

尖端生產技術(AMT)의 戰略的 分類:
調整-供給-活用の 階層構造를 中心으로

*A Strategic Classification of Advanced Manufacturing
Technologies based on a Hierarchical Approach*

1995. 8

朴 容 兌

科學技術政策管理研究所(STEPI)

責任研究員, 經營學博士

Abstract

Advanced Manufacturing Technology (AMT), a comprehensive collection of new technologies for the efficiency and flexibility of manufacturing systems has received a growing attention recently. AMT consists of various industrial and technological components, homogeneous in some aspects while heterogeneous in others. Thus, it is difficult but necessary task to construct a classification framework in which the relationship among individual technologies are depicted in a meaningful fashion.

In this paper, we propose a hierarchical framework in which the objective and criteria of classification are decomposed into three levels: industrialization, development and application of AMT. At the first and highest level, the main interest is to "industrialize" AMT. The major actors at this level are policy makers (public sector) and top management (private sector) and the primary classification criterion is the interrelationship between industry and technology. At the middle level exist system engineers whose main objective is to "develop" new technologies and/or systematize individual technologies. At the final and bottom level, shop floor managers need to "apply" AMT in order to enhance the efficiency and flexibility of manufacturing process. It should be stressed that, as a whole, the above three levels should be interactively linked so that each level contributes to the balanced development of AMT.

I. 序 論

기계(mechanical), 전자(electronic) 및 정보(information)기술의 결합을 통해 생산시스템의 계획, 운용 및 통제의 效率性和 柔軟性を 제고하기 위한 이른바 尖端生産技術(Advanced Manufacturing Technology: AMT)은 최근 국내제조업이 당면하고 있는 생산성의 저하, 임금상승, 및 노동력 부족문제를 해결하고 나아가 산업간 또는 산업내의 구조를 합리화·고도화하는데 가장 효과적이고 범용적인 기술요소로서 산업정책적 관심이 집중되고 있는 분야이다. 또한 생산방식 및 제품구조를 시장수요의 변화에 맞추어 다양화, 고부가가치화시킬 수 있는 적극적 수단으로서 AMT의 전략적 가치에 대한 인식도 폭넓게 확산되고 있는 추세이다.

AMT는 기술내용이 하드웨어와 소프트웨어의 결합을 요구하는 시스템적 성격을 지니고 있고 원천기술의 배경도 기계, 전자, 정보분야등에 다양하게 분포되어 있어 그 내용과 범위를 명확하게 규정하는 일은 지극히 어려운 과제이다. 또한 각각의 기술요소는 그 용도나 기능이 크게 다를 수 있으므로 모든 기술요소들에 적용될 수 있는 보편적인 원리나 기술목표를 파악하는 것도 불가능한 일이다. 즉, AMT는 「産業的」, 「技術的」 또는 「機能的」 측면에서 다양한 기술요소들이 포함되는 技術集合의 성격을 지니고 있는 것이다.

AMT의 分類에 대한 관심과 필요는 이러한 「多樣性」과 「包括性」의 특성에서 비롯된다고 할 수 있다. 즉, 동일한 기술집합에 대해 그 구성요소들을 분류하는 기준과 체계는 분류의 목적과 시각에 따라 달라질 수 있으며 따라서 AMT의 분류작업은 AMT의 전체적인 개념을 정립하는데는 물론 AMT의 효과적인 활용을 위한 방향성과 전략을 수립하는데도 매우 중요한 과제가 되는 것이다. 구체적으로, 巨視的 차원에서는 공급측면에서 AMT산업의 육성·발전 및 기술개발전략과 수요측면에서 AMT의 보급 및 확산전략의 수립에 기초자료로 활용되며 微視的 차원에서는 개별기업의 AMT 도입에 대한 의사결정, 물리적 시스템의 구성, 관리 및 통제시스템의 구축등의 基準을 제공하게 된다.

이러한 중요성과 필요성에도 불구하고 현재까지의 AMT 분류체계는 매우 단순한 기준에 의해 이루어져 왔다. 이미 시장화/상품화가 이루어진 주요한 기술요소들을 단순히 나열하거나(예를 들어 CAD/CAM, NC공작기계, PLC, Robot, FMS등), 공정의 흐름에 따라 順次的으로 나누는(예를 들어 design기술 - fabrication/assembly기술 -

inspection기술 등) 기본적인 분류기준들이 적용되는데 그친 실정인 것이다. 더구나 기존의 분류작업은 본격적인 연구주제로 다루어지기보다는 기술개발계획이나 기술수요조사 및 통계관리의 목적으로 일반적인 접근을 시도하는데 그쳐왔다. 따라서 좀더 전략적이고 다양한 기준에 의해 AMT의 분류체계를 모색하는 작업은 매우 의미있는 일이라고 할 수 있다.

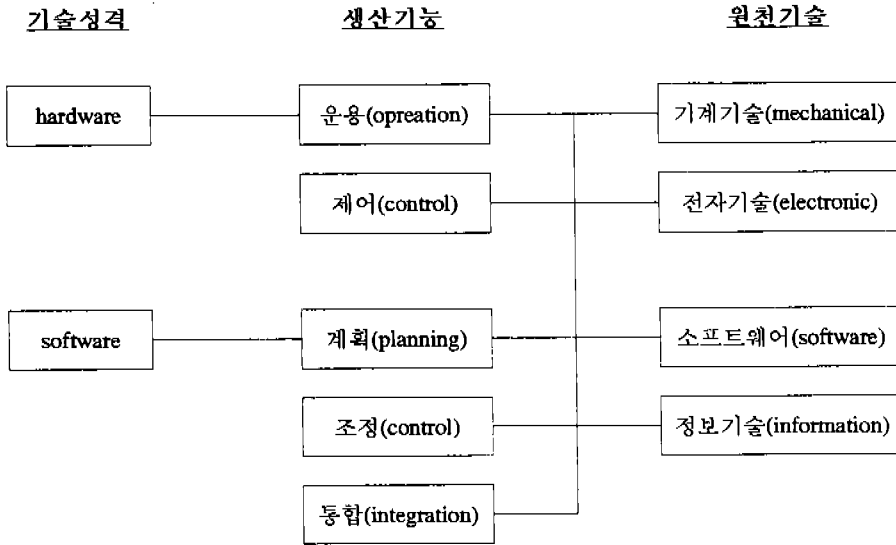
본고는 위에서 지적한 필요성에 대한 인식과 AMT의 차별적 특성의 이해, 그리고 기존의 분류체계에 대한 비판적 시각을 토대로 AMT의 다양한 분류체계를 모색하고 나아가 각각의 분류체계가 갖는 산업정책과 기술개발의 戰略的 의미를 파악하는 것을 그 일차적 목적으로 한다. 이러한 작업은 나아가, AMT기술의 본격적인 산업화, AMT기술의 개발과 공급, 그리고 AMT기술의 활용 및 확산이라는 세가지의 서로 다른 목표와 기능의 효과적 연계를 위한 정책적 示唆點을 도출하는 것을 궁극적 목적으로 하고 있다.

II. 尖端生産技術의 定義와 內容

이른바 첨단생산기술(AMT)로 불리우는 오늘날의 새로운 생산기술들을 한마디로 정의하는 것은 지극히 어려운 일이다. 그 이유는 무엇보다 AMT가 기술적 특성이나 기능의 측면에서 지극히 다양하고 相異한 기술요소들로 구성되어 있으며 동시에 하드웨어와 소프트웨어의 결합, 기계, 전자 및 정보기술의 결합등을 요구하는 시스템적 성격을 지니고 있기 때문이다. 또한 AMT는 그 기술목표에 있어서도 생산공정의 효율성 뿐만 아니라 생산시스템 전체의 柔軟性和 戰略性を 강조하고 있어 전통적인 생산기술보다 훨씬 복합적인 요소들을 포함하고 있다.

이러한 특성을 종합하여 AMT의 정의를 내린다면 「기계(mechanical), 전자(electronic), 정보(information) 및 소프트웨어(software)기술의 결합을 통해 생산시스템의 계획(planning), 운용(operation) 및 통제(control)의 效率性和 柔軟性を 제고하기 위한 새로운 생산기술」을 통칭하는 개념이라고 할 수 있을 것이다(<그림 1> 참조).

< 그림 1 > AMT의 概念圖



그러나 본고에서는 세부적인 단위기술들을 모두 AMT의 範疇에 포함시키고 있지 않다. 그 이유는 첫째, AMT의 관련기술이 워낙 방대하고 다양하기 때문에 이들 모두를 포함시킬 경우 분류체계가 지나치게 복잡하고 難澁해 질 위험이 크기 때문이다. 또한, 본고의 분류목적과 성격이 기술개발계획이나 현황조사계획의 수립을 위한 대상기술의 세부목록을 작성하는 것이 아니라 AMT산업의 발전과 기술확산을 위한 전체적인 전략과 방안의 모색에 있으므로 종합적이고 세밀한 분류체계는 오히려 연구의 방향성을 흐리게 할 가능성이 크다. 따라서 본고에서 다루는 첨단생산기술은 하드웨어와 소프트웨어를 網羅하되 시장성과 기능성의 측면에서 독립적인 완성도를 지니는 요소기술들을 그 대상으로 한다.

III. 尖端生産技術의 分類體系

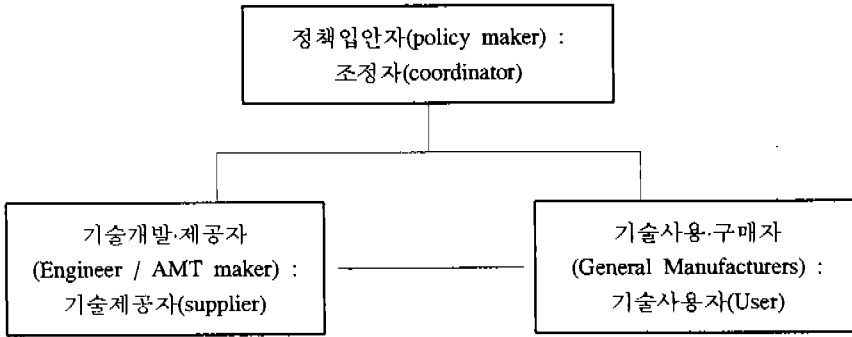
1. 分類의 目的과 基準

복잡하고 다양한 요소들로 구성된 집단을 분류하는 데는 크게 두가지의 분류방향이 있다. 첫째는 記述的(descriptive)인 분류로, 집단의 전체적 구조와 구성요소들의 연관관계를 단순히 해석하고 설명하는 것을 그 목적으로 하는 접근이다. 이에 반해 規範的(normative) 분류는 분명한 목적의식을 가지고 그 목적에 맞는 기준에 의해 분류함으로써 목적의 달성에 필요한 시사점을 도출하고 효과적인 대안과 수단을 수립하기 위한 분류방향이다. 본고에서의 분류는 규범적인 분류방향을 채택하고 있다. 그 이유는 본고의 성격이 技術的(technical)이 아니라 戰略的(strategic)이라는 점 때문이다. 즉, 기술자체의 관점에서 AMT의 내용과 구조를 분석하는 것이 아니라 산업정책과 기업 전략의 측면에서 AMT를 파악하고 있는 것이다.

이러한 전제하에서 본고는 다음 세가지의 階層的(hierarchical) 또는 順次的(sequential) 분류기준을 제시하고 있다. 먼저 AMT의 기술수준 제고와 산업화를 위해서는 산업정책적 차원에서의 방향성이 확립되어야 한다. 따라서 정책입안자(policy maker)나 최고경영자(top management)의 입장에서 바라보는 AMT의 분류기준이 필요하다. 다음단계로는 AMT의 기술개발과 공급을 위한 기술정책적 방향성이 제시되어야 한다. 따라서 기술개발자 또는 제공자(technology developer or supplier)의 입장에서 AMT를 파악하는 기준이 필요하다. 마지막으로 AMT의 효과적인 활용과 확산을 위해서는 실제로 생산공정에서 AMT를 도입, 적용하는 기술사용자(technology user)의 觀點에서 이해하는 분류기준이 제시되어야 한다(<그림 2> 및 <표 1> 참조).

정책입안자의 기본적인 목표와 관심은 AMT의 산업화에 있으며 따라서 분류기준의 要諦는 산업과 기술의 연관관계(industry-technology linkage)가 된다. 한편 기술개발 내지 공급자의 목표는 신기술의 개발과 단위기술의 시스템화에 있으므로 분류기준의 핵심은 기술-기술간의 연계성(technology-technology linkage) 또는 기술-시스템의 구조(technology-system linkage)에 있다고 할 수 있다. 또한 기술사용자의 목적은 AMT의 활용을 통해 생산공정의 효율성과 신축성을 제고하는데 있으므로 분류의 기준은 기술-공정간의 연계성(technology-manufacturing process linkage)이 되는 것이다.

< 그림 2 > 분류주체의 機能的 構造



< 표 1 > 분류기준의 階層的 構造

계층구조	관 점	목 표	분류기준
上 位 : 정책입안자	조정자의 관점	AMT기술의 산업화	기술-산업 연계성
中 位 : 기술개발자	기술제공자의 관점	신기술 개발/ 단위기술의 시스템화	기술-기술 연계성, 기술-시스템 연계성
下 位 : 기술수요자	기술사용자의 관점	공정의 효율성 및 신축성 제고	기술-공정 연계성

2. 산업기반 구축을 위한 분류

2.1 분류의 성격

일반적으로 신기술의 출현배경이나 상품화과정은 특정산업과 밀접한 관련을 맺게 되며 그 산업은 해당기술의 母産業의 역할을 하게 된다. 물론 기술결합(technology blending)이나 기술융합(technology fusion)현상을 통해 다른 산업에 연결될 수도 있지만

기술적 源泉이나 산업적 母體는 단일산업에 존재하는 것이 보편적이며 또한 기술의 수요도 그 산업에 관련된 최종재의 생산에 직결되게 된다. 따라서 대부분의 기존기술 또는 신기술의 경우 산업정책이나 전략을 위한 기술분류는 그 기술이 속하는 해당산업의 성격과 구조를 기초로 비교적 단순하고 명확한 형태로 제시될 수 있다.

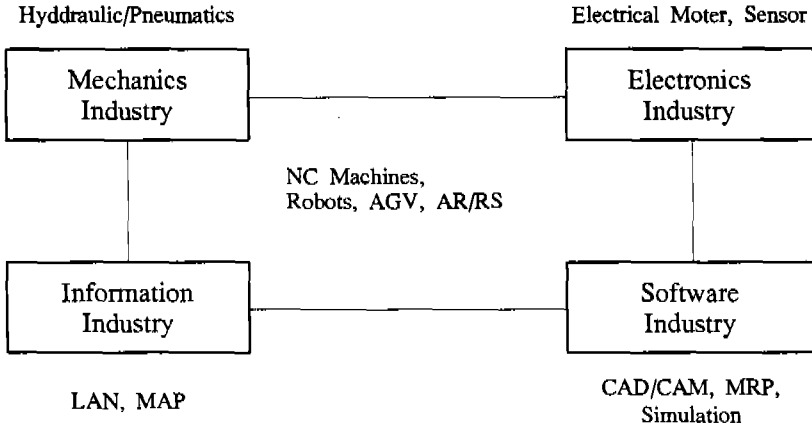
그러나 AMT의 경우는 기술적 배경이 다양한 산업에 걸쳐 존재하기 때문에 기술과 산업간의 연계성이 복잡한 형태를 지니게 되며 따라서 기술-산업의 연계성을 토대로 한 기술분류가 容易하지 않다. 또한 이러한 특성은 나아가 AMT의 산업기반을 구축하는 과정에서 가장 근본적인 문제로 작용하게 된다. 그러한 의미에서 AMT의 산업화를 위한 분류의 초점은 개별기술이 속하는 母體産業의 파악에 모아지게 된다. 물론 여기서 뜻하는 모체산업은 이미 산업화의 과정을 거쳐 독립적인 산업의 형태로 존재하는 기존산업을 말하는 것이다(예를 들어 표준산업분류에 나타나는 산업). 결국 AMT의 산업화를 위한 기본적인 방향과 전략을 도출하기 위해서는 AMT를 구성하는 요소기술(또는 제품)들의 산업적 배경을 이해하는 것이 가장 중요한 先行작업이 되는 것이다.

2.2 분류의 내용

上述한대로 AMT의 산업-기술 연계구조는 다양하고 복잡한 특성을 지닌다. 역사적으로 AMT의 출현과 발전을 촉발시켰고 오늘날에도 AMT와 가장 밀접한 관련을 맺고 있는 분야는 물론 기계기술이다. 그러나 본격적인 의미의 AMT를 가능하게 한 動因은 전자기술의 발전이며 실제로 전자기술은 거의 모든 AMT의 하드웨어의 구성요소로서 또는 소프트웨어의 運용매체로서 커다란 역할을 하고 있다. 또한 신속성·통합성의 필요성과 공정의 복잡성이 증대됨으로써 소프트웨어 및 정보/통신기술의 결합도 深化되고 있는 추세이다.

따라서 오늘날의 AMT를 그 산업기술적 측면에서 명확하게 나누는 것은 거의 불가능한 작업이 되고 있다. 그러나 기술적 원천이나 상대적 중요도에 따라 분류하는 일은 가능하며 그러한 기준과 수준에 의해 AMT를 분류한 결과가 <그림 3>에 나타나 있다. 여기서 지적해야 할 것은 일부기술(제품)은 특정산업에 거의 全的으로 속하는 반면 여타기술(제품)은 여러 산업기술분야에 중복되어 소속되며 그 상대적 의존도는 兩산업 사이를 잇는 區間的 위치에 따라 다르게 표시되어 있다는 점이다.

< 그림 3 > 技術-産業 連繫性에 의한 분류체계



2.3 정책적 · 전략적 의미

지금까지 살펴본대로 AMT는 그 기술적 · 산업적 특성으로 인해 하나의 독립산업으로 발전하기 어려운 속성을 지닌다. 더구나 AMT는 불특정 다수의 일반수요자를 위한 표준화제품을 생산 · 판매하는 것이 아니라 그러한 제품을 만들기 위한 공정설비 및 운용기법을 제공하는 분야이기 때문에 대규모의 안정적인 市場을 형성하기 어려운 문제점도 안고 있다.

AMT의 産業化를 위한 기본방향의 수립은 한마디로 “어떠한 종류의 AMT산업을 지향할 것인가?”하는 문제에 직결된다. 이러한 질문의 해답을 위해서는 다음 두가지의 또다른 질문에 대한 설명이 先行되어야 한다. 그 첫째는 “그 나라의 기술수준과 比較優位의 측면에서 어떠한 종류의 AMT가 가장 바람직한가?”하는 질문이다. AMT는 다양한 분야의 기술요소가 결합되어 이루어지고 복잡한 제품구조를 가지기 때문에 한 나라가 모든 필요기술을 보유하거나 한 기업이 제품구조의 전과정을 담당하기 어려운 특성을 지니고 있다. 따라서 각국 또는 각기업의 기술적 비교우위에 의해 특정기술분야나 특정과정을 중심으로 特化하는 전략이 불가피한 것이다. 이러한 점은 우리나라와 같이 중간적 기술수준에서 기술분야간의 比較優位 또는 劣位가 뚜렷하거나 AMT의 胎動期에서 catch-up을 추구하는 후발국의 경우에 더욱 강조되는 전략이다. 그러므로 기술수준과 비교우위의 분석에 기초하여 AMT의 성격을 규정하는 일은 AMT산업

의 기본방향을 수립하는데 있어 첫걸음이 된다.

그 둘째는 “그 나라의 산업구조가 어떠한 종류의 AMT를 필요로 하는가?”하는 질문이다. 위에서 지적한대로 AMT의 수요계층이 「제조업체」이기 때문에 산업간의 산업구조의 차이와 산업내의 산업조직의 차이에 따라 AMT의 활용범위나 용도가 달라지게 된다. 또한 국내시장의 규모와 대외무역 구조의 차이에 따라서도 AMT의 산업화 방향은 달라져야 하는 것이다. 나아가 노동구조, 임금구조등과 같은 사회적·경제적 상황도 AMT의 산업화 방향을 결정하는데 반드시 고려되어야 할 요소들이다.

이러한 질문들에 대한 분석을 토대로 제시될 수 있는 AMT산업의 類型은 어떤 기존산업이 AMT 산업화의 중심적 역할을 담당하는 「核心産業」의 역할을 하고 여타의 어떤 산업들이 핵심산업을 보조하는 「周邊産業」으로 작용할 것이냐 하는 문제의 결정에 따라 몇가지로 나누어 질 수 있다. 또한 각유형에 적합한 산업특성이나 여건을 정리하여 나타내면 <표 2>와 같다.

< 표 2 > AMT의 産業化戰略 類型

산업화 전략	핵심산업	주변산업	산업 특성
기계산업 중심형	기계산업	전자산업, 소프트웨어산업	- 자본집약적 산업구조 - 대규모, 안정적 국내시장 - 소수 대기업과 다수의 중소규모 부품업체 - 미국, 일본, 독일 등
전자산업 중심형	전자산업	소프트웨어산업, 정보/통신산업, 기계산업	- 노동집약적 산업구조 - 수출주도형 산업구조 - 전략적 Industrial targeting - 한국, 대만 등
소프트웨어산업 중심형	소프트웨어산업	전자산업, 정보/통신산업	- 지식집약적 산업구조 - 협소한 국내시장 - 싱가포르, 이스라엘, 홍콩 등

AMT분야와 관련된 기업들의 전략유형들도 몇가지로 나누어 볼 수 있다. 전통적으로 AMT기기 專業메이커로서 성장한 기업들의 경우는 기계기술의 비교우위를 토대로 제품라인을 다양화시키거나 하드웨어기술을 기초로 한 시스템화를 지향하는 전략

을 채택할 수 있다. 그러나 정보 및 소프트웨어 전문업체들의 경우는 하드웨어의 제어기술이나 시스템운용 소프트웨어기술을 바탕으로 AMT분야에 特化하는 것이 바람직하다. 특히 오늘날의 AMT가 신축성 위주의 제어기술과 소프트웨어부문의 부가가치를 重視하는 경향임을 감안할 때 이 분야의 잠재적 성장가능성은 지대하다고 할 수 있다.

한편 대규모 제조업체들의 경우는 기존의 수요자 입장에서 AMT를 새로운 사업부문으로 추가시킬 수 있다. 이러한 경우 AMT사업은 물론 신규참여의 형태를 띠게 되며 따라서 기업전략도 기존업체들과는 差別的이어야 한다. 이들업체들의 비교우위는 AMT의 실제 활용경험에서 축적된 운용 know-how이며 사용자중심(user-specific)의 AMT를 제공할 수 있다는 강점을 지니게 된다. 또한 AMT제품을 자체적으로 受容할 수 있는 내부수요를 확보하고 있으므로 신규참여자로서의 위험성과 불확실성을 어느 정도 흡수할 수 있는 장점도 있다. 나아가 수요자로서의 협상력의 발휘를 통해 시스템화의 標準化과정을 主導할 수 있다는 점도 지적할 수 있다(<표 3> 참조).

< 표 3 > AMT의 企業戰略 類型

기업성격	FA부문의 位置	비 교 우 위	진 개 방 향
AMT기기 제조업체	전통적 主力部門	- 기계기술 보유 - 생산기술 보유 - 시장확보 및 마케팅 know-how	- AMT기기 다양화 - 하드웨어 기술토대로 시스템화 지향 - 소프트웨어 부문 강화
정보기기 및 소프트웨어 공급업체	정보기기 및 시스템사업의 일부분	- 정보처리·제어 기술 보유 - 전자·정보기기 생산기술 보유	- AMT기기의 핵심부품 공급 - 소프트웨어 기술 토대로 시스템화 지향
AMT 수요업체	신규참여 부문	- 운용 know-how 보유 - 보편적 생산기술 보유	- 自社技術 활용, FA, 소프트웨어 시장 신규참여 - 시스템화를 위한 標準化 주도

3. 기술개발체제 구축을 위한 분류

3.1 분류의 성격

AMT의 산업화를 위한 또다른 조건은 AMT 공급의 量的 확대와 質的 고도화이다. 이러한 공급능력의 제고를 牽引하는 것은 기술의 발전이며 이를 위해서는 효과적이고 유기적인 기술개발체제와 방향이 수립되어야 한다.

기존기술의 개량 및 신기술의 개발을 주도하는 기술제공자의 입장에서는 기술-기술의 연계성(technology-technology linkage) 또는 단위기술의 시스템화 (technology - system linkage)에 주된 관심을 갖게 된다. 따라서 기술분류의 성격과 수준은 한편으로는 보다 微視的이고 구체적인 양상을 보이게 되며 다른 한편으로는 구조적이고 종합적인 성격을 띠게 된다. 前者의 경우는 개별기술의 深化를 통해 점진적인 시스템화를 지향하는 전략이며 後者の 경우는 시스템을 전제로 부분기술들의 組合를 추구하는 전략이라고 할 수 있다. 이러한 전략적 차이는 AMT의 분류체계에도 직접적인 영향을 미치게 되며 분류내용과 구조도 크게 달라질 수 있다.

3.2 분류의 내용

(1) 단위기술별 분류체계

기존의 분류체계 가운데 가장 대표적인 것은 AMT와 관련된 주요 기술요소들을 平面的으로 나열하는 방법이다. 즉, 주요한 기술요소들을 기술요소간의 연관성이나 우선순위를 고려하지 않고 단순히 나열하는 분류를 가리킨다. 이 경우 각 기술요소 내에(대분류) 관련된 세부기술들을 부가시킴으로써(중분류/소분류) 부분적인 계층구조를 제시할 수도 있다.

이러한 분류는 기술개발이나 습득에 있어 각 기술요소들에 대해 개별적으로 접근하는 방향을 의미하는 것으로서 (1) 현재의 기술수준이나 여건하에서 접근가능한 순서대로 추진하거나 (2) 가능한 한 기술요소를 넓게 선택함으로써 연구개발 인력과 자원을 분산시키는 목적에 기초한다고 할 수 있다. 따라서 이러한 접근은 (1) 연구인력과 자원의 범위 및 분포가 지나치게 방대하여 중앙통제식의 엄격한 관리가 불가능하거나, (2) 전체적인 시스템화보다 개별기술에 대한 기술수준의 集中的인 제고가 필요하거나, (3) 기술개발과정이 초기단계에 머물러 있어 구조적인 연결이 어려운 경우에

채택될 수 있는 방법이다.

단위기술의 나열은 포함되는 단위기술의 종류나 나열순서에 따라 무수한 분류체계가 제시될 수 있으나 근본적인 차이는 있을 수 없다. 다만 위에서 지적한대로 단위기술간의 기술적·경제적 중요성과 가능성에 따라 그 범위나 순서를 달리 정할 수는 있을 것이다. 이러한 관점에서 가장 典型的인 분류체계의 하나를 제시하면 <표 4>와 같다.

< 표 4 > 단위기술별 분류체계

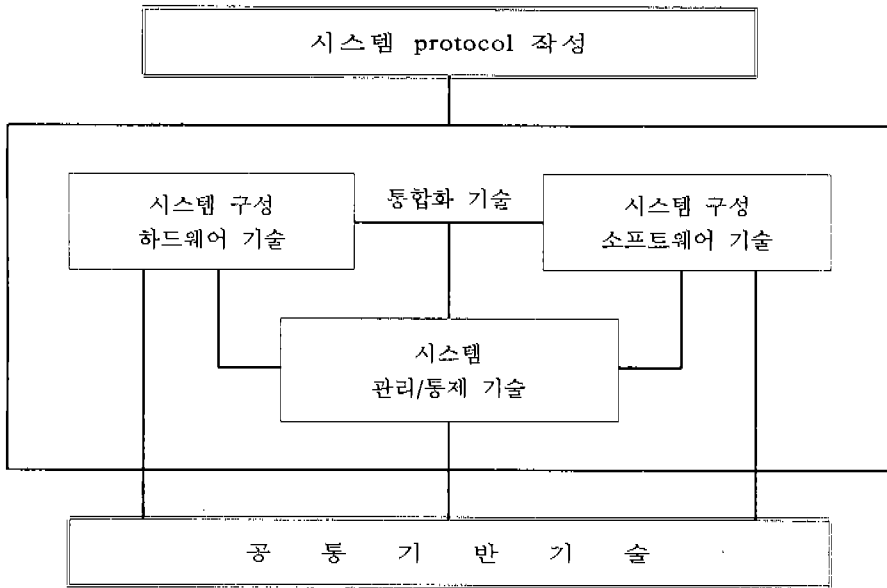
대분류	중분류	대분류	중분류
CAD	- 도형처리기술 - DATA 구조기술 - Engineering 해석기술	무인운반차 (AGV)	- 구동장치 - 제어장치 - 유도장치 - System 기술
CAM	- Direct Application - Indirect Application	자동창고 (AS/AR)	- System 설계 및 제작기술 - Software 설계
CAE	- 해석-설계 결합기술 - 해석-시험 결합기술 - 설계-시험 결합기술	AUTO CONVEYOR	- 생산기술 - 제품기술
NC 기술	- MAN-MACHINE Interface - Main Controller - SERVO 기술	유공압 실린더	- 생산기술 - 제품기술
NC 선반 및 MACHING CENTER	- 설계기술 - 생산기술 - 소재 및 부품기술 - 주변기기	SERVO MOTOR	- 생산기술 - 제품기술
PARTS	- 제품설계기술 - Parts Feeder Controller - 생산기술	PLC	- 입출력 기능 - Programming 언어 - Memory - LAN 기능
AUTO SOLDERING MACHINE	- 설계기술 - 생산기술 - 제품기술	SENSOR	- Optical Sensor - 리미트 스위치 - Tachometer - 온도계측 Sensor
자동포장기	- 설계기술 - 조립기술	3차원 측정기	- Hardware - Software
INDUSTRIAL ROBOT	- 본체설계기술 - Kinematics & Dynamics - 소재 및 부품기술 - 정밀가공, 조립기술 - Controller - Software 기술 - 응용(Application) 기술	MACHINE VISION	- Image Sensor - 화상 Processor - Computer Software
		CAT	- Sensor 기술 - 자동계측 및 신호처리 기술 - 비교판정 기술
		FA 시스템기술	- System 관리기술 - 생산 System 기술 - 정보처리기술

자료: 「국내 공장자동화 현황조사 보고서」, 한국생산성본부, 1992.

(2) 시스템적 분류체계

前述한대로 오늘날의 AMT는 시스템화를 지향하는 趨勢이므로 이러한 목적하에 서는 먼저 전체 시스템의 구조를 결정하는 protocol의 작성이 선행되어야 한다. protocol이 제시되면 이에 따라 필요한 요소기술(하드웨어 및 소프트웨어)들과 공통기 반기술(base technology)이 파악되며 마지막으로 시스템을 운용하는데 필요한 통제 및 통합화기술이 부가되게 된다(<그림 3> 참조).

< 그림 3 > 시스템의 全體的 構成圖



위의 시스템 구조를 토대로 AMT의 기술분류를 제시하면 <표 5>와 같다. 한가지 지적할 점은 부분기술들에 대해서도 각각의 시스템구조에 의해 세부적인 분류가 가능하므로 위의 두가지 접근을 결합한 단위기술 선정 -> 시스템적 접근의 방법이 보다 실제적일 수 있다는 사실이다. 또한 위에서 제시된 분류체계는 보편적이고 전형적인 형태로서 특정한 기술개발 프로그램의 경우에는 그 프로그램의 성격과 목적에 따라 분류의 내용과 구조가 달라질 수 있다.

< 표 5 > 시스템적 分類體系

대 분류	소 분류
시스템 개발기술	- 시뮬레이션 기술
시스템 구성 소프트웨어기술	- 데이터베이스 - CAD/CAM/CAE
시스템 구성 하드웨어기술	- NC Machines - Industrial Robots - Control Devices
시스템 운용/통제 기술	- Planning and Control (MRP, etc) - Inspection and Diagnosis
시스템 통합 기술	- Information Network (LAN, MAP, etc) - Material Handling (AGV, AS/RS, etc)
기본기술	- Sensor - Hydraulic and Pneumatic Device - Electrical Motor

3.3 정책적·전략적 의미

AMT의 기술개발은 유기적인 기술개발체계와 전략적 방향성의 수립이 무엇보다 중요한 과제이다. 이러한 관점에서 제기될 수 있는 다음의 문제들은 기술개발체계와 방향의 수립에 반드시 짚고 넘어가야할 점들이다.

첫째, 대상기술의 優先順位の 결정과 接近原則에 관한 문제이다. 즉, 현재의 기술수준과 산업적 수요에 의해 필요기술의 대상을 파악한 후 각각의 기술요소들에 대해 개별적인 개발을 추진할 것인지 아니면 시스템화의 원칙하에 시스템 프로토콜을 먼저 작성하여 그 시스템에 필요한 기술들을 개발, 조합할 것인지를 결정해야 한다는 것이다. 물론 개발전략의 결정은 狀況論的(contingent)인 문제이기 때문에 개발목적과 여건에 따라 적합한 방향이 선택되어야 하지만 방향의 결정에 따라 개발체계와 과정은 크게 달라질 수 있다. 그러나 궁극적인 시스템화를 염두에 두지 않은 개별기술 접근전략은 단기적인 상품화와 기본기술의 확보라는 면에서는 효과적일지 모르나 추후의 통합과정에서 결합성·호환성의 어려움을 야기시킬 수 있는 단점이 있다. 반면

에 처음부터 시스템화를 전제로 출발하면, 장기적이고 일관성있는 계획에 의해 단계적인 시스템화를 추진하지 않는 한 자체적인 기술기반이 취약한 가운데 외부기술의 수입에 의한 단순한 조립형태의 AMT에 머무를 위험이 있다.

둘째, 시스템의 구조와 성격에 관한 문제이다. 시스템 그 자체로는 지극히 추상적인 용어이며 명확한 概念的 體系(conceptual architecture)와 物理的 形態(physical configuration)는 시스템을 디자인하는 분석자의 목적과 관점에 따라 크게 달라질 수 있다. 예를 들어, 物流의 흐름을 중심으로한 시스템과 情報의 흐름을 중심으로한 시스템은 시스템의 구조뿐 아니라 시스템 구축의 전략과 접근방법도 상이한 형태를 띠 수 있다. 따라서 AMT 가운데 시스템적 성격을 지니는 분야들은 각각의 기술적·산업적 특성에 맞는 시스템의 디자인이 매우 중요한 과제가 되는 것이다.

셋째, 시스템화의 수준과 방향에 관한 문제이다. 일반적으로 시스템의 통합화는 핵심적인 부분(focal point)에서 시작되어 단계적으로 확산되는 과정을 밟게 된다. 따라서 어떠한 기술이 핵심부분의 역할을 담당하고 여타의 기술들이 어떻게 부가되는가에 따라 複數의 대안들이 존재하게 되며 하나의 대안에 대해서도 확산과정을 어느 수준까지 추진하는가에 따라 선택의 폭이 넓어질 수 있다. 이러한 경우 통합화의 擴散方向(direction of expansion)과 最適水準(optimal degree)을 결정하는 작업이 선행되어야 하는 것이다.

마지막으로, 自體開發(in-house development)과 技術導入(technology transfer)의 범위와 내용에 관한 문제이다. 우리나라와 같은 후발국의 경우에 AMT의 관련기술을 모두 자체개발하는 것은 불가능하며 따라서 효과적인 자원배분과 빠른 catch-up을 위해서는 자체개발의 범위와 내용을 결정하는 것이 중요하다. 이러한 결정을 위해서는 AMT 시스템의 구조와 자체기술수준(보유기술 또는 개발가능기술)을 정밀히 비교분석하고 이를 토대로 종합적인 평가를 내리는 과정이 반드시 필요한 것이다.

4. 기술의 확산과 활용을 위한 분류

4.1 분류의 성격

前述한대로 AMT는 일반수요자를 위한 최종재를 생산하는 것이 아니라 최종재의 생산을 위한 中間材의 성격을 지니고 있으므로 AMT의 수요자는 공정관리자 계층

이 된다. 따라서 AMT의 궁극적인 확산은 AMT가 공정과정에 얼마나 효과적으로 활용되는가에 달려 있다고 할 수 있다.

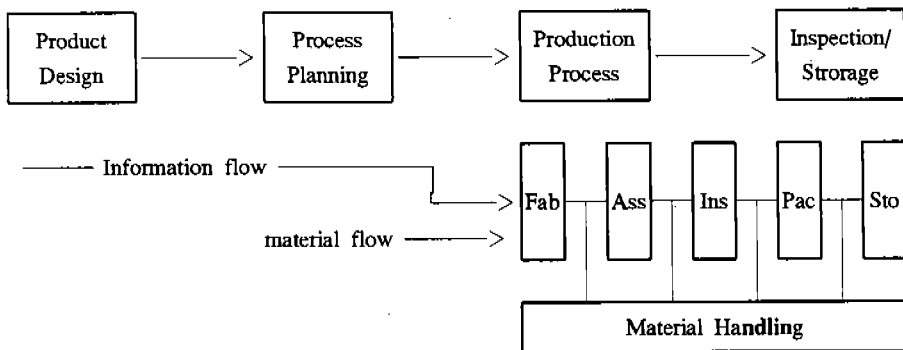
이러한 경우 기술사용자의 목적은 AMT의 활용을 통해 생산공정의 효율성과 신축성을 제고하는데 있으므로 분류의 기준은 기술-공정간의 연계성이 된다. 즉, AMT가 공정의 어느 부분에 집중적으로 활용되는가? 또는 AMT가 공정의 어느 기능을 위해 사용되는가? 하는 점이 분류의 기준이 되는 것이다.

4.2 분류의 내용

(1) 공정의 흐름에 의한 분류

각제품이나 산업의 특성에 따라 부분적인 차이는 있을 수 있으나 일반적으로 제조공정은 유사한 흐름을 지니고 있다. 이 흐름은 크게 物流의 흐름과 정보의 흐름으로 나눌 수 있으며 그 순서는 대체로 설계 -> 가공 -> 조립 -> 검사의 기본단계로 구성되며 각단계 사이에는 물류의 이동/저장 및 정보의 전달을 위한 중간단계가 존재하게 된다. 또한 이러한 全過程을 통합적으로 관리하는 통제기능이 상위에 위치함으로써 전체적인 시스템을 구성하게 되는 것이다(<그림 4> 참조).

< 그림 4 > 제조공정의 일반적인 흐름 구성도



Note : Fab = fabrication, Ass = assembly, Ins = inspection,
Pac = packing, Sto = storage

공정흐름을 기준으로 한 분류는 공정흐름의 類似性을 기초로 하기 때문에 폭넓은 普遍性을 지니고 있으며 지금까지 가장 전형적인 분류기준으로 사용되어 왔다. 이 기준에 의한 분류의 가장 큰 장점은 AMT의 활용수준을 가장 쉽게 파악할 수 있다는 데 있으며 실제로 AMT의 확산도를 측정하는 조사연구의 경우나 AMT의 교육을 위한 교과서적 자료는 대부분 위의 기준에 의해 AMT를 분류하고 있다. 즉, 각 공정이 일정한 순서에 의해 구성되어 있으므로 이 순서를 따라갈 경우 기술-공정의 연계성이 가장 쉽게 파악될 수 있다는 것이다. 이른바 “walk-through”기준으로 불리는 공정의 흐름에 의한 분류체계를 제시하면 <표 6>과 같다.

< 표 6 > 공정흐름에 의한 분류체계

대 분 류	소 분 류
제품 및 공정설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> - Computer-aided-design(CAD), - Computer-aided-engineering(CAE), - CAD output used to control manufacturing machine(CAD/CAM), - Digital representation of CAD output for procurement
가공 및 조립기술	<ul style="list-style-type: none"> - Flexible manufacturing cell(FMC) or systems(FMS), - NC/CNC machines, - Industrial robots
물류이동 및 저장기술	<ul style="list-style-type: none"> - Automated storage and retrieval system(AR/RS), - Automated guided vehicle(AGV)
검사 및 Testing기술	<ul style="list-style-type: none"> - Performed on incoming or in-process materials, - Performed on final product
관리통제 및 Communication 기술	<ul style="list-style-type: none"> - Local area network(LAN), - Inter-plant computer network, - Programmable controller, - Factory floor control computer
정보시스템 기술	<ul style="list-style-type: none"> - Materials requirements planning (MRP), - Manufacturing resource planning (MRP II)
시스템 통합화 기술	<ul style="list-style-type: none"> - Computer-integrated-manufacturing (CIM), - Artificial intelligence(AI) and Expert system

(2) 공정의 기능에 의한 분류

공정의 흐름에 의한 분류는 흐름의 순서를 강조하기 때문에 각 단계의 기능적 특성이浮刻되지 않는 단점이 있다. 그러나 실제의 공정관리에 있어서는 흐름의 순서보다 공정별 기능이 더욱 중요시되는 경우가 많으며 이러한 관점에서 제시될 수 있는 또다른 접근법이 공정기능에 의한 분류체계이다. 이 분류는 근본적으로는 공정흐름에 의한 분류와 유사하나 순서에 관계없이 기능의 重要度에 따라 그 내용과 구조를 달리 함으로써 특정기능의 상대적 중요성을 부각시키고 AMT의 잠재적 수요자로 하여금 AMT의 선택적 도입을 容易하게 하는 장점이 있다.

< 표 7 > 공정기능에 의한 분류체계

자동차 기술분야	세부적 요소기술
설계 자동화	- CAD - CAE - 자동 programming
가공 자동화	- Industrial robots - NC machines - 사출 성형 - FA용 computer
조립 자동화	- 조립 robots - sensor
시험·검사 자동화	- robots - sensor - 계측장치
수송·보관 자동화	- AR/RS - AGV
시스템 통합화	- MRP, etc - LAN, etc

4.3 정책적 · 전략적 의미

AMT의 공정활용과 관련하여 지적할 수 있는 가장 큰 시사점은 공정의 전체적 효율성과 신속성을 위한 공정간의 조화이다. AMT의 활용이, 物流와 情報의 원활한 흐름과 전체적(global) 운용 원리를 무시한 채 특정공정의 부분적(local) 최적화만을 지향할 경우 破片化된 自動化(islands of automation)의 문제점을 야기시킬 위험이 크다. 따라서 부분(기능)과 전체(흐름)의 조화가 이루어질 수 있는 AMT의 활용이 강조되어야 한다. 따라서 공정의 전체적 구조와 흐름에 기초한 종합적인 분류체계를 이해하는 것이 부분최적화와 偏重된 자동화의 폐해를 사전에 방지할 수 있는 첫걸음이 되는 것이다.

또다른 문제는 사용자특성(user-specific)을 고려한 AMT의 활용이다. 산업이나 제품의 종류를 막론하고 공정의 구성이나 흐름의 유사성이 존재하는 것은 사실이지만 내부적인 설비의 배치나 기능간 중요성의 차이는 산업과 제품의 특성에 따라 상당한 차이를 나타낼 수 있다. 예를 들어 제품구조의 복잡성이나 下請구조의 차이에 따라 공정간의 기능적 중요성은 크게 달라질 수 있으며 또한 공정관리의 통합화의 수준과 범위도 틀릴 수 있다. 또한 경쟁요소(competitive edge)에 의한 대응전략도 중요한 결정요인이 된다. 예를 들어 가격이나 품질위주의 경쟁여건과 제품의 다양화, 차별화의 경쟁여건은 공정의 구조와 기능상의 우선순위에서 상당한 차이를 보일 수 있는 것이다. 따라서 사용자의 특수한 목적과 특성에 적합한 AMT의 선택과 활용이 성공적인 AMT 확산의 關鍵이 되는 것이다.

마지막으로 AMT에 관련된 統計指標(indicator)의 수집과 활용을 지적할 수 있다. 대부분의 여타기술의 경우는 연구개발(R&D) -> 최종제품(product)의 因果關係가 비교적 명확하게 나타나므로 해당기술에 관련된 기술개발(input)과 기술활용(output)의 활동수준과 성과를 측정하는 체계와 방법론이 상당히 확립되어 있다. 그러나 AMT의 경우는 연구개발(R&D) -> 중간단계(intermediate stage)의 성격을 지니므로 input의 성과를 output의 量으로 측정하는 것이 거의 불가능하다. 따라서 유일한 방법은 AMT를 생산공정에 얼마나 활용하고 있는가 또는 활용할 계획인가(use or planned use)하는 간접적인 output으로 파악할 수 밖에 없는 한계를 지니고 있으며 이러한 문제점 때문에 AMT분야의 조사연구는 단순하고 기초적인 수준에 머물러 온 것이 현실이다. 그러나 AMT의 확산전략의 수립을 위해서는 정확한 통계자료의 수집이 필수적인 과제이므로 적합한 지표와 조사방법론의 개발이 매우 중요하다는 점은 새삼 지적할 필요조차 없는 것이다. 따라서 기술-공정의 연계성에 입각한 AMT의 분류체계를 토대로 有用하고

의미있는 지표를 개발하고 그 수준을 정확하고 심도있게 측정할 수 있는 조사체계와 방법론을 발전시켜 나가는 작업이 본격적으로 추진되어야 한다.

IV. 結 論

기계, 전자 및 정보기술의 결합을 통해 생산시스템의 效率性和 柔軟性を 제고하기 위한 AMT는 노동력부족, 임금인상등의 해결을 통해 직접적인 경쟁력을 제고시킬 뿐 아니라 나아가 생산방식 및 제품구조의 다양화, 고부가가치화를 통해 산업간 또는 산업내의 구조를 합리화·고도화할 수 있는 효과적이고 범용적인 기술요소로서 큰 각광을 받고 있다. 그러나 AMT는 「産業的」, 「技術的」, 또는 「機能的」 측면에서 다양한 기술요소들이 포함되는 技術集束의 성격을 지니고 있으므로 그 기술체계와 범위를 명확히 규정하기가 지극히 어려운 특성을 지닌다.

AMT의 分類에 대한 관심과 필요는 이러한 多樣性和 包括性的 특성에서 비롯되며, 본고에서는 巨視的 차원에서 AMT산업의 육성·발전을 도모하고, 微視的 차원에서 기술개발전략과 보급 및 확산전략의 수립을 위한 기초자료 및 기본방향의 제시라는 보다 실제적이고 구체적인 목적을 가지고 AMT의 「전략적」 분류를 시도하였다.

본고에서 채택하고 있는 분류기준은 계층적(hierarchical) 또는 순차적(sequential) 성격을 지니고 있으며 그 구조는, 上位에 산업정책적 차원에서의 정책입안자나 최고 경영자의 입장에서 바라보는 AMT의 분류, 중간단계로 기술정책적 차원에서의 기술개발자 또는 제공자의 관점에 파악하는 AMT의 분류, 그리고 下位에 AMT의 효과적인 활용과 확산을 위한 기술사용자의 위치에서 이해하는 AMT의 분류로 구성되어 있다.

그러나 반드시 지적해야 할 점은, 위의 기준들이 계층적·순차적으로는 서로 나뉘어져 있고 각각의 성격과 목적의 상이성에 따라 분류의 내용뿐 아니라 분류를 통해 도출되는 의미와 시사점도 각각의 특성에 따라 달라질 수 있으나 AMT의 기술발전과 산업화를 위해서는 산업정책-기술개발-기술확산의 연결, 정책입안자-기술제공자-기술사용자의 유기적인 결합과 일관된 방향성의 유지가 필수적이라는 사실이다. 따라서 실질적인 수행주체는 독립적이라 하더라도 이들을 종합적으로 조정하는 기능과 각부문

을 효과적으로 결합시키는 연결고리가 존재하여 긍정적인 相乘效果(synergy effect)를 창출할 수 있는 制度的, 組織的 장치가 마련되어야 한다.

마지막으로, 본고에서 제시된 분류체계는 새로운 시각에서 이루어진 하나의 시도로서 計量的인 분석이나 實證절차를 거치지 못한 약점을 지니고 있다. 이 문제는 향후연구의 과제로 남아있다. 특히 다양한 현장조사나 데이터분석을 통해 보다 구체적이고 실용적인 분류모형을 개발하는 작업이 필요할 것으로 판단된다.

參考文獻

I. 國文文獻

1. 科學技術政策管理研究所, 「研究開發을 위한 韓國의 技術分類體系」, 1993.
2. 產業研究院, 「메카트로닉스 産業: 展望과 發展戰略」, 1989.
3. 生産技術研究院, 「尖端生産시스템 事業의 成果分析 및 運營政策」, 1993.
4. 韓國生産性本部, 「國內 工場自動化 現況調査報告書」, 1993.

II. 外國文獻

1. Burgelman, R. and Maidique, M., Strategic Management of Technology and Innovation, Irwin, Illinois, 1988.
2. Ducharme, L. and Gault, F., Surveys of advanced manufacturing technology, Science and Public Policy, Vol.19, No.6, December 1992.
3. Gerelle, E. and Stark, J., Integrated Manufacturing: Strategy, Planning, and Implementation, McGraw-Hill, New York, 1988.
4. Groover, M., Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Prentice-Hall, New Jersey, 1987.
5. アジア經濟研究所, 「機械産業の 國際化と 部品調達」, Tokyo, Japan, 1990.
6. 機械振興協會 經濟研究所, 「機械産業の 國際戰略と 下請分業構造 變化」, Tokyo, Japan, 1991.