다.

위에서 叙述한 하드웨어의 觀點에서 뿐만 아니라 現存하는 소프트웨어의 價格과 새로운 프로그램의 開發 維持에 必要한 價格의 增加 趨勢를 考慮하여 볼 때 컴퓨터 architecture에 큰 變化를 주는 것은 거의 不可能하게 되었다. 예를 들면 現存하는 IBM 시스템 370 과 그의 compatible한 컴퓨터 시스템에서 使用되고 있는 소프트웨어의 價格은 2천억불에 이를 것으로 推算 된다[31]. 소프트웨어 엔지니어링이나 프로그램 方法論에서 根本的인 發展이 없는 限 未來의 컴퓨터 architecture는 現存하는 컴퓨터의 architecture와 類似할 것이다. 即 컴퓨터 architecture의 發展은 第2 世代나 第3世代의 發展과 같이 革新的인 것이 아닌 漸進的인 것이 될 것이다. 따라서 앞으로의 컴퓨터 產業은 價格\性能比 改善에 主眼點을 두어 發展할 것이다.

새로운 世代 컴퓨터의 始作은 1979年 1월에 發售된 IBM 4300 系列 컴퓨터에서 비롯된다. 디스크 및 周邊裝置의 改良 뿐만 아니라 主記憶裝置와 論理回路에서의 最新 LSI 技術의 導入으로 4300 系列에서는 IBM 이나 다른 會社들이 일찌기 敢行하지 못하였을 程度로 懸隔히 價格/性能 比率를 減少시켰다.

4300 系列에서는 64K RAM chip을 使用하여 主記憶裝置의 價格을 mega byte當 1만 5천불로 減少시켰다. 이것은 1K chip을 使用한 303X 系列의 mega byte 當 7만 5천불, 370 系列의 mega byte 當 11만불과 比較하면 相當한 價格 下落이다.

또한 大型 컴퓨터의 處理裝置의 設計에 LSI 技術을 利用하는 方法으로 革新的인 704-circuit logic chip을 開發하였다(이것을 參考文獻 31에서는 IBM이 지난 9 年 以來 처음으로 成就한 革新이라고 言及하였다). 704-circuit logic chip은 704개의 schottkg TTL gate의 配列로 構成된 master-slice chip에서 始作하여 여러가지 必要한 機能은 마지막 3段階의 metalization을 computer aided design(CAD) 및 전자 팀 技術을 利用하여 添加하므로써 使用할 수 있도록 製作되었다. 704 circuit chip의 使用으로 4331 CPU는 시스템 370 모델에서 15장의 board를 使用하여 製作된 技能을 4장 半만의 board를 使用하여 遂行할 수 있게 하였다. board 장수의 減少는 바로 生産價格의 下落을

의미한다.

現在 販賣되고 있는 4300 series 모델들의 價格, 性能 特性이 Table IV에 간략히 要約되어 있다[32]. 4300이 發表된지 한달 만에 10만餘개의 注文이 있었다고 한다[33].

大型 컴퓨터에서 LSI-技術 使用의 또 하나의 革新的인 接近은 1979년에 처음 發表된 sperry univac 1100/60에서 볼 수 있다. 1100/60 CPU에서는 4-bit slice ECL microprogrammable microprocessor를 使用하여 UNIVAC 1100系列과 同一한 macro architecture를 갖도록 設計되었다. UNIVAC 1100系列 컴퓨터는 1969년에 供給되던 1106에서 始作하여 여러가지 모델로 發展해 왔다[35]. 앞에서 言及한 1100/60는 이 論文은 쓰고 있는 現在 價格 및 性能等이 널리 發表되어 있지 않은 狀態이다.

컴퓨터 및 關聯分野에서의 技術 進歩는 앞으로 더욱 컴퓨터의 價格/性能을 改善하여 80年代의 새로운 컴퓨터 時代가 期待된다.

參考文獻 및 索引

1. The Datamation 50; "The top 50 U.S. companies in the DP. industry," Datamation, May 25, 1979.
2. "The on-line real time SMP (scanning and measuring projector). development project," Department of physics, and Coordinated Science Laboratory, University of Illinois, Urbana, Ill. (1962~1967). 본 project는 大學校에서 設計되어 만들어진 實驗用 Computer "CSX-1"와 Computing Center의 IBM 7094에서 動作하는 大型 software를 包含하였다. 자세한 것은 본 著者の Illinois를 大學校에서의 1967年 ph. D 論文에서 찾아볼 수 있다.
3. 本人은 1968년부터 1974년까지 Stanford Center for Information Frocessing, Stanford University, Stanford, Ca.의 Coordinating Committee의 委員으로 있었는데 이 곳에는 ASP 下에서 multi-CPU configuration를 갖는 triplex인 2대의 IBM System/370-168(VS2)와 1대의 System/360-91(MVT)가 있다. 仔細한 것은 Triplex Guide와 Visitors Handbook을 보라.
4. 朴喆熙; "Software transport system-several basic prablems in software engineering", 韓國情報科學會誌 4, 2(1977), p.81~94.
5. 朴喆熙; "A historical review of software

- technology," 發表 豫定
6. Rosen, S; "Electronic computers, a historical survey," Computing Surreys 1,1(1969) p.7~36.
7. Cole, R. W.; "Introduction to computing. McGraw Hill", Inc. (1969).
8. Block E. and D. Galage, Component Progress; "Its effect on high-speed computer architecture and machine organization", Computer 11,4 (1978) p.54~75.
9. 集積回路는 構造面에서 (1) monolithic, (2) thin 혹은 thick film과 (3) hybrid로 區分된다. (1)은 semiconductor 材料를 使用하여 monolithic 本體로 全體回路를 形成한 것이고, (2)는 絶緣 substrate에 傳導體나 抵抗film을 deposit하여 回路를 fabricate한 것이며, (3)은 ceramic substrate에 discrete component를 서로 連結하여 造立한 것이다.
10. Brooks, F.P.; "The mythicol man-Month".
11. "Computer characteristics review", 13, 2, GML Corp. (1973)
12. "IBM system/370 principles of operation", GA22-7000-3, IBM Corp. (1973)
13. "IBM system/370 system summary". GA22-70001-6, IBM Corp. (1976).
14. Amdahl, G.M., G.A. Blaauw, and F.P. Brooks; "Architecture of the IBM system/360", IBM Jour. Res. Dev., 8 (1964) 87~101.
15. Auerbach Computer Technology Reports, "Intel corp. advanced systems", Report No.480. 011.200 (A-2/78), Auerbach Publishers Inc.(1978)
16. Computer October 17, 1977.
17. "Mid-range IBM users offered more for Less", Computerworld June 5, 1978.
18. Auerbach Computer Technology Reports; "IBM corp. 3000 series processor complex", Report No. 100.4239.752 (A-12/G), Auerbach Publishers Inc. (1978)
19. Datapro Report on Computers; "DEC VAX-11/780", Report No. M11-384-401. Detapro Research Corp. (1978)
20. 朴喆熙; "Micporocessors", 韓國電子工學會誌 25 (1976) 535~539.
21. Garland, H; "Introduction to microprocessor system design", McGraw-Hill Book Co. (1979)
22. Noyce, R. N.; "Microelectronics", Scientific

American 237,3 (1977) 62~69.

23. IEEE Computer, 10,3, March (1977), Datamation 23,7, July(1977), byte, Interface, kilobaud, Dr. Dobb's Journal of Computer Calisthenics & Orthodonta. 등 microcomputer를 專門의으로 取扱한 雜誌 參照.

24. "Microprocessor specifications", Report No. Mφ9-φ5φ-1φ2, Datapro Research Corp. (1979).

25. "Microcomputer specifications", Report No. Mφ9-φ5φ-21φ, Datapro Research Corp.(1979)

26. "UV erasable programmable read only memory", one of the unique devices in ROM family: Intel Memory Besign Handbook, Intel Corp. (1977)

27. Auerbach Computer Technology Reports; "Four-phase systems system IV intelligent terminals", Report No. 160-3802.100, Auerbach Publishers Inc. (1978).

28. Lecht, G.P.; "Waves of change", 發刊 豫定. 初緣은 Computerworld 1977年 4月 18日 부터 1977年 10月 17日 사이에 連載되었음.

29. Russel, R.M.; "The CRAY-1 computer system", CACM 21,1 (1978) 63~72.

30. Meyer, W.; editor, Compcon Spring Wrap-up; "Why bother with large computers", Computer 11,4 (1978) 78

31. Durniak, A.; editor, Technology Update, Computers, Electronics 52, 22(1979) 164—178.

32. Datapro Report on Computers; "IBM 4300 series", Report No. 70c-491-08a, Datapro Research Corp. (1979).

33. Uttal, B; "How the 4300 fits I.B.M.'S new strategy", Fortune July 30, 1979.

34. "Motorolla M10800 ECL 4-bit slice processor family", 1100/60 LSI bit slice microprogrammable microprocessors를 使用해서 設計한 첫번째의 mainframe computer로 알려졌다.

35. Datapro Report on Computers, "UNIVAC 1100 series", Report No. 70c-877-11a, Datapro Research Corp. (1978)