

제도적 관점에서 본 복잡한 제품시스템(CoPS)의 공진화에 대한 소고 : 미국 수출통제개편과 위성산업 사례

Co-evolution in CoPS from an institutional perspective

김은정(Eun-Jung Kim)*, 신상우(Sangwoo Shin)**

목 차

- | | |
|-------------------|------------------------------------|
| I. 서론 | IV. 제도주의적 관점에서 본 수출통제제도와 위성업체의 공진화 |
| II. 이론적 접근 | |
| III. 위성산업과 민군겸용기술 | V. 결론 |

논문 요약

이 논문은 제도적 관점에서 미국의 위성산업 사례를 통하여 복잡한 제품시스템(CoPS)의 공진화 과정을 살펴본다. 이는 공진화의 자세한 기술이라기보다는 그것의 주요 특징들을 이해하는 작업이다. 위성산업은 수출통제제도와 상호작용하며 국가안보와 산업경쟁력을 둘러싼 경쟁적인 입장들이 대립하는 상태에 있다. 역사적 제도주의와 행위자중심 제도주의 관점에서 미국 위성산업 사례를 분석해 보면, 냉전이후 미국의 위성산업과 제도의 경로는 지속적으로 산업경쟁력 지향 속에서 제도 도전자와 방어자들의 상호 대립적이면서도 타협적인 제도수정의 결과물이다. 결과적으로 국가안보의 제도 규칙은 변경되었으며, 이는 냉전이후 위성산업의 시장화의 경로를 다지는데 기여하였다.

Keyword : 복잡한 제품시스템(CoPS), 공진화, 미국 수출통제제도, 위성산업, 민군겸용기술

* 본고는 학회 발표를 위해 작성한 초고입니다. 인용시 저자에게 말씀 부탁드립니다.

* 한국항공우주연구원 선임연구원, 042)870-3667, ejkim@kari.re.kr

** 한국항공우주연구원 선임연구원, 042)870-2132, swshin@kari.re.kr

I. 서론

이 논문의 목적은 미국의 위성산업과 제도의 공진화 사례연구를 통하여 ‘복잡한 제품시스템(CoPS, Complex Product System)’의 메커니즘을 제도적 관점에서 분석하는 것이다.¹⁾ CoPS는 기술적으로 복잡적이고 혁신시스템이 복잡한 제품에 대한 접근법이다.

항공기, 건축, 철도 이외에도 통신이나 금융 등을 사례로 각종 행위자와 제도의 관계 속에서 혁신이 실현되는 과정을 밝혔다. 기술적으로 구성부품의 수가 많아지면 매우 복잡한 하위시스템과 아키텍처로 이루어지게 된다. 또한, 연관 사회기술시스템도 더욱 복잡한 상호작용을 보인다. 이러한 측면에서 복잡성에 초점을 둔 CoPS는 이론적 연구뿐 아니라 정책적 연구로서 중요한 주제이다. CoPS는 대량 생산되지 않고, 수명주기가 10년 이상이며, 의사결정에 몇개월에서 몇년이 걸리는 특징을 가진 생산시스템이다(Hobday, 1998; Davies, 1997; Hobday and Rush, 1999; Hobday et al., 2000). 서브시스템도 복잡하고(Prencipe et al, 2003; Hobday et al, 2005), 커스터마이징에 드는 비용도 많은 것이 특징이다(Mowery and Rosenberg, 1982). 단일 제품을 장기간에 걸친 과정으로 관리, 조직, 제도 등 성공요인이 복잡하게 얽혀있다는 점도 CoPS의 중요한 발견들로 꼽을 수 있다(Davies and Brady, 2000; Nightingale, 2000; Geyer and Davies, 2000; Davies et al., 2009). 게다가 한번 도입되면 오랫동안 혁신의 경로를 더듬게 된다. 또 제품시스템의 규모가 커지면서 예측 불가능한 특징은 제품시스템의 형상, 구조, 재료의 큰 변화로 이어질 가능성을 높인다. 따라서 복잡한 지식의 생성과 확산은 기업이나 정부가 독자적으로 할 수 없다.²⁾

따라서 복잡한 기술에 대한 다양한 요인을 다룬 CoPS 접근은 설득력이 높은 편이다. CoPS가 중요하게 받아들여지는 이유는 기술혁신이 기업내부에서 단계적으로 이루어진다고 본 선형모형의 한계가 들어났기 때문이다. 그러나 Hobday(1998)가 나열한 CoPS에 포함되는 산업분야가 오늘날에도 생산비가 높고, 특정 수요자를 위해 특별 제작되는 형태를 유지하지는 않는다. 예를 들어, CoPS의 사례인 인공위성은 특정수요자를 위해 제작되는 형태였다. 그러나 최근 부각되고 있는 소형위성군

1) CoPS에 대한 국내 연구는 복합제품시스템, 복잡제품시스템, 복합재시스템, 복합시스템 제품 등으로 번역되고 있다.

2) CoPS의 일련의 연구는 Hobday(1998)의 정의를 바탕으로 연구가 진행됐다. 주로 정성적인 사례 연구 방법이었다. Hobday(1998:693)는 CoPS의 특성으로 부품의 수, 커스터마이제이션의 정도, 제품 설계의 복잡성을 언급한 바 있다. 특히 후속 공정에서 전 공정에 대한 피드백 루프는 제품 아키텍처 전체 만큼이나 컴포넌트 서브시스템간 인터페이스의 복잡성에 영향을 미친다고 설명하였다. Brusoni and Prencipe(2001)에 따르면 항공기 엔진 산업에서는 분업이 진전되면서 시스템 인테그레이터가 지식 차원에서 통합을 한다. 복잡한 제품을 제작하는 기업은 아키텍처 지식뿐 아니라 컴퍼넌트 지식을 가질 필요성을 시사했다.

(constellation), 발사체 재사용 사례는 일부 위성산업이 과거의 생산시스템으로는 설명되지 않는다고 보여준다.

특히, CoPS는 공공재적인 성격이 강한 분야로 제품의 생산과정에 정부의 제도적 역할이 크게 요구되는 영역이다. 그렇다면 제도와 관련하여 CoPS의 역동성을 노정해 보는 것은 중요한 연구주제이다. 제도와 혁신주체간 상호작용의 역동성을 분석하고자 한다. 한쪽이 다른 한쪽을 보완하는 것이 아니라, 한쪽이 좋아지면 다른 쪽이 우수해지는 선순환, 혹은 한쪽이 나빠지면 다른 쪽이 나빠지는 악순환의 순환주기를 형성하는 공진화(co-evolution)가 본질임을 본 연구에서 도출하고, 사례연구를 통해 특징을 찾고자 한다. 이 공진화 메커니즘을 알게 된다면, 기술혁신시스템의 진화에 대한 중요한 시사점을 제공할 것이다. 이 연구를 통하여 Hobday가 CoPS로서 정의했지만 많이 밝혀지지 않은 혁신의 본질을 더 명확하게 할 수 있다고 생각된다. CoPS 연구는 주로 급진적인 혁신이었다(Barlow, 2000; Brusoni and Prencipe, 2011; Brusoni et al, 2001; Davies et al., 2009; Prencipe, 1997). 급진적인 혁신에 있어서도 기존 기업의 쇠퇴와 같은 시장의 큰 변화를 별로 보지 못하는 점이 CoPS에 포함되는 산업에서 나타난 특징적인 현상이었다. 게다가 연구대상은 조선산업을 비롯하여 CoPS에서 더 언급되지 않은 산업도 많다. 그러한 산업을 연구함으로써 Hobday가 CoPS로서 정의했지만 혁신의 성질을 더 명확하게 할 수 있다고 생각된다.

그렇다면 의문은 복잡한 제품시스템의 특징이 과연 어떻게 변하는 것일까 여부이다. CoPS가 보다 기술 경쟁적이고, 소비자의 시장 거래를 통해서 혁신의 성패를 판가름하는 방향으로 진화한다고 가정할 때, 그 과정의 역동성을 제도와 연관하여 설명할 수 있을까?

산업과 제도의 연관성을 분석하기 위해서는 다양한 접근 방식을 활용할 필요성이 있으며, 본 연구는 역사적 제도주의와 행위자중심 제도주의를 중심으로 고찰할 것이다. 두 이론적 접근은 첫째, 현재의 제도가 변화과정에서 발견되는 제약과 한계를 인식할 수 있다. 역사적 신제도주의는 산업이 처한 고유한 맥락의 중요성, 그리고 이러한 맥락을 형성하는 역사의 중요성을 부각시킴으로써 정치, 사회 현상, 특히 국가정책에 대한 기존의 원자화된 그리고 몰역사적인 설명방식의 한계를 극복할 수 있는 중요한 분석틀을 제시하고 있다. 이처럼 역사적 신제도주의의 설명방식은 역사적 요인에 의해 형성된 제도가 산업의 형성에 어떤 영향을 미치는지 그리고 산업이 제도에 어떻게 대응하는지를 설명하는 데 도움을 준다. 이를 통해 불합리하다거나 비효율적이라고 간주되는 제도의 변화를 설명하는 데 유용하다.

제도의 영향에 따라 산업생태계가 다양하다고 전제한다는 점에서 이 논문은 기본적으로 제도주의적 입장에서 있다고 할 수 있다. 그러나 본 논문이 주목하는 점은 시스템이 경로의존성에 기반하여 설명하고 있다는 점이다. 비록 모든 연구들이 그런 것은 아니지만, 기술혁신을 연구한 지배적 학자들은 경로의존성에 기반해 있다. 기존의 경로의존성 기반 문헌들은 제도에 의한 시스템의 연속성(continuity)를 강조

하여 그것의 변화와 역동성을 설명하는데 많은 어려움이 있다. 행위자중심 제도주의는 이러한 어려움을 일부 해결해줄 대안으로 고려하였다. 이러한 측면에서 제도주의적 접근은 다양한 요소들이 작용하여 진화하는 CoPS를 분석하는데 적절하다.

본 연구는 정책과 연구의 높은 관심속에서 미국의 수출통제제도와 위성산업의 관계적 특징에 대해 주목한다. 그리고 이 특징들이 사례연구를 통하여 확인될 수 있는 역사적 제도주의에 의해 설명될 수 있다고 주장할 것이다.

II. 이론적 접근

제도는 혁신연구에서 중요한 연구대상이다. 혁신연구는 기술혁신에 대한 행위자(혹은 그들의 조직)의 활동이 전략적 변화에 미치는 영향을 ‘루틴(routine)’이라는 개념을 사용하여 검토하고 있다. 즉 루틴은 불확실성을 흡수하는 특징을 가지고 있기 때문에 의식적으로 선택하지 않아도 일정한 성과를 거둘 수 있게 된다. Nelson and Winter(1982) 이후, 혁신연구는 신제도경제학의 발전과도 관련하면서 혁신과 산업조직·기업 조직을 둘러싼 연구로 퍼졌다. 후지모토(1997)은 도요타의 생산 시스템을 사례로 개발·생산시스템이 가지는 조직 능력과 경쟁 우위 조직 능력의 발생·발전의 역동적인 과정을 ‘창발 과정’으로 주목했다. Aldrich(1999)는 기업의 창업 집적의 형성에 진화라는 넓은 틀에서 조직의 발전을 논의하고, 이는 경제지리학과 관련 있다. Nelson and Winter(1982) 이후의 혁신연구는 신고전파 경제학의 전제 비판에서 출발하여 ‘루틴’을 핵심 개념으로, 기업 조직의 진화를 논의 해왔다.³⁾

즉, 혁신연구는 하나의 일관된 개념이나 방법이 아니라 진화에 관한 광범위한 학문 영역의 개념과 원리를 접목한 하이브리드 이론이며, 개념·시각·분석 방법은 다양하다(Boschma and Martin, 2010:5). 이러한 혁신연구의 특성은 후술하는 역사적 제도주의에서 이론적 영향을 받았다.

1. 역사적 제도주의

“제도는 왜, 어떻게 변화하는가?”라는 질문은 오랫동안 제도연구를 견인한 학자들의 연구주제다(Aoki, 2001; Greif, 2006; North, 2005). 역사적 제도주의는 역사의 흐름과 제도적 맥락의 관점에서 제도의 형성과 변화 기제(mechanism)를 분석하는 이론이다.⁴⁾

3) Nelson and Winter(1982:24-30)은 신고전파 경제학에서는 그 논의의 전제인 ‘극대화(최적화)’와 ‘균형’을 통해 혁신과 기술 변화의 분석을 왜곡하고 있다고 비판한다. 그리고 대안으로 기업의 일정한 예측 가능한 행동 패턴인 ‘루틴’에 주목하고 루틴에 이끌려 다른 루틴을 변화시키는 과정인 ‘탐색’을 모델링했다.

4) 역사적 제도주의의 특징은 첫째, 1960~1970년대의 주류인 행태론 비판으로 등장한 점, 둘째, 행위자(혹은 조직)에 대한 제도의 구속력을 인정하는 점, 셋째, 연구를 통해서 공통점이나 차이점을 찾는 것

역사적 제도주의는 1950년대 이후 사회과학의 주류를 이루었던 행태주의, 다원주의, 합리적 선택이론 등에 대한 비판을 통해 형성되었다(March and Olsen, 1984). 역사적 제도주의는 역사와 맥락을 핵심 개념으로 하는데, 제도적 맥락은 진공에서 나타난 것이 아닌 역사적 산물로 보고, 제도적 맥락이 개인의 선호를 제약하는 측면을 중시한다. 여기서 “제약(constraint)”은 결정(determine)요인이라기보다는 행위자의 선택을 제약하는 맥락을 제공한다는 의미이다. 이러한 제도적 맥락의 제약 속에서 개인의 선호는 내생적(endogenous)으로 형성된다. 기존의 제도주의가 제도를 기술하고 공식적, 비공식적 측면에 초점을 두었다면, 신제도주의는 제도를 사회현상을 설명하기 위한 핵심 변수로 설정한다.⁵⁾

역사적 제도주의에서 제도는 학자에 따라 다양하며 제도에 대한 표준화된 보편적 정의를 발견하기는 어렵다. 포괄적으로 정의할 때, 역사적 제도주의에서의 제도란 “장기간에 걸친 인간 행동의 정형화된 패턴”을 의미하며 개인과 집단의 행위와 의사결정에 영향을 미치는 공식적, 비공식적 제약조건을 포함한 거의 모든 것을 의미한다고 할 수 있다. 따라서 역사적 제도주의에 있어서 제도는 매우 포괄적이고 다양하며, 일반적으로 역사적 제도주의에서 초점을 맞추는 제도는 중범위 수준의 제도이다. 일반적으로 역사적 제도주의자들은 행위자들의 이익에 대한 정의에 영향을 미치는 동시에 행위자들 간의 권력관계를 구조화시키는 국가와 사회의 모든 제도를 제도의 개념에 포함시킨다(Thelen and Steinmo, 1992:6). 즉, 제도는 그 자체에 있는 것이 아니라 개인 행위와 행위자들 간의 상호작용을 제약하고 규율해 주는 제도의 영향력과 제도의 관계적 측면에 초점을 맞추는데 역사적 제도주의의 특징이 있다고 할 것이다.⁶⁾ 제도란 우발적으로 어떤 중대 국면(critical junctures)을 거친 결과 형성되고, 그것이 미래의 정책 결정이나 제도 형성에 어떤 영향을 주고 있는지, 제도나 구조를 낳은 역사적 요인·문맥에 주목한다(Peters, 2007:109).

역사적 제도주의에서 제도란 인위적으로 만들어진 제약으로 일상생활에 구조를 제공함으로써 불확실성을 감소시키는 기능을 하고 있다고 간주한다(North, 1991). 제도는 공식적인 제약과 비공식적인 제약(이데올로기, 관습 등), 또는 두가지 제약이 혼합된 형태로 존재한다. 조직을 제도적으로 간주한 제도주의 경제학자와 달리, North는 조직과 제도를 엄격히 구분해서 설명한다. 조직은 “합목적적 활동에 따르는 개인의 집합”으로 정의하고, 제도에 의해 정의된 재산, 소득을 극대화하는데 목

이 아니라 다양성을 설명하는 점, 넷째, 제도를 유일한 독립 변수로 하지 않고 복수의 독립 변수의 하나로서 자리 매김 점, 다섯째, 과거의 경험이 현재의 정책 과정에 영향을 미친다고 생각하는 경로 의존 개념을 채용하는 점을 들 수 있다.

- 5) 합리적 선택이론이 행위자의 이익을 주어진 것으로 하는데 대해서 역사적 제도론은 행위자 이익의 형성 자체를 분석 대상으로 하는 두꺼운 기술에 의한 왜 해당 행위자는 특정 이익을 가지기에 이르렀는지 등 역사적 요인이 논해지는 수가 많다. 따라서 합리적 선택 제도주의가 행위자가 가지는 이익을 외생적, 외재적으로 보았다면, 역사적 제도적위는 내생적, 내재적으로 보았다(Thelen and Steinmo, 1992:8).
- 6) 이 글에서 제도는 Hall(1986:19)의 정의를 따르는 것이 적절해 보인다. 그는 제도를 정치와 경제 각 부문에서 개인들 간의 관계를 구조화시키는 공식적 규칙, 순응정차, 표준화도니 관행으로 정의하였다. 즉, 장기간에 걸친 인간행동의 패턴으로, 개인과 집단의 행위와 의사결정에 영향을 미치는 공식적, 비공식적 제약요인을 의미한다.

적을 둔다고 보았다. 여기에는 시장조직뿐 아니라 조합, 정당, 의회나 행정기관도 포함된다(North, 1993:36).

변화에 대하여, North는 과거가 현재와 미래에 미치는 영향과 어떤 시점에서 조직의 선택에 영향을 미치는 요인을 설명하였다(North, 1990:3). 국가별 경제발전 경로가 서로 다른 이유가 왜 그럴까에 대한 궁금증에서 비롯하였다. 균형론자들은 경제발전은 시간이 지나면서 효율적인 제도를 향해 수렴하는 과정으로 보았다. North는 제도는 반드시 고전적인 파레토 최적이라는 의미에서 효율성 향상을 위해 진화하는 것이 아니라고 보았다. 현실세계는 비효율적인 제도가 변형하고 이점이 국가 간 경제발전의 격차를 증대시키는 결과로 설명하였다.

2. 행위자중심 제도주의

제도를 게임의 규칙으로 이해하고 행위자들을 중심으로 하는 접근으로 합리적 선택이론과 역사적 제도주의 접근이 있다. 그러나 두 접근은 제도가 고정되고 행위자들의 선호도 이미 주어져 고정된 것으로 전제하고 있다. 하지만 실제 현상에서 제도와 행위자들의 선호는 고정된 것이 아니라 끊임없이 변한다. 행위자들의 반성적 성찰과 재해석을 통해 선호는 수정된다는 점에서 합리적 선택이론이나 역사적 제도주의는 한계가 있다.

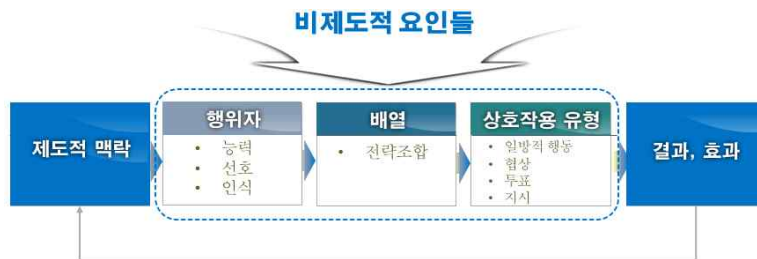
한 가지 밝혀 둘 것은 이 글은 위성산업에 대한 제도의 영향력을 강조하기는 하나, 제도를 상대적으로 '부드러운' 제약요인으로 본다는 것이다. 이 글에서 제도는 행위자들의 선호를 형성하고 제약하기도 하지만, 역으로 다른 요소들, 특히 행위자들의 행위에 의해 형성되고 변화하는 존재이기도 하다고 본다. 즉 제도의 자체가 행위자들간의 역동적 상호작용의 결과 만들어지는 권력관계의 응결물이며, 따라서 행위자들의 권력관계의 변화에 따라 제도가 변화할 수 있다고 보는 것이다.

이는 초기 역사적 제도주의적 입장의 제도결정론적 편향과 달리 제도는 독립변인이기도 하지만 종속변인이기도 하다고 간주하는 것이다(Thelen and Steinmo, 1992; Immergut, 1998,25-26; Rothstein, 1998:127). 제도는 행위자들의 목적의식적 행위와 제도 자체가 가지고 있는 여러 여지들, 그리고 여러 우연적 요소들의 상호작용에 의해 점진적, 경로의존적으로, 혹은 외적 충격에 의해 단절적으로 변화할 수 있는 대상이기도 하다(Thelen 2004, 35; Streek and Thelen 2005, 18-33). 물론 이 글의 당면의 관심사는 이런 변화 자체의 설명보다는 일정기간 유지되는 제도가 행위자들에게 발휘하는 영향력, 제도가 정치적 행위를 구조화하는 힘이다. 즉 일단 역사적으로 형성된 제도가 사회집단 사이에 권력을 불평등하게 배분하며 이를 통해 이익의 대표과정이 왜곡되는 과정에 초점이 있다. 하지만 이런 행위자-제도의 상호관계에 대한 관점은 향후 제도변화의 과제를 바라보는데 유용할 것이다.

행위자중심 제도주의에 따르면, 정책은 제도적 제약, 능력과 선호를 가진 행위자, 전략조합으로 구성된 배열, 상호작용 유형의 문제와 연결되어 있다(Scharpf,

1997:44). 정책문제는 제도적 제약 하에서 자율성을 갖는 행위자의 능력과 상호작용, 전략이 하나로 조합되는 배열을 형성하면서 다른 행위자와의 상호작용을 통해 정책 산출이 나타난다. 이와 같은 Scharpf(1997)의 모형을 적용한 분석틀은 다음 그림 <그림1>과 같다.

<그림 1> 본 연구의 분석틀



Ⅲ. 위성산업과 민군겸용기술(dual-use technology)

위성기술은 대표적인 민군겸용기술(dual use technology)로 알려져 있다. dual-use technology는 민간과 군사 모두에 사용되는 기술을 말한다. 그러나 개념과 정의가 명확하지 않다. dual-use technology의 정의가 애매한 이유로 군사기술에서 민생 기술에 스핀오프가 1970년대부터 민간기술의 발전과 함께 적어지면서, 살상용 무기 같은 분야를 제외하면 두 분야의 기술적 차이가 작아진데 따른 것이다. 즉, 군사기술과 민간기술의 영역에 모두 해당되는 개념이 dual-use technology인데, 개념 자체가 양자의 구별을 더욱 불분명하고 있어 dual-use technology이라는 개념 자체가 역설적이라는 지적이다.

이 기술은 개발되거나 이용되는 사회적 네트워크에 의존함을 반증한다. 즉 기술의 속성은 상황에서 정해진다. 지식으로서의 기술, 활동(제조 및 사용)로서의 기술, 사물·제품의 기술, 특히 의사로서의 기술이 있다. 이 견해에서는 “dual-use technology도 존재하지 않는다”라고 강조하지 않더라도 “공용성과 파급(spillover)은 구별되지 않으면 안 된다”라고 주장한다. 협의의 해석으로는 파급이란 어떤 영역에서 열린 연구 성과가 그대로 다른 영역에 적용되는 상황이지만, 그 파급의 존재는 양용성의 존재의 증거가 아니라 오히려 부재의 증거라는 것이다. 기술은 겸용(dual)이라기보다는 수많은(multiple) 용도를 갖고 있으며, 그 몇개가 군용으로 있다는 해석이다. 이렇게 겸용 기술에 부정적인 분석은 해아릴 수 없지만 그럼에도 불구하고 많은 경제학자가 과거 군사부터 민생, 현재의 민생에서부터 군사로의 기술 이전과 겸용 기술의 존재를 인정할 위에서 논의하고 있다. 이 논문에서는 광의의 기술 개념에 따르면서도 Molas-Gallat(1998)가 “dual-use technology는 현실적으

로 또는 잠재적으로 군사와 민간의 양쪽에 응용되는 기술이다”라고 쓴 정의에 따르기로 한다.⁷⁾

예를 들어 군사용으로 개발된 위성 위치 확인 시스템의 위치보정시스템(GPS)은 이제 우리가 쓰는 차량용 내비게이션과 스마트 폰에 빠뜨릴 수 없는 기술이다. 반대로 민생품으로 개발된 전자 기계 부품이 무기 부품과 사용되는 일은 지금은 신기한 일은 아니다.

1. 미국 수출통제제도의 변천

미국의 수출통제시스템 기원은 냉전시대로 거슬러 올라간다. 1961년에서 1989년까지 미국의 국가안보에 대한 지출은 매년 100억 달러 미만에서 400억 달러 이상으로 증가하였다. 주요 우주 프로그램의 엄격한 통제는 냉전시대 기술 유출을 막는데 필수적이었다. 정부는 대기업과 중소기업에게 충분한 조달을 제공하였고 기업의 생존을 위해 수출을 요구하지 않았다. 냉전의 종식으로 공화당과 민주당의 지도자들은 전후시대를 지배했던 수출체제의 변화를 고려하기 시작했다. 레이건, 부시, 클린턴 대통령은 상업용 인공위성의 수출을 촉진하기 위해 미국 우주산업의 성장을 위한 조치를 취하였다. 1988년 도널드 레이건 대통령은 미국 상업용 위성의 중국 발사체 사용 금지를 해제했다. 1992년 조지 H.W. 부시 행정부는 일부 상업용 통신위성 관할권을 상무부로 이전하였다. 1989년부터 1996년까지 부시 대통령과 클린턴 대통령은 중국의 발사체와 러시아와 우크라이나 발사 차량에 상업용 통신위성의 발사를 허용하는 결정을 내린바 있다.

1990년대 중반 중국의 우주기술 간첩행위에 대한 스캔들이 일어났다. 1998년 중국과 미국이 조사에 나섰고 콕스(Cox)위원회가 미국의 핵무기에 관한 정보를 얻으려는 중국의 시도를 상세히 조사하였다. 이 보고서는 1999년 5월 기밀해제되어 공개되었다. 이 보고서는 부시 행정부와 클린턴 행정부의 중국 발사 실패를 조사했다. 미국 상업 통신위성을 탑재한 중국의 발사체가 고장났으며, 위성을 제조한 미국기업은 중국의 사고 조사지원에 대한 정보를 제공하도록 요구받았다. 중국발사체 및 ICBM 디자인 역량 강화에 사용될 수 있는 페어링 및 관성제어시스템에 대한 기술이 미국기업에서 어떻게 이전되었는지 조사하였다(한국항공우주연구원, 2012).

Intelsat 708은 미국 Space Systems/Loral에서 개발한 정지궤도 통신위성으로, 중국 서창에 있는 발사센터에서 장정 3B호 로켓으로 발사되었는데, 발사와 동시에 자세 제어 이상으로 추락하였다. 미국과 중국의 발사 실패에 대한 합동조사에서 미국의 선진위성 기술에 관한 정보가 중국에 넘어갔다는 사실이 밝혀지면서 미국 사회에 큰 파장을 불러일으켰다. Space Systems/Loral은 20만달러의 벌금형을 선고 받았다.

7) Jordi Molas-Gallart (SPRU); 26 August -2 September 1998: <http://www.cops.ac.uk/pdf/cpn55.pdf>

그 결과, 위성 및 발사체에 대한 기술은 종전보다 신중하게 보호되었다. 보고서에 따르면 Intelsat 708 위성을 탑재한 1996년 중국 발사 실패 이후 상용 통신위성의 전자 암호화 보드는 복구되지 않았다. 이 보드들은 위성의 히드라진 추진체 탱크 근처에 설치되었고 완전히 파괴되었을 가능성이 있다고 결론지었다. 위원회는 "... 국가 보안 당국은 PRC에서 FAC-3R보드를 복구하지 않아서 현재 또는 미래에 다른 위성 시스템에 위협이 없다고 확신하고있다"고 지적했다.

Cox Commission 조사결과, 1999년 국방허가법(Strom Thurmond Defense Authorization Act)에 조항 1513을 포함시켰다. 1513은 모든 위성 및 관련 기술은 미 국방성 목록(USML)으로 이동하고, 무기 수출통제법 제38조에 의거하여 수출이 보다 엄격하게 통제를 받게 된다. Cox Commission의 정치적 의도는 중국에 미사일 및 군사 기술에 민감한 기술의 수출을 막는 것이었지만 결과적으로 상업 위성과 그 구성 부품을 포함한 모든 위성은 현재 수출 통제의 구식 시스템의 일부가 되었다. 게이츠 전 국방장관이 "유익한 수출을 예방하면서 중요한 수출을 막는 중요한 임무"에서 실패한 것으로 설명했다.

2. 미국 국무부 수출통제제도 군수품리스트의 변천

1) 개관

미 국무부 DDTC(Directorate of Defense Trade Controls)의 수출허가를 받아야 하는 군수품(물품, 서비스, 기술데이터) 리스트(U.S. Munition List, USML)는 총 21개의 Category로 구성되어 있다. 이 가운데 Category IV, V, VIII, XI, XII, XIII, XV가 우주와 관련되어 있다⁸⁾. 본 논문에서는 우주 관련 품목이 매우 광범위하기 때문에 위성을 명시적으로 포함하고 있는 우주비행체 관련 카테고리 Category XV(Spacecraft and Related Articles)로 분석을 한정시키고자 한다.⁹⁾

Category XV는 지난 오바마 정부에서 수출통제개혁(Export Control Reform, ECR)을 추진하면서 큰 변화를 거쳤다. 기존에 군수품으로 분류되어 국무부의 통제 품목에 속해 있던 많은 우주비행체(위성, 우주탐사선)와 우주비행체를 구성하는 부품 및 기술들이 상무부가 관할하는 민군겸용(dual use) 기술로 전환되었다. 국무부와 상무부의 수출통제제도 모두 민군겸용기술의 수출을 관리하지만 국무부는 군용으로 특별히 설계 또는 변경된('specially designed, modified and adapted') 민군겸

8) NASA에서 항공우주 관련 항목을 분류한 항목: Category IV(Launch Vehicles, Guided Missiles, Ballistic Missiles, Rockets, Torpedoes, Bombs, and Mines), V(Explosives and Energetic Materials, Propellants, Incendiary Agents and Their Constituents), VIII(Aircraft and Related Articles), XI(Military Electronics), XII(Fire Control, Range Finder, Optical and Guidance and Control Equipment), XIII(Materials and Miscellaneous Articles), XV(Spacecraft and Related Articles) (출처: NASA IPMC 자료(2017.3))

9) 본 단락에서 다루는 Category XV (Spacecraft and Related Articles) 변경 사항은 2017년 1월 10일에 발표된 최종 목록(Federal Register/Vo. 82, No6, 2889~2892)을 기준으로 분석하였음. 최종 목록은 2014년 5월 13일 발표된 Interim final rule 이후 추가로 변경 사항이 반영되었음

용기술을 다룬다. 수출통제제도는 국가 안보를 위해 기술의 전략적 가치를 보호하기 위한 목표에 중점을 두고 구축되지만, 통제제도와 기술 간의 상호작용 과정에 정책/기술/산업적 변화의 영향을 받으면서 국가 안보 외의 산업과 기술의 시대변화를 반영하는 방향으로 변화를 겪어 왔다. 이번 2장에서는 오바마 정부의 수출통제 개혁을 통해 좀 더 엄격한 ITAR 제도 관할에서 EAR(Export Administration Regulation) 관할로 이동되어 통제가 완화되거나 또는 ITAR 대상으로 유지된 기술들을 살펴보고 이러한 변화 또는 유지를 둘러싼 기술적, 산업적 동인들을 함께 분석함으로써 제도(수출통제제도)와 기술 간의 상호 역학관계를 알아보하고자 한다.

2) USML Category XV(우주비행체 및 부품) 분석

Category XV(Spacecraft and Related Articles)은 (a)~(f)항 및 (x)항으로 구성되어 있다. (a)~(e)는 기술 물품을 다루며, (f)는 기술 데이터와 서비스를 다루고 있다. (x)항은 기타이다. 우선 (a)항에 제시된 품목은 우주비행체(위성 및 탐사선) 시스템 자체인 경우로 기본적으로 상용/민수용/군수용 여부와 상관없이 모든 우주비행체 가운데 구체적인 용도와 성능기준을 명시한 (a)의 (1)~(13)에 제시된 기준을 충족하는 우주비행체를 ITAR 규제 대상으로 하고 있다. 개정 이전에는 용도나 성능과 상관없이 통신, 지구관측, 과학, 연구, 항법, 실험용, 다용도 위성들 모두가 ITAR 규제 대상으로 분류되어 있었다. 세부적으로 살펴보면, 우선 무기 또는 정찰용 군용 우주비행체와 위성항법시스템을 포함하고 있으며 원격탐사 위성 가운데 고성능 위성을 규제하고 있다. 군용 우주비행체라 함은 핵폭발 탐지, 정보 수집, 미사일 추적, 위성 요격 등 우주 무기와 비밀 운영 장비 등을 포함한다. 고성능 원격탐사 위성은 밴드수, 렌즈 구경, Ground Sample Distance (GSD), 밴드폭 기준으로 고성능의 기준을 명시하고 있다. 결과적으로 여기에 적시되지 않은 통신위성, 낮은 성능의 원격탐사 위성, 로버 등 우주 탐사선 등이 ITAR에서 상무부의 EAR의 CCL(Commerce Control List)로 이동되었다.

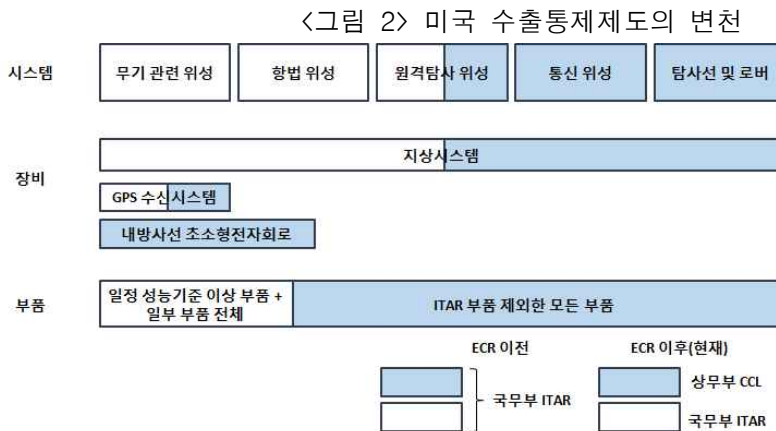
(b)는 (a)에서 나열된 우주비행체의 명령전송, 추적, 제어를 담당하는 지상제어시스템을 규정한다. 다만 지상제어시스템들에 공통적으로 사용되는 부품, 장비 등은 모두 EAR로 변경되었다.

(c)는 군용으로 제작된 GPS 수신장비를 포함시키고 있으며 군용이 아니지만 GPS 정보 가운데 정밀 신호(GPS precise positioning service)의 암호화 및 해독 시스템 등을 포함한다.

(d)는 기존 USML에서 방사선내성(radiation - hardened) 처리된 초소형전자회로였는데 이번 개정을 통해 상무부 CCL로 이동되었다. 기존 ITAR에서는 특정 성능 기준에 부합하는 초소형 전자회로를 포함시켰으나 현재는 성능과 상관없이 (d) 항목 자체가 CCL로 이동되었다.

(e)는 우주비행체에 사용되는 부품, 구성품, 장비 등을 명시하고 있는데 아래 (1)~(21)까지 품목별로 성능기준을 명시하고 있다. (1)~(21)까지 항목은 크게 유형을

두 가지로 구분할 수 있는데, 하나는 성능기준을 수치로 표현하여 일정 성능 이상만 포함시킨 품목이고, 다른 하나는 성능과 상관없이 품목 자체를 명시한 것이다. 전자의 유형에 속하는 품목은 안테나, 광학렌즈, 초점평면형어레이(FPA), 광학벤치조립(optical bench assemblies), kinetic or directed-energy systems(주: (a)항의 (5),(6) 용도의 우주비행체에 활용되는 경우로 명시), 자세결정/제어시스템, 전기(플라즈마/이온) 추진시스템, 추진제(trusters), monolithic microwave integrated circuit(MMIC), 별추적기 및 별센서, 열방지(heat shields and heat sinks)가 있다. 성능을 표시하는 방법은, 예를 들어 광학 렌즈는 구경이 0.35m를 초과하거나(active properties 보유한 렌즈) 0.50m를 초과한(active properties 특성 미보유 렌즈)하는 경우이다. 품목 자체를 규제하는 후자의 경우는 극저온냉각장치(cryocooler), 방진장치(vibration suppression), 세슘/루비듐/수소원자메이저/양자 원자시계, 원자로 및 전력전환시스템, 방사성동위원소 전력시스템, 핵열추진시스템, 제어모멘트자이로(CMG)이다.



<표 1> 개정된 Category XV (e)항 핵심부품 기준

구분	기준 유형	
	일정 성능 이상의 부품만 규제	품목 자체를 규제
부품명	안테나	극저온냉각장치(cryocooler)
	광학렌즈	방진장치(vibration suppression)
	초점평면형어레이(FPA)	세슘/루비듐/수소원자메이저/양자 원자시계
	광학벤치조립(optical bench assemblies)	원자로 및 전력전환시스템
	자세결정/제어시스템	방사성동위원소 전력시스템
	전기(플라즈마/이온) 추진시스템	핵열추진시스템
	추진제(trusters)	제어모멘트자이로(CMG)
	monolithic microwave integrated circuit(MMIC)	
	별추적기	
	열차폐 및 방열기(열흡수기)	

이번 수출통제개혁(ECR)은 전반적으로 산업체의 수출 허가 과정에서는 겪는 혼란을 방지하여 국가안보 목적에 더욱 집중할 수 있도록 하는 취지가 반영되었음을 알 수 있다. 즉, 물품 자체의 군사 관련성 높은(sensitive) 품목만 ITAR 군수품 리스트에 유지함과 동시에 USML 품목별 기준도 구체적으로 명시하여 혼란을 최소화하고 있다. 즉 무기 관련 위성(핵폭발 탐지, 정찰 기능, 미사일 추적, 위성 요격용 등)과 군사용 유용성이 매우 높은 위성항법시스템은 엄격한 ITAR 통제 대상으로 유지하고 있다. 그런데 이번 ECR에서 주목할 부분은 통신위성이 성능이나 목적과 상관없이 CCL로 이동되었고 CCL로 이동된 핵심 부품 가운데 USML에 남아있는 우주비행체에 사용될 수 있는 여지가 있지만 이들은 USML의 대상에서 제외한 것이다. 통신위성은 전장에서 군의 중요한 커뮤니케이션 수단이다. 이 품목들은 국가 안보 외에 기술 발전과 산업 생태계가 영향을 주었을 것이라 판단되며 변화 뒤에는 이해관계자의 영향이 작용했을 가능성이 높다.

다음 단락에서는 이러한 제도 변화의 배경을 살펴보고자 구체적으로 ‘(d)항 방사성내성된 초소형전자회로(radiation-hardened microelectronic circuits)’의 기술 및 산업 환경과 변화를 살펴보고자 한다. 방사성내성 전자회로는 그 중요성으로 인해 ITAR USML에서 독립적인 항목으로 다루어졌었으나 오바마 정부의 개편 과정에서 CCL로 이관되었고, 특히 Category XV에서 가장 먼저 변경 시행 되었다. 집적회로(Integrated Circuit, IC)라고도 하는 초소형전자회로는 거의 모든 현대 전자제품과 우주 시스템의 핵심 부품으로 사용되고 있는데 핵 공격의 방사성 환경이나 우주의 악조건 환경에서 기능 복원력을 위해 방사성내성이 매우 중요하기 때문에 집적회로의 방사성내성 기준은 수출 통제의 당위성을 지녀왔다. 그러나 기술발전 덕분에 일반 소비재에서 사용되는 집적회로도 방사성내성 기준에 쉽게 도달할 수 있는 수준에 이르게 됨에 따라 목적과 상관없이 수출통제 관리 대상이 될 수 있어 산업체로부터 지속적으로 우려의 목소리가 나왔다. 다음 단락에서는 초소형전자회로의 기술 변화, 글로벌 산업 생태계의 변화, 미국 산업체의 경쟁력 등을 분석하고자 한다.

IV. 제도주의적 관점에서 본 수출통제제도와 위성업체의 공진화

1. 방사성내성 초소형전자회로 (Radiation-hardened Microelectronic Circuits) 사례

초소형전자회로(이하 ICs(집적회로))는 반도체 산업군에 속하며 반도체 산업의 핵심 생산품이다. 반도체 산업은 크게 반도체 소재, 제작 장비(semiconductor manufacturing equipment, SME)와 이들을 통해 생산된 반도체 집적회로(Integrated circuit)로 구분된다. 이 세 가지 분류에 속한 대부분의 기술은 다양한 일반 소비재

에 사용되기 때문에 민군겸용기술 또는 군수품이 아닌 것으로 판단하여 수출통제규제(ITAR, EAR)의 대상이 아니다. 다만, 2014년 ECR 이전에는 일부 고품질의 소재와 제작 장비(SME)가 CCL 규제 대상이었으며 앞서 언급했듯이 핵 방사성 및 우주 환경에 대응하기 위한 방사성내성된 ICs가 ITAR 대상이었다. 그러나 ECR 과정을 통해 ITAR의 ICs(Category XV(d)) 항목자체가 EAR의 CCL로 이전되면서 이제는 모든 초소형집적회로의 수출 규제가 완화되었다고 볼 수 있다.

우주급 ICs가 수출 완화된 배경에는 세계적인 반도체 기술의 발전과 아시아 중심으로 글로벌 시장이 재편되는 변화 속에 자국 기업의 경쟁력에 영향을 줄 수 있는 제도에 대해 미국 반도체 업체들이 변화를 요구했기 때문이다. 미국 반도체 산업체 커뮤니티인 ‘반도체산업협회(Semiconductor Industry Association, 이하 SIA)’는 1999년 이후¹⁰⁾ 지속적으로 반도체 업체들의 개선요구 의견을 개진하였다. 한 예로는 2007년 Single event upset(SEU) 기준 변경 사례이다. SIA는 ICs의 5가지 기준 가운데 하나인 SEU(한 입자의 영향으로 인한 소자의 오류)의 기준을 1×10^{-7} errors/bit/day에서 1×10^{-15} 로 낮추어 우주 및 핵 방사성 환경에 대응하도록 것을 제외한 모든 ICs가 잠재적 규제 대상에서 제외될 수 있도록 제안하였다. 결과, 국무부와의 협의 과정을 거쳐 SEU 기준은 1×10^{-10} errors/bit/day로 결정되었다.¹¹⁾ ICs 미국 업체들이 수출통제 제도 개선 요구를 지속적으로 추진한 이유는 글로벌 반도체 시장이 아시아 중심으로의 재편된 것을 포함해 글로벌 기술, 산업, 경제적 변화에서 찾아볼 수 있다.

2000년 이후 IC 시장은 큰 변화를 보였다. 아시아의 IC 수요 증가는 세계 반도체 산업이 확대될 수 있는 핵심 동력을 제공하였다. 2000년 이전에는 북미, 일본, 유럽이 ICs 소비 시장의 75%를 차지했었으나 2005년에는 50%정도로 줄고 한국을 포함한 타 국가의 비중이 크게 증가하였다. 소재와 SME 시장은 지역별 시장 비중이 5년 사이 큰 변화를 보이지 않았지만 한국은 특히 SME 시장에서 2005년 8%에서 2010년 18%로 두 배 이상 증가하였다. 미국 반도체 기업의 IC 판매와 미국내 IC 소비 간 불일치가 커져갔으며 미국 반도체 기업들의 매출은 주로 해외 판매를 통해 발생하였다. 이것은 미국의 반도체 소재, SME, ICs 기업들이 세계 시장에서 살아남기 위해서는 수출해야 한다는 것을 의미한다.

이러한 시장 재편이 이루어진 원인으로는 반도체 산업의 경제적 측면의 특성을 고려해 볼 수 있다. 반도체 산업은 자본 집약적 특성으로 인해 자본 비용이 중요한 요소로 작용하고 소형화가 성능향상의 핵심이기 때문에 품질이 확보된 대량생산 즉 생산성의 최적화가 중요한 부분이다. 따라서 반도체 기업들은 이미 1980년대부터 생산성 향상을 위해 품질 제어, IC 설계, SME/처리과정을 통한 트랜지스터 크기의 축소, 웨이퍼 사이즈 증가 등에 집중적인 투자를 하였다. 일본 기업들은 1980년대에

10) 1999년 이전에는 ICs는 우주용 또는 핵 관련 분야 용도이면서 동시에 5가지 성능 기준을 초과하는 것만 규제되었으나 1999년 이후에 우주용/핵 관련 용도와 상관없이 5가지 성능 기준에만 부합하면 ITAR 대상이 되어 규제 대상이 광범위하게 되었음

11) 72 Fed. Reg. 39010 (July 17, 2007)

품질 관리와 SME에서 선도하기 시작하여 기억 소자와 같은 반도체 상품의 주요 생산 지역이 미국에서 일본으로 이동되었다. 그러나 점차 세계적으로 품질 관리가 어느 정도 수준에 이르게 되면서 반도체 제조 산업은 한국과 대만 등으로 다시 이동하게 되었는데 이 국가들은 아직 자본 비용이 낮고 정부의 세금 인센티브 및 재정지원과 함께 기술자들의 인건비가 낮아 생산 비용 부분에서 경쟁력을 가질 수 있었기 때문이다.

기술적 측면에서도 변화가 일어났다. 반도체 제조에 투입되는 자본 비용의 상승은 기업들이 생산 가치사슬의 한 부분에 특화하도록 영향을 주었다. 즉 제조의 수직적 가치사슬의 분화가 나타나고 많은 기업들이 설계와 개발을 제외한 모든 것을 아웃소싱하기 시작하였다. 반도체 제조 공정 중 하드웨어 소자의 설계와 판매만을 전문적으로 하고 생산설비를 갖추고 있지 않은 팹리스(fabless) 회사가 대표적인 예로서 세계적으로 팹리스 기업들의 이익은 크게 증가하였고 특히 미국 IC 산업에서 큰 비중을 차지하게 되었다. 또 다른 기술적인 변화는 미국 외 지역의 기업들이 최첨단 반도체 제작 시설을 갖추기 시작했다는 점인데 미국의 최첨단 반도체 제작 생산능력이 2000년 이후 낮아지고 있다.

반도체를 비롯하여 전자제품, IT 기술들이 이제는 세계적으로 분산되어 생산되고 또한 기술적으로도 역동적으로 발전해나가고 있기 때문에 수출통제가 그 본래 목적을 달성하기에는 효과가 없다는 의견이 제기되었다. 즉, 최첨단 IC 제품의 소비와 생산이 한국, 대만을 비롯해 이제는 중국으로 이동되었기 때문에 미국이 자체 수출통제제도를 통해 초소형전자 기술을 통제할 수 있다는 전제 자체가 통하지 않게 되었다. 방사성내성 공정 과정이 비밀 정보로 분류되었는데 미국 외 프랑스, 일본 등 해외 기업체로부터 확보할 수 있는 방사성내성 부품들이 증가하고 있다.

특히 반도체 기술 가운데 유일하게 ITAR 통제를 받고 있는 방사성내성 ICs의 경우는 기술적 발전 속도로 인해 통제 효과가 의미가 없으며 오히려 수출 비중이 높은 미국 반도체 기업 입장에서는 경쟁력 감소의 역효과만을 남길 우려가 제기되었다. 2000년 초기부터 미국 반도체 산업체들은 집적회로의 line widths, 새로운 소재의 도입, 에러 수정 S/W 등 기술의 발전으로 표준 상용 ICs의 성능이 높아지고 있는데 곧 모든 ICs가 ITAR 성능 기준에 부합할 수 있는 수준에 이를 수 있음을 우려했다. 일반적으로 소비재에 사용되는 반도체 부품은 별도로 방사성내성 테스트를 거치지 않는다. 수출용 부품도 방사성 관련 성능을 명시한 부품이 아니면 미 정부에서도 테스트를 의무화하지 않고 있다. 이로 인하여 일반 소비재로 중국에 수출되었다가 중국에서 테스트를 통해 방사성내성 기준에 부합하는 것이 밝혀질 경우 미국 업체는 미국의 수출통제규제를 위반한 것이 된다.

미국의 수출통제제도가 미국 산업체의 세계 경쟁력에 미친 영향을 분석한 연구들을 살펴보면, 기업의 매출액의 감소에 규제가 직접적으로 영향을 끼친 부분에 대한 정량적 증거를 제시하지 못한다. 이들 보고서는 조사했던 기업들이 부정적 영향은 토로하지만 실제 기업 매출에 영향을 미쳤다고 하는 기업들은 소수에 불과하다고

하고 있다. 그러나 미국 업체들이 유럽이나 일본 등 해외 경쟁 기업에 비해 수출 업무상 거쳐야 하는 다양한 조건과 절차들, 허가를 받기 까지 예측할 수 없고 장기간이 소요된다는 점은 분명히 장기적으로 반도체 시장과 기술의 변화를 고려할 때 적절하지 않다. 허가 승인까지의 수출 지연과 불확실성은 하이텍 산업의 핵심 부품으로서 적시 공급을 중요시하는 글로벌 반도체 공급망에서 신뢰성에 타격을 입을 수 있다. 반도체 부품 공급에 있어 해외 대체가능한 기업이 존재하는 상황은 이를 더욱 악화시킨다.

2. 우주기술 및 산업의 전반적인 변화 및 수출통제제도

집적회로의 사례에서도 보았듯이 기술의 발전과 산업 생태계의 변화는 제도가 본래 목적하고 있던 효과를 재점검하게 한다. 최근 일어나고 있는 우주산업의 변화는 오바마 정부의 수출통제제도의 변화의 배경을 이해하게 하고 앞으로 또 다른 변화가 요구될 수 있음을 가늠하게 한다.

OECD Space Forum의 ‘Space and Innovation(2016)’에 따르면 현재 세계 우주산업은 우주개발 사이클의 새로운 단계에 진입하고 있다. (아래 표 참조)정부 주도 소수 기업만이 참여했던 우주산업 분야에 더 많은 부품 업체, 제조 업체, 서비스 업체, 수요자들이 생겨나면서 시장에서 우주기반 대량 판매 제품이 등장하고, 국제 조약의 이행을 위해 글로벌 모니터링에 최적인 위성 신호와 데이터의 활용이 확대되며, 기존 국제우주정거장(International Space Station, ISS)을 대체하는 제3세대 우주정거장 구축, 새로운 유인발사체의 등장, In-orbit servicing이라는 우주 공간에서의 우주시스템의 수리를 통해 임무수명 연장 등이 가까운 시기에 구현될 전망이다. 이러한 우주 기술 변화는 IT 등 인접 기술의 혁신이 중요한 동력을 제공하였는데, OECD는 제조 공정의 혁신(3-D 프린팅 기술), 새로운 제조 프로세스의 도입(타 산업 품질관리 체계 도입), 재사용 발사체, 전기추진 등 우주기술 자체의 발전을 세 가지 축으로 보고 있다. 특히, 산업 전반에 걸쳐 파급효과가 매우 큰 IT 기술의 발전은 우주시스템의 성능 향상, 소형화, 발사체 혁신, 개발 비용의 하락에 기여하고 있다.

과거 군 중심으로 발전한 우주기술이 민간기업과 시장이 중심이 된 연구개발로 및 생산으로 이동하면서 수출통제는 새로운 국면을 맞을 것으로 보인다. 2010년 이후 우주산업에서 세계적 화두로 등장한 소형위성은 우주용으로 개발된 부품이 아닌 표준화된 소형 부품을 IT 시장에서 쉽게 사용하여 저비용으로 대량생산함으로써 위성 제작 프로세스를 혁신적으로 변화시키고 있으며 소형위성이 제공하는 서비스 또한 새로운 시장을 개척하여 기존 우주시스템이 제공하던 활용 범위를 넓혀가고 있다. 즉, 위성 시스템을 제작하는데 이용할 수 있는 부품 시장이 더욱 광범위해지고 따라서 우주 부품과 일반 상용 부품간 경계가 모호해지면서 대체품 확보 용이성의 향상은 수출통제 규제 효과를 약화시킨다.

〈표 2〉 우주개발 사이클의 변화

Cycles	Dates	Description
우주시대 이전 (-1)	1926-42	최초 로켓 (고다드 ~ V2)
우주시대 이전 (0)	1943-57	대륙간 탄도미사일 군 경쟁 인류 최초 인공위성 스푸트니크 궤도 발사
Cycle 1	1958-72	우주 경쟁 (스푸트니크 발사 이후 ~ 아폴로 프로젝트) 군수용 우주기술 개발·활용 시작(정찰 위성 등) 우주 우주인 착륙 및 무인 우주탐사 시작
Cycle 2	1973-86	최초 우주정거장(스카이랩, 샬롯) 및 우주왕복선(스페이스셔틀) 군수용 우주기술 개발·활용 확대(GPS, Glonass) 민수용과 상업용 우주기술 개발·활용(지구관측, 통신) 시작 새로운 우주활동 국가 등장(유럽, 중국, 일본)
Cycle 3	1987-2002	2세대 우주정거장(미르, ISS) 군수용 우주기술 역할 더욱 강화 민수용과 상업용 우주기술 개발 강화
Cycle 4	2003-18	디지털 기술 기반으로 우주기술 사용 확산 마이크로전자, 컴퓨터 등의 복합적 작용으로 새로운 우주시스템(소형위성) 발달 우주활동의 국제화(정부예산 대규모/소규모 국가 공존, 글로벌 공급-수요망(value chain) 발전)
Cycle 5	2018-33	대량판매시장 제품과 글로벌 모니터링을 위한 위성 데이터 사용 증가 3세대 우주정거장 등장 태양계를 포함한 우주 탐사(mapping) 범위 확대 새로운 우주활동(새로운 유인 우주발사체, in-orbit servicing) 시작

V. 결론

그동안 혁신연구는 주로 이미 존재하는 시장((pre-existing market)에 적합한 소비자의 패러다임을 다루어 왔다. Utterback and Abernathy(1975)는 도미넌트 디자인의 출현을 분석하였으며, Tushman and Anderson(1986)은 급진적인 신기술의 출현으로 오래된 역량이 유효하지 않으며 기존 기업은 쇠퇴한다고 밝혔다. 이들은 제품의 탄생에서 성숙까지 순환주기에 따른 기술혁신을 설명했다. 이와 같은 기존 연구는 기업은 기술 경쟁적이고, 소비자의 시장 거래를 통해서 혁신의 성패를 평가할 것이 전제가 되고 있었다.

참 고 문 헌

(1) 단행본(각종 정부간행물 및 연구보고서 포함)

- 하연섭(2003). 제도분석. 서울: 다산출판사.
한국항공우주연구원 (2012), 미국의 위성 산업, 규제를 벗다, Space Issue No.1.

(2) 학위 논문 및 학술 논문(단행본에 포함된 개인 저술 포함)

- Abernathy, W. J., & Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research Policy*, 14(1), 3.22.
- Barlow, J. (2000). Innovation & learning in complex offshore construction projects. *Research Policy*, 29, 973.989.
- Brusoni, S., & Prencipe, A. (2001). Unpacking the black box of modularity: Technologies, products and organizations. *Industrial and Corporate Change*, 10(1), 179.205.
- Brusoni, S., & Prencipe, A. (2011). Patterns of modularization: The dynamics of product architecture in complex systems. *European Management Review*, 8, 67.80.
- Brusoni, S, Prencipe, A., & Pavitt, K. (2001). Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: Why do firms know more than they make? *Administrative Science Quarterly*, 46, 597.621.
- Davies, A., Gann, D., & Douglas, T. (2009). Innovation in megaprojects: Systems integration at London Heathrow Terminal 5. *California Management Review*, 51(2),101.125.
- Gann, D. M., & Salter A. J. (2000). Innovation in project-based, service-enhanced firms: The construction of complex products and systems. *Research Policy*, 29, 955.973.
- Geyer, A., & Davies, A. (2000). Managing project-system interfaces: Case studies of railway projects in restructured UK and German markets. *Research Policy*, 29, 991.1013.
- Hayes, R. H., & Wheelwright, S. C. (1984) Restoring our competitive edge: Competing through manufacturing. New York, NY: Wiley.
- Henderson, R., & Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing producttechnologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9.30.
- Hughes, T. (1983). Networks of power: Electrification in Western society, 1983.1930. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

- Miller, R., Hobday, M., Leroux-Demers, T. & Olleros, X. (1995). Innovation in complex systems industries: The case of flight simulation. *Industrial and Corporate Change*, 4(2), 363.400.
- Mowery, D., & Rosenberg, N. (1982). The commercial aircraft industry. In R. Nelson (Ed.), *Government and technical progress: A cross-industry analysis* (pp. 101.161). New York, NY: Pergamon.
- Prencipe, A. (1997). Technological competencies and product γ - μ s evolutionary dynamics: A case from the aero-engine industry. *Research Policy*, 25, 1261.1276.
- Prencipe, A. (2000). Breadth and depth of technological capabilities in CoPS: The case of the aircraft engine control system. *Research Policy*, 29, 895.911.
- Shenhar, A. J. (1993). From low- to high-technology project management. *R&D Management*, 23(3), 199. 214.
- Simon, H. A. (1969). *The sciences of the artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Tushman, M. L., & Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments, *Administrative Science Quarterly*, 31(1), 439.465.
- Ulrich, K. T. (1995). Product architecture in the manufacturing form. *Research Policy*, 24, 419.440.
- Vicenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it: Analytical studies from aeronautical history*. Baltimore, MD: John Hopkins University Press.
- Woodward, J. (1958). *Management and technology*. London, UK: Her Majesty Stationary Office.
- Hobday, M. (1998). Product complexity, innovation and industrial organization. *Research Policy*, 26, 689. 710.
- Hobday, M., & Rush, H. J. (1999). Technology management in complex product systems (CoPS)-ten questions answered. *International Journal of Technology Management*, 17(6), 618.638.
- Utterback, J. M., & Abernathy, W. J. (1975). A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, 3(6), 639.656.
- Utterback, J. M., & Suarez, F. F. (1993). Innovation, competition, and industry structure, *Research Policy*, 22(1), 1.21.

(3) 신문 기사 / 법령

(4) 온라인 자료