JETEM

Journal of Economic Theory and Econometrics

The Journal of the Korean Econometric Society

(계 량 경 제 학 보)

March 2009

Volume 20. Issue 1. pp. 60-102

Competition among Originals, Managed Originals and Illegal Copies and Social Welfare

Sang-Young Sonn* **· Illtae Ahn**†

Abstract DRM(Digital Rights Management) refers to access control technologies for copyright holders to limit usage of digital contents or devices and to prevent the unauthorized use of them. We consider an information good market in which DRM-free originals(simply, "originals"), originals controlled by DRM(simply, "managed originals") and illegal copies are traded. We model a monopolistic copyright holder's behavior of setting the prices of an original and a managed original as well as of determining the protection level of DRM in this market, and identify and analyze the market equilibrium. We also study the welfare effect of the introduction of managed originals into the market. In the equilibrium, the copyright holder selects a protection level of DRM which equates the quality of a managed original and that of an illegal copy, and sets the price of a managed original to be equal to the unit copy cost. The introduction of managed originals into the market raises the price of an original. If the copy cost is "relatively" low, the introduction of managed originals enhances the social welfare. Otherwise, it reduces the social welfare.

Keywords Information good, DRM, Social welfare

JEL Classification D42, L15, L86

* Korea Information Society Development, sonnsye@kisdi.re.kr

† Department of Economics, Chung - Ang University, illtae@cau.ac.kr.

Received July 11, 2008, Accepted December 12, 2008

JETEM

Journal of Economic Theory and Econometrics

The Journal of the Korean Econometric Society

(계 량 경 제 학 보)

March 2009

Volume 20. Issue 1. pp.60-102

원본, DRM본, 복사본 간 경쟁과 사회후생

손 상 영* · 안 일 태†

Abstract 이 논문은 사용상 제약이 없는 원본, DRM(Digital Rights Management)에 의해 사용상 제약을 받는 “DRM본” 그리고 불법복제본이 유통되는 정보재 시장에서, 생산자의 DRM 강도 선택과 원본 및 DRM본 가격설정 행위 등을 모형화하고 그 균형을 분석하고자 한다. 또한 DRM본의 도입이 사회후생에 어떤 영향을 주는지를 분석하고자 한다. 균형에서 생산자는 DRM본과 복제본의 품질을 동일하게 하는 DRM 수준을 선택하며 DRM본의 가격도 복제비용과 동일한 수준으로 책정한다. 원본의 가격은 DRM본이 존재하지 않는 경우보다 상승하게 된다. 복제비용이 상대적으로 낮으면 DRM본의 도입이 사회후생을 증대시키지만, 복제비용이 상대적으로 높으면 사회후생을 감소시킨다.

Keywords 정보재, DRM, 사회후생

JEL Classification D42, L15, L86

* 정보통신정책연구원 연구위원, e-mail : sonnsye@kisdi.re.kr.

† 교신저자, 중앙대학교 정경대학 경제학과 부교수, e-mail : illtae@cau.ac.kr.

이 저자는 2008년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 감사드린다.

접수일(2008년 7월 11일), 게재확정일(2008년 12월 12일)

1. 서론

DRM(Digital Rights Management)은 디지털 콘텐츠를 비롯한 정보재(information good)의 유통과 사용에 있어서 소비자의 사용권한과 범위를 정해 주는 방법을 통해 정보재에 대한 저작권을 저작권자 스스로 보호하는데 사용되는 하드웨어나 소프트웨어 기술 및 서비스를 의미한다. 음악 콘텐츠를 예로 들면 DRM은 소비자가 특정 곡을 몇 번 감상하는지, 특정 곡의 파일을 몇 개 복제하는지, 얼마나 자주 그 파일을 하나의 재생기기에서 다른 재생기기로 옮기는지, 샘플링과 같은 파일 조작행위를 하고자 하는지에 대해 저작권자가 제한을 둘 수 있고 그 제한의 정도에 따라 차별화된 가격을 책정할 수도 있다.

오늘날 음반시장을 살펴보면 이용에 제약이 없고 인터넷을 통해 무료로 다운로드 받을 수 있는 복제 프로그램만 있으면 복제도 가능한 원본(original) CD가 유통되고 있으며, 한편으로는 DRM 기술을 적용하여 소비자의 이용에 제약을 두고 있는 온라인 음악서비스가 제공되고 있고, 또 한편으로는 각종 인터넷 사이트에서 음악 파일을 무료로 다운로드 받거나 CD를 복제하여 음악을 들을 수도 있다.[1] 이러한 상황은 DVD나 인터넷을 통해 보급되는 영화시장에서도 유사하게 벌어지고 있다.

DRM에 의해 제약을 받는 제품 또는 서비스(이하 “DRM본”이라고 칭한다)는 사용상 제약이 없는 원본으로부터 가치가 공제된 버전(value-subtracted version) 또는 “damaged goods”이라고 볼 수 있다.[2] 또한 적용된 DRM의 강도가 강할수록, 즉 DRM에 의한 제약이 많고 복잡할수록 DRM본의 가치 또는 품질은 떨어질 것이다.

이 논문에서는 정보재 생산자 또는 저작권자(이하 생산자라고 칭한다)가 사용상 제약이 없는 원본과 DRM본을 공급하고 소비자는 원본, DRM본 또는 불법 복사본을 선택할 수 있는 경우, 생산자의 DRM 강도 선택과 원본 및 DRM본 가격설정 행위, 그리고 정보재 소비를 포기하는 것까지 포함한 소비자의 선택 행위를 모형화 하고 그 균형을 분석한다, 또한 과거 원본 구입과 불법복제의 두 가지 선택이 존재하던 시장에 DRM본의 도입

1) 최근 Apple 사는 자신의 온라인 음악공급채널인 iTunes를 통해 DRM-free 음악파일을 공급하고 있다. 이것은 이용상 제약이 없으므로 원본에 해당한다.
2) value-subtracted version에 대한 자세한 논의는 Shapiro and Varian (1999) Chapter 3을 참조하고, DRM이 상용화된 이후 과거 원본에 비해 DRM본의 가치가 하락한 사례들은 Sundararajan (2004)을 참조하라. Damaged goods에 대한 자세한 논의는 Deneckere and McAfee (1996)를 참조하라.

이 사회후생에 어떤 영향을 주는지 분석한다.

이 논문의 주요 결과는 다음과 같다. 생산자의 DRM 구현비용을 고려하지 않고 불법복제에 따르는 비용이 DRM의 강도에 영향을 받지 않는다면, (i) 생산자는 DRM본과 복사본의 품질을 동일하게 하는 DRM의 강도를 선택하며, (ii) DRM본의 가격도 복제비용과 일치하도록 설정한다. 결과적으로 DRM이 존재하지 않았다면 시장에 복사본이 존재하는 상황에서 DRM본의 도입은 복사본을 시장에서 효과적으로 몰아내게 된다. (iii) 원본의 가격은 DRM이 존재하지 않는 경우보다 상승하게 되는데 그 이유는 원본 가격의 인상이 DRM본에 대한 수요를 증대시켜 이윤을 증가시킬 수 있기 때문이다. (iv) DRM본의 도입의 사회후생에 미치는 영향은 불법복제 비용의 크기에 좌우된다. 복제비용이 작으면 DRM본의 도입이 사회후생을 증대시키고, 복제비용이 크면 감소시킨다. DRM본의 도입은 일부 원본 이용자를 DRM본 이용자로 전환시켜 소비자 잉여를 감소시키는 부정적 효과와 일부 복사본 이용자를 DRM본 이용자로 전환시켜 추가적인 이윤이 발생하는 긍정적 효과가 있는데, 복제비용이 크면 원본 이용자가 많기 때문에 부정적 효과가 더 크고 복제비용이 작으면 복사본 이용자가 많아 긍정적 효과가 더 크게 된다.

DRM에 대한 경제이론적인 분석으로는 Sundararajan (2004)와 Park and Scotchmer (2005)를 들 수 있다. 전자는 저작권자가 DRM본과 복제본의 품질에 영향을 주는 DRM의 수준을 선택할 수 있다는 것을 모형화하여 최적 DRM 수준을 구했으며, 후자는 DRM 구현비용을 복수의 저작권자 간에 분담하는 방식에 따라 달라지는 균형가격들을 구하고 비교하였다.

DRM본을 원본으로부터 가치가 공제된 버전 또는 damaged good으로 보는 연구로 Rayna and Striukova (2007)를 들 수 있다. 비록 엄밀한 이론적 분석은 아니지만 이들은 생산자의 입장에서는 DRM을 이용하여 열등한 버전을 만들어 2급(second degree) 가격차별화를 하는 것으로 볼 수 있으며 이런 가격차별화가 반드시 사회후생을 감소시키는 것은 아니지만 (원본과 복사본을 포함한) 3개의 버전으로는 가격차별화가 사회후생의 증대를 가져올 것 같지는 않다고 주장했다. 그러나 Deneckere and McAfee (1996)는 damaged good의 도입이 사회후생의 증대에 기여할 수 있음을 입증한 바 있다. 본 논문에서는 Rayna and Striukova (2007)의 주장에 대해 명확한 답을 주고 있다.

생산자가 원본과 DRM본을 동시에 공급하는 것은 품질차별화(quality discrimination)

을 통한 가격차별화로 볼 수도 있다. 품질차별화에 대한 기존 연구들을 살펴보면[3] 독점 기업은 저 품질 제품의 품질은 사회적 최적 수준보다 낮게 책정하고 고 품질 제품의 품질은 사회적 최적 수준으로 책정함을 알 수 있다. 다시 말해서 고 품질 제품 소비자는 한계비용만큼 지불하지만 저 품질 제품 소비자는 한계비용보다 높은 가격을 지불하게 하여, 기업은 가격차별화를 통해 고 품질 제품을 구매할 수 있는 소비자가 저 품질 제품을 구매하는 것을 저지한다. 본 논문에서 DRM본의 가격설정은 복사본을 시장에서 몰아내는 역할을 하고 있으므로 기존의 품질차별화 이론들과는 대조된다.

이 논문의 구성과 주요 내용은 다음과 같다. 2절은 일종의 벤치마크 모형으로 DRM이 존재하지 않는 경우를 분석하였다. 소비자가 정보재를 구입할 수 있는 경로는 생산자로부터 원본을 유료로 구입하든가, 아니면 무료의 복사본을 획득하는 것이다. 복사본을 획득하는 경우에도 일정한 복제비용은 소요된다.

3절에서는 생산자가 원본 이외에도 원본에 DRM 기술을 적용하여 소비자의 사용을 제약한 DRM본도 출시하는 경우를 분석하였다. 한편 생산자가 설정하는 DRM의 강도는 DRM본 사용자의 효용 외에도 복사본 이용자의 효용에도 영향을 미칠 수 있다. DRM본의 강도가 높아질수록 불법복제가 어려워져 복사본의 복제비용이 증가할 수도 있기 때문이다. 3절에서의 분석은 이러한 점을 무시하고 복사본의 복제비용이 DRM 수준과는 무관하다는 전제 하에서 이루어졌다. 주요 결과는 앞에서 소개한 (i) ~ (iv)와 같다.

4절에서는 3절의 모형에 추가적인 가정을 도입하였다. 4.1의 분석은 DRM의 강도가 높아지면, 복사본 이용 시 복제비용도 증가한다는 전제 하에서 이루어졌다. 이 경우 생산자는 DRM 강도를 최대한 높여, DRM본의 사용을 가능한 제약하게 된다. 이러한 조치는 DRM본에 대한 수요를 감소시키나, 복사본에 대한 구입 유인도 줄여 원본에 대한 구입 유인을 증가시킨다. 사회후생은 DRM이 존재하지 않는 경우에 비해 낮아진다. 3절과 Ⅳ.1에서는 DRM 기술을 구현할 때 생산자가 치러야 할 구현비용은 고려하지 않았다. 이는 논의의 단순화를 위한 것으로, 현실적으로는 생산자가 DRM의 강도를 높일수록 비용이 더 많이 소요된다고 할 수 있다. 4.2에서는 3절의 모형에 생산자의 DRM 구현비용을 명시적으로 고려하였다. 그 결과 구현비용이 작은 경우에는 구현비용을 고려하지 않는 3절과 동일한 결과가 도출되며, 구현비용이 큰 경우에는 DRM이 존재하지 않는 2절과 동일

3) 품질차별화에 대한 종합적인 분석은 Varian (1989)를 참조하라.

한 결과가 도출된다.

2. 기본모형

한 가지 정보재가 유일한 생산자에 공급되는 단순한 시장을 상정한다. 생산자의 한계비용은 0이라고 하자. 소비자들의 집합은 $[0,1]$의 연속체(continuum)로 표시되며, 소비자 $\theta \in [0,1]$는 이 정보재에 대해 θ만큼의 가치를 가지고 있다. 소비자들은 $[0,1]$ 위에 고르게 분포되어(uniformly distributed) 있다.

소비자는 다음의 두 가지 방법 중 하나를 택해 이 정보재를 구입한다. 첫째는 이 정보재의 원본(original)을 독점적 생산자가 미리 정한 원본 가격 p에 구매하는 것이고, 둘째는 이 정보재의 복사본(copy)을 비용 $c \geq 0$를 치르고 획득하는 것이다. 여기서 비용 c는 소비자가 이 정보재를 복제하는데 들어가는 물리적인 비용일 수도 있고, 사법당국에 의한 불법복제 단속에 걸렸을 때 받는 처벌(penalty)의 기대치로 해석할 수도 있다. 원본의 품질을 1, 복사본의 품질을 s라고 하고 $0 \leq s \leq 1$이라고 하자. 소비자는 원본이든 복사본이든 최대 한 단위의 정보재만 소비한다고 하자. 소비자 θ의 효용함수는 다음과 같다.

$$U(\theta) = \begin{cases} \theta - p & \text{원본 구입시} \\ s\theta - c & \text{복사본 획득시} \\ 0 & \text{정보재를 소비하지 않은 경우} \end{cases}$$

이 정보재에 대해 적어도 가장 높은 가치를 두고 있는 소비자는 복사본을 획득할 경우 양의 효용을 얻도록 하기 위해 $s \geq c$라고 가정한다. 그렇지 않다면 아무도 복사본을 획득하지 않을 것은 자명하다.

이 모형은 손상영·안일태 (2007)에서 네트워크 효과가 없는 경우를 원용한 것으로, Belleflamme (2003)의 “simple single-good model"에서 일반성을 훼손함이 없이 원본의 품질을 1로 정규화(normalize)한 것이다. 또한 이 모형은 정보재의 개발비용을 고려

하지 않는 경우 생산자의 한계비용이 0일 때 Yoon (2002)의 모형과 동일함을 확인할 수 있다.

기본적으로 이 모형은 독점적 생산자가 자신의 이윤을 극대화하는 원본의 가격을 정하는 문제이므로, 후방귀납법(backward-induction)을 이용하면 비교적 단순하게 풀린다. 우선, 주어진 원본 가격 p 하에서 소비자가 자신의 순효용을 극대화하도록 정보재의 구입여부 및 구입 방법을 선택하게 되면, 원본 및 복사본에 대한 수요함수가 각각 $D_o = 1 - \frac{p-c}{1-s}$와 $D_c = \frac{p-c}{1-s} - \frac{c}{s}$와 같이 구해진다. 따라서 독점적 생산자는 자신의 이윤 $\pi = pD_o$를 극대화 하는 원본 가격 p를 선택한다. 손상영·안일태 (2007)에 의하면 독점적 생산자의 이윤 극대화 원본가격 p와 이 가격 하에서의 원본 및 복사본 수요는 다음과 같다.

명제 1. (손상영·안일태 (2007), Belleflamme (2003)) $0 \le c \le \frac{s(1-s)}{2-s}$이 성립한다고 하자. 생산자가 책정하는 이윤극대화 원본의 가격은 $p_0{}' = \frac{1-s+c}{2}$와 같다. 이때 원본을 구입하는 소비자는 θ가 $\frac{1-s-c}{2(1-s)}$ 이상인 소비자이고, 복사본을 획득하는 소비자는 θ가 $\theta \in [\frac{c}{s}, \frac{1-s-c}{2(1-s)}]$인 소비자이다. θ가 $\frac{c}{s}$이하인 소비자는 정보재를 소비하지 않는다. 따라서 원본 사용인구는 $D_o{}' = \frac{1-s+c}{2(1-s)}$이고, 복사본 사용인구는 $D_c{}' = \frac{s(1-s+c)-2c}{2s(1-s)}$이다.

명제 1의 가정 $c \le \frac{s(1-s)}{2-s}$은 $D_c{}' = \frac{1-s-c}{2(1-s)} - \frac{c}{s} \ge 0$, 즉 복제본 사용인구가 양수임을 보장한다. 만약 $c > \frac{s(1-s)}{2-s}$가 성립한다면, 즉 복제비용이 복제본의 품질(s)에 비해서 너무 높으면 복사본을 이용하는 소비자는 존재하지 않게 된다. 이에 대한 직관적인 이유는 다음과 같다. 우선, 원본의 품질이 복사본보다 우수하기 때문에 원본 생산자는 원본의 가격을 충분히 낮게 책정함으로써 소비자의 복제 이용을 봉쇄 또는 저지할 수 있다. 특히 복제비용이 충분히 높다면 원본 생산자가 원본의 가격을 과도하게 낮추지 않아도 복사본의

이용을 봉쇄 또는 저지할 수 있다. 그러나 복제비용이 충분히 작은 경우에는 복제를 저지하기 필요한 원본의 임계가격이 너무 낮게 되므로, 생산자는 복제를 저지하기보다는 복제를 수용하는 것이 유리하다.[4] 본 논문 이하의 논의에서도 우리는 복사본이 통용되는 현실을 감안하여 $c \leq \frac{s(1-s)}{2-s}$의 가정을 채택한다.

3. DRM 모형 분석

3. 1. 모형

이제 정보재의 생산자가 사용상 제약이 없는 원본 이외에 원본에 DRM의 기술을 가하여 사용 및 복제를 제한한 DRM본도 생산하여 유통시키는 경우를 상정한다. 원본 및 DRM본의 생산비용은 모두 0으로 가정한다. DRM본은 만들어진 원본에 DRM 기술을 부가하여 원본의 이용을 제약한 것이기 때문에 통상적으로 원본보다는 비용이 더 들고, DRM의 강도를 강화시킬수록, 즉 소비자의 이용 및 복제에 제약을 더 가할수록 비용이 더 소요된다. 그러나 우선은 분석의 편의를 위하여 원본 및 DRM본의 생산비용은 모두 0으로 가정한다.

생산자가 원본 및 DRM본을 모두 생산하기 때문에, 소비자가 정보재를 소비할 수 있는 방법은 다음의 세 가지이다. 첫 번째는 생산자로부터 원본을 p_o의 가격에 구입하는 것이고, 두 번째는 생산자로부터 DRM본을 p_m에 구입하는 것이다. 세 번째는 시중에 유통되고 있는 정보재(원본 또는 부분적으로 DRM이 풀린 DRM본)의 복사본을 무료로 획득하는 것이다. 그러나 복사본을 획득하기 위해서는 복제비용이 들어가는데, 이 복제비용은 앞 절에서와 같이 c라 하자. 마지막으로 소비자는 정보재 소비를 포기할 수도 있는데, 이 때의 효용은 0이라 하자.

소비자 집합은 측도 1로서 앞 절에서와 같이 $[0,1]$의 구간에 균일하게 분포되어 있다. 소비자 $\theta \in [0,1]$는 원본에 대한 지불용의가격이 θ인 소비자를 지칭한다. 따라서 소비

4) 보다 자세한 내용은 손상영·안일태 (2007), Belleflamme (2003) 등을 참조하라.

자 θ가 원본을 사용하였을 때 얻게 되는 순효용(net utility)은 $\theta - p_o$가 된다. 한편 소비자는 DRM본을 사용하게 되면, 원본보다는 이용에 제약이 따르게 되므로 원본보다는 낮은 효용을 누리게 된다. 또한 생산자가 부가한 DRM의 강도가 강할수록 이용상 제약이 커지므로 누리는 효용도 낮아진다. 보다 구체적으로 생산자가 설정하는 DRM의 강도를 r (단 $0 \leq r \leq 1$)이라 하면 소비자 θ의 DRM본에 대한 지불용의가격은 $(1-r)\theta$라 하자. 즉 $r=1$은 DRM의 강도가 가장 높은 경우로 소비자는 DRM본으로부터 아무런 효용도 느끼지 못한다. 반면 DRM의 강도가 가장 낮은 $r=0$인 경우 소비자는 원본과 같은 효용을 누린다. 소비자 θ의 복사본에 대한 지불용의가격은 앞 절에서와 같이 $s\theta$(단 $0 < s < 1$)라 하자. 이제 소비자 θ가 원본, DRM본, 복사본을 이용하였을 경우, 그리고 마지막으로 정보재 소비를 포기하는 경우 얻는 순효용을 각각 $u_o(\theta)$, $u_m(\theta)$, $u_c(\theta)$, $u_X(\theta)$라 표시하면 다음과 같다.

$$u_o(\theta) = \theta - p_o \ ,$$

$$u_m(\theta) = (1-r)\theta - p_m \ ,$$

$$u_c(\theta) = s\theta - c \ ,$$

$$u_X(\theta) = 0 \ .$$

소비자는 이 네 가지 대안 중 자신에게 가장 높은 순효용을 보장하는 대안을 선택 하게 된다. 위의 표기와 관련하여 몇 가지 언급하면, 첫 번째는 복사본의 복제비용 c가 DRM본에 부가된 DRM 강도와 무관하다는 점이다. 이는 시중 또는 인터넷에 유통되는 복사본은 원본 또는 복사본을 복제한 것이기 때문에, 원본이 존재하는 한 복사본의 복제비용은 DRM본의 DRM 강도와는 독립적으로 정해진다는 것이다. 실제로는 DRM본 이용자가 많아지고, DRM의 강도가 강해질수록 불법복제가 어려워지고, 이에 따라 복제비용이 증가할 수도 있다. 4절에서는 복제비용 c가 DRM의 강도 r의 증가함수인 경우도 고려하겠지만, 여기서는 분석의 편의상 $c(r) = c$인 경우를 상정한다.[5)]

5) 또한 복제비용은 DRM으로 보호되지 않는 원본과 복사본의 유통이 많을수록, 즉 원본과 복사본 이용인구가 높을수록 낮아지는 경향이 있다. 즉 원본과 복사본의 이용에는 양(+)의 네트워크 효과가 존재하는데, 이 점을 고려한 분석으로 Wash (2005)를 들 수 있다.

두 번째로 언급하고 싶은 점은 DRM본의 품질계수 $1-r$와 복사본의 품질계수 s의 대소 관계이다. DRM본의 품질계수 $1-r$은 정보재의 생산자가 DRM본의 DRM 강도 r을 어떻게 설정하는가에 따라 결정된다. 즉 생산자가 r을 $1-s$을 초과하여 설정하면 모든 소비자는 DRM본 보다는 복사본에 대해 높은 지불용의가격을 지닌다. 따라서 DRM본을 이용하는 소비자가 존재하기 위해서는 DRM본의 가격 p_m이 복사본의 복제비용 c 미만이어야 한다. 반대로 생산자가 r을 $1-s$ 미만으로 설정하면 DRM본의 품질이 더 높아지므로 DRM본의 가격 p_m이 복사본의 복제비용 c보다 어느 정도 높아도 DRM본을 구입하는 소비자가 존재할 것이다. 마지막으로 $r=1-s$ 인 경우에는 DRM본과 복사본에 소비자의 지불용의가격이 동일하므로 이 두 가지 대안에 대한 소비자의 선택은 전적으로 DRM본의 가격 p_m과 복사본의 복제비용 c의 크기에 따라 결정된다. $p_m < c$인 경우에는 당연히 복사본을 이용하는 소비자는 존재하지 않게 되며, $p_m > c$라면 DRM본을 구입하는 소비자는 존재하지 않는다. 한편 $p_m = c$인 경우에는 소비자가 DRM본과 복사본으로부터 느끼는 순효용이 동일하여 소비자가 양자 중에서 선택을 하게 된다면 임의로 택일할 것이다. 그러나 분석의 기술적 편의상, tie-breaking rule로서 DRM본과 복사본으로부터의 순효용이 동일하다면 소비자는 DRM본을 선택한다고 가정한다.

게임의 순서는 다음과 같다. 우선, 원본 및 DRM의 독점 생산자가 원본의 가격 p_o, DRM본의 가격 p_m, DRM본의 DRM 강도 r을 동시에 책정한다. 소비자는 이들 변수의 값을 관찰한 다음, 위의 네 가지 대안 중 하나를 선택한다. 따라서 이 모형의 균형 개념으로는 부분경기완벽균형(subgame perfect equilibrium)을 채택한다.

3. 2. 소비자별 최적 선택

이제 위에서 소개한 네 가지 대안 중에서 소비자 θ에게 가장 높은 순효용을 주는 최적대안을 소비자 별로 찾아 찾아보면 다음과 같다. 물론 소비자의 최적 선택은 소비자의 정보재 원본에 대한 지불용의가격 θ와 생산자가 정한 p_o, p_m, r 및 복제비용 c에 따라 결정된다. 우리는 우선 DRM본의 품질 $1-r$과 복사본의 품질 s 사이의 대소 관계에 따라 (Case 1) $s>1-r$, (Case 2) $s<1-r$, (Case 3) $s=1-r$ 의 세 가지 경우로 나누고,

또한 이들 각 경우를 p_m, p_o 등의 크기에 따라 세부 경우들(subcases)로 분류하여 소비자의 최적 선택을 분석한기로 한다.

논의의 편의를 위하여 θ_{ij}을 $u_i(\theta) \geq u_j(\theta)$, 단 $i, j = o, c, m, X$, 을 만족하는 최소한의 θ 값이라 정의하자. 따라서 $\theta > \theta_{ij}$인 소비자는 $u_i(\theta) > u_j(\theta)$인 반면, $\theta < \theta_{ij}$인 소비자에게는 $u_i(\theta) < u_j(\theta)$가 성립한다. θ_{oc}, θ_{om}, θ_{cm}, θ_{cX}, θ_{mX}의 값은 구하면 다음과 같다.

$$\theta_{oc} = \frac{p_o - c}{1-s}\ ,\ \theta_{om} = \frac{p_o - p_m}{r},\ \theta_{cm} = \frac{c - p_m}{s+r-1},\ \theta_{cX} = \frac{c}{s}\ ,\ \theta_{mX} = \frac{p_m}{1-r}\ .$$

그런데 가능한 모든 세부 경우의 수가 매우 많기 때문에 균형과 관계없는 세부 경우들은 처음부터 분석에서 제외하고자 한다. 우선 Case 1의 경우 $p_m \geq c$이면 아무도 DRM본을 복사본 보다 선호하지 않으므로 이런 경우는 분석의 대상에서 제외한다. 마찬가지로 Case 2에서 $p_m \leq c$의 경우도 분석에서 제외한다. 또한 $p_o < \frac{c}{s}$이면 $\theta_{oc} < \theta_{oX} < \theta_{cX}$이므로 (생산자가 지나치게 낮은 원본 가격을 책정하여 복사본 수요가 존재하지 않는 경우로서 이는 나중에 생산자의 이윤극대화에서 확인할 수 있듯이 $c \leq \frac{s(1-s)}{2-s}$라고 하는 우리의 가정[6] 하에서는 성립할 수 없는 경우이므로 분석에서 제외한다. 표기의 편의상 $\hat{p}_m = \frac{cr + p_o(1-r-s)}{1-s}$ 라고 하자.

(Case 1) $s > 1-r$ (즉, $1-r-s < 0$)

Case 1-1 : $\theta_{cm} \leq \theta_{om}$, $\theta_{mX} \leq \theta_{cX}$

$$\Leftrightarrow \frac{p_m - c}{1-s-r} \leq \frac{p_o - p_m}{r},\ \frac{p_m}{1-r} \leq \frac{c}{s}$$

$$\Leftrightarrow \hat{p}_m \leq p_m \leq \frac{c(1-r)}{s}$$

6) 명제 1에서 참조할 수 있듯이, 이 가정은 DRM이 없는 경우 균형에서 복사본이 존재하도록 하는 조건이다.

(i) $\theta \in [\theta_{oc}, 1] = [\frac{p_o - c}{1-s}, 1]$ 인 소비자의 최적 선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{cm}, \theta_{oc}] = [\frac{c - p_m}{s+r-1}, \frac{p_o - c}{1-s}]$ 인 소비자의 최적 선택은 복사본을 획득하는 것이고,

(iii) $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{cm}] = [\frac{p_m}{1-r}, \frac{c-p_m}{s+r-1}]$ 인 소비자의 최적 선택은 DRM본을 구입하는 것이다.

(iv) $\theta \in [0, \theta_{mX}] = [0, \frac{p_m}{1-r}]$ 인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) (i) $p_m = \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} = \theta_{cm} = \theta_{oc}$이 성립한다. 그런데 θ_{om}은 p_m에 단조 감소하고 θ_{oc}는 불변이므로 $p_m \geq \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} \leq \theta_{oc}$이다. 따라서 모든 $\theta \in [\theta_{oc}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \geq u_m(\theta)$가 성립한다. 다음으로 $\theta_{oc} - \theta_{oX} \geq 0$이므로 모든 $\theta \in [\theta_{oc}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \geq u_X(\theta)$가 성립한다. 끝으로 θ_{oc}의 정의에 의해 모든 $\theta \in [\theta_{oc}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \geq u_c(\theta)$가 성립한다.

(ii) θ_{cm}과 θ_{oc}의 정의에 의해서 모든 $\theta \in [\theta_{cm}, \theta_{oc}]$에 대해 $u_c(\theta) \geq u_o(\theta)$와 $u_c(\theta) \geq u_m(\theta)$이 성립한다. 또한 $\theta_{mX} \leq \theta_{cX}$로부터 $\theta_{cm} \geq \theta_{cX}$임을 알 수 있다. 따라서 모든 $\theta \in [\theta_{cm}, \theta_{oc}]$에 대해 $u_c(\theta) \geq u_X(\theta)$가 성립함을 알 수 있다.

(iii) $\theta_{cm} \leq \theta_{om}$으로부터 모든 $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{cm}]$에 대해 $u_m(\theta) \geq u_o(\theta)$가 성립함을 알 수 있다. 나머지 관계는 자명하다.

(iv) $\theta_{oX} - \theta_{cX} = p_o - \frac{c}{s} \geq 0$로부터 $\theta_{mX} \leq \theta_{cX} \leq \theta_{oX}$이므로 (iv)가 성립한다. (증명 끝)

Case 1-1의 경우에는 θ가 높은 순으로, 원본, 복사본, DRM본을 선택하는 소비자, 그리고 정보재를 소비하지 않는 소비자가 모두 존재한다. 소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{oc} = 1 - \frac{p_o - c}{1-s},$$

$$D_c = \theta_{oc} - \theta_{cm} = \frac{p_o - c}{1-s} - \frac{c - p_m}{s+r-1} \quad ,$$

$$D_m = \theta_{cm} - \theta_{mX} = \frac{c - p_m}{s+r-1} - \frac{p_m}{1-r} \quad .$$

Case 1-2: $\theta_{om} \le \theta_{cm}$

$$\Leftrightarrow \frac{p_o - p_m}{r} \le \frac{p_m - c}{1-s-r}$$

$$\Leftrightarrow p_m \le \hat{p}_m$$

(i) $\theta \in [\theta_{om}, 1]$ 인 소비자의 최적 선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{om}]$ 인 소비자의 최적 선택은 DRM본이며,

(iii) $\theta \in [0, \theta_{mX}]$ 인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) (i) 우선 $p_m = \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} = \theta_{cm} = \theta_{oc}$이 성립한다. 그런데 θ_{om}은 p_m에 단조 감소하고 θ_{oc}는 불변이므로 $p_m \le \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} \ge \theta_{oc}$이다. 따라서 모든 $\theta \in [\theta_{om}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \ge u_c(\theta)$가 성립한다. 다음으로 $\theta_{oc} - \theta_{oX} = \frac{sp_o - c}{1-s} \ge 0$이므로 $\theta_{om} \ge \theta_{oX}$가 성립한다. 따라서 모든 $\theta \in [\theta_{om}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \ge u_X(\theta)$가 성립한다. 끝으로 θ_{om}의 정의에 의해 모든 $\theta \in [\theta_{om}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \ge u_m(\theta)$가 성립한다.

(ii) $p_m \le \hat{p}_m$이면 $\theta_{cm} \ge \theta_{om}$이므로 모든 $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{om}]$에 대해 $u_m(\theta) \ge u_c(\theta)$가 성립한다. θ_{om}과 θ_{mX}의 정의에 의해 모든 $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{om}]$에 대해 $u_m(\theta) \ge u_o(\theta)$ 및 $u_m(\theta) \ge u_X(\theta)$가 성립한다.

(iii) 우선 $\theta_{cX} - \theta_{mX}|_{p_m = \hat{p}_m} = \frac{(1-r-s)(c-sp_o)}{s(1-r)(1-s)} \ge 0$이며 θ_{mX}는 p_m에 대해 단조 감소하므로 $\theta_{cX} - \theta_{mX} \ge 0$이 성립한다. 또한 $\theta_{oX} - \theta_{cX} = p_o - \frac{c}{s} \ge 0$이다. 따라서 $\theta_{oX} \ge \theta_{cX} \ge \theta_{mX}$가 성

립하므로 모든 $\theta \in [0, \theta_{mX}]$에 대해 $u_X(\theta) \geq u_m(\theta) \geq u_c(\theta) \geq u_o(\theta)$이다.

(증명 끝)

Case 1-2의 경우 θ가 높은 소비자 순으로 원본, DRM본, 정보재 소비 포기를 가장 선호한다. 따라서 이 경우 복사본을 이용하는 소비자는 존재하지 않는다. 소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{om} = 1 - \frac{p_o - p_m}{r} \ ,$$

$$D_m = \theta_{om} - \theta_{mX} = \frac{p_o - p_m}{r} - \frac{p_m}{1-r},$$

$$D_c = 0 \ .$$

Case 1-3 : $\theta_{cm} \leq \theta_{om}$, $\theta_{mX} \geq \theta_{cX}$

$$\Leftrightarrow \ \frac{p_m - c}{1-s-r} \leq \frac{p_o - p_m}{r}, \ \frac{p_m}{1-r} \geq \frac{c}{s}$$

$$\Leftrightarrow \ p_m \geq \max[\hat{p}_m, \frac{c(1-r)}{s}] = \frac{c(1-r)}{s}$$

(i) $\theta \in [\theta_{oc}, 1] = [\frac{p_o - c}{1-s}, 1]$ 인 소비자의 최적 선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{cX}, \theta_{oc}]$ 인 소비자의 최적 선택은 복사본을 획득하는 것이고,

(iii) $\theta \in [0, \theta_{cX}]$ 인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) (i) Case 1-1(i)의 증명과 동일하다.

(ii) $\theta_{mX} \geq \theta_{cX}$로부터 $\theta_{cX} \geq \theta_{cm}$임을 알 수 있다. 나머지 관계는 자명하다.

(iii) $\theta_{mX} \geq \theta_{cX}$, $\theta_{oX} \geq \theta_{cX}$이므로 (iii)이 성립한다. (증명 끝)

Case 1-3의 경우 θ가 높은 소비자 순으로 원본, 복사본, 정보재 소비 포기를 가장 선호한다. 따라서 이 경우 DRM본을 구입하는 소비자는 존재하지 않는다. 소비자의 최적선택

으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1-\theta_{oc} = 1-\frac{p_o-c}{1-s},$$

$$D_c = \theta_{oc}-\theta_{cX} = \frac{p_o-c}{1-s}-\frac{c}{s} \ ,$$

$$D_m = 0 \ .$$

여기서 한 가지 주의할 점은 원본 소비자의 규모는 $1-\frac{p_o-c}{1-s}$가 되므로 DRM본의 가격과는 무관하다는 것이다. 따라서 생산자가 원본의 가격 p_o는 그대로 유지한 채 DRM본의 가격 p_m을 $(\frac{cr-p_o(r+s-1)}{1-s}, \frac{c(1-r)}{s})$ 사이로 인하하여 Case 1-1이 되도록 한다면, 원본에 대한 수요에는 영향을 주지 않으면서 DRM본에 대한 수요는 양이 되게 할 수 있고, 이윤을 증가시킬 수 있다. 다시 말해 생산자는 p_m을 설정할 때 Case 1-3이 되도록 하지는 않을 것이다.

(Case 2) $s<1-r$ (즉, $1-r-s>0$)

Case 1과는 달리 Case 2에서는 $1-r>s$ 이므로, θ_{cm}($u_c(\theta)\geq u_m(\theta)$을 만족하는 최소한의 θ 값)은 정의되지 않고 θ_{mc}($u_m(\theta)\geq u_c(\theta)$를 만족하는 최소한의 θ 값)가 $\theta_{mc}\equiv\frac{p_m-c}{1-r-s}$와 같이 정의된다. 그 밖에 θ_{oc}, θ_{om}, θ_{cX}, θ_{mX} 등의 정의는 앞에서와 동일하다.

Case 2-1 : $\theta_{mc}\leq\theta_{om}$, $\theta_{cX}\leq\theta_{oX}$, $\theta_{cX}\leq\theta_{mX}$

$$\Leftrightarrow \ \frac{p_m-c}{1-r-s}\leq\frac{p_o-p_m}{r}, \ \frac{c}{s}\leq p_o, \ \frac{c(1-r)}{s}\leq p_m$$

$$\Leftrightarrow \ \frac{c(1-r)}{s}\leq p_m\leq\hat{p}_m$$

(i) $\theta \in [\theta_{om}, 1]$ 인 소비자의 최적선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{mc}, \theta_{om}]$인 소비자의 최적 선택은 DRM본을 구입하는 것이고,

(iii) $\theta \in [\theta_{cX}, \theta_{mc}]$인 소비자의 최적 선택은 복사본을 획득하는 것이고,

(iv) $\theta \in [0, \theta_{cX}]$인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) (i) $p_m = \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} = \theta_{cm} = \theta_{oc}$이 성립한다. θ_{om}은 p_m에 단조 증가하고 θ_{oc}는 불변이므로 $p_m \le \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} \ge \theta_{oc}$이다. 따라서 모든 $\theta \in [\theta_{om}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \ge u_c(\theta)$가 성립한다. $\theta_{oc} - \theta_{oX} = \dfrac{sp_o - c}{1-s} \ge 0$이므로 모든 $\theta \in [\theta_{om}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \ge u_X(\theta)$가 성립한다. 끝으로 θ_{om}의 정의에 의해 모든 $\theta \in [\theta_{om}, 1]$에 대해 $u_o(\theta) \ge u_m(\theta)$가 성립한다.

(ii) $\theta_{cX} \le \theta_{mX}$로부터 $\theta_{mX} \le \theta_{mc}$이므로 모든 $\theta \in [\theta_{mc}, \theta_{om}]$에 대해 $u_m(\theta) \ge u_X(\theta)$가 성립한다. 나머지 관계는 자명하다.

(iii) $p_m = \hat{p}_m$이면 $\theta_{om} = \theta_{cm} = \theta_{oc}$이 성립한다. θ_{mc}은 p_m에 단조 감소하고 θ_{oc}는 불변이므로 $p_m \le \hat{p}_m$이면 $\theta_{mc} \le \theta_{oc}$이다. 따라서 모든 $\theta \in [\theta_{oc}, 1]$에 대해 $u_m(\theta) \ge u_o(\theta)$가 성립한다. 나머지 관계는 자명하다.

(iv) 자명하다.

Case 2-1의 경우 θ가 높은 순으로, 원본, DRM본, 복사본, 그리고 정보재 소비를 포기하는 소비자가 모두 존재한다. 소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{om} = 1 - \frac{p_o - p_m}{r},$$

$$D_m = \theta_{om} - \theta_{mc} = \frac{p_o - p_m}{r} - \frac{p_m - c}{1-s-r}$$

$$D_c = \theta_{mc} - \theta_{cX} = \frac{p_m - c}{1-r-s} - \frac{c}{s} \quad .$$

Case 2-2 : $\theta_{mc} \leq \theta_{om}$, $\theta_{mX} \leq \theta_{oX}$, $\theta_{mX} \leq \theta_{cX}$

$$\Leftrightarrow \frac{p_m - c}{1-r-s} \leq \frac{p_o - p_m}{r}, \quad \frac{c}{s} \leq p_o, \quad \frac{c(1-r)}{s} \geq p_m$$

$$\Leftrightarrow p_m \leq \min\left[\frac{c(1-r)}{s}, (1-r)p_o\right] = \frac{c(1-r)}{s}$$

(i) $\theta \in [\theta_{om}, 1]$ 인 소비자의 최적선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{om}]$인 소비자의 최적선택은 DRM본을 구입하는 것이고,

(iii) $\theta \in [0, \theta_{mX}]$인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) 앞의 증명들과 유사한 방법으로 증명된다.

Case 2-2에서 소비자는 θ가 높은 순으로, 원본, DRM본, 그리고 정보재 소비 포기를 선택한다. 복사본을 선택하는 소비자는 존재하지 않는다. 소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{om} = 1 - \frac{p_o - p_m}{r},$$

$$D_m = \theta_{om} - \theta_{mX} = \frac{p_o - p_m}{r} - \frac{p_m}{1-r},$$

$$D_c = 0 .$$

Case 2-3 : $\theta_{om} \leq \theta_{mc}$, $\theta_{cX} \leq \theta_{oX}$

$$\Leftrightarrow \frac{p_o - p_m}{r} \leq \frac{p_m - c}{1-s-r}, \quad \frac{c}{s} \leq p_o$$

$$\Leftrightarrow p_m \geq \hat{p}_m$$

(i) $\theta \in [\theta_{oc}, 1]$ 인 소비자의 최적선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{cX}, \theta_{oc}]$인 소비자의 최적선택은 복사본을 구입하는 것이고,

(iii) $\theta \in [0, \theta_{cX}]$인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) 앞의 증명들과 유사한 방법으로 증명된다.

소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{oc} = 1 - \frac{p_o - c}{1-s},$$

$$D_c = \theta_{oc} - \theta_{cX} = \frac{p_o - c}{1-s} - \frac{c}{s} \ ,$$

$$D_m = 0 \ .$$

이 경우에도 Case 1-3과 같은 이유로 생산자는 p_m을 설정할 때 Case 2-3이 되도록 하지는 않는다.

(Case 3) $r = 1 - s$

Case 3는 DRM본과 복사본의 품질이 동일한 경우로 DRM본과 복사본에 대한 소비자의 선호는 오로지 DRM본 가격과 복사본의 복제비용의 상대적 크기에 의해서만 결정된다. 앞서 모형에서 소개한 대로 소비자는 가격 또는 비용이 낮은 제품을 선호하며, $p_m = c$의 경우에는 복사본보다는 DRM본을 선호한다는 우리의 tie-breaking rule을 고려하면 소비자의 선택은 다음과 같다.

Case 3-1 : $p_m \le c$

(i) $\theta \in [\theta_{om}, 1]$ 인 소비자의 최적선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{mX}, \theta_{om}]$인 소비자의 최적선택은 DRM본을 구입하는 것이고,

(iii) $\theta \in [0, \theta_{mX}]$인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) 자명하므로 생략한다.

소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{om} = 1 - \frac{p_o - p_m}{r},$$

$$D_m = \theta_{om} - \theta_{mX} = \frac{p_o - p_m}{r} - \frac{p_m}{1-r},$$

$$D_c = 0 \ .$$

Case 3-2 : $c < p_m$

(i) $\theta \in [\theta_{oc}, 1]$ 인 소비자의 최적선택은 원본을 구입하는 것이고,

(ii) $\theta \in [\theta_{cX}, \theta_{oc}]$인 소비자의 최적선택은 복사본을 획득하는 것이고,

(iii) $\theta \in [0, \theta_{cX}]$인 소비자는 정보재 소비를 포기한다.

(증명) 자명하므로 생략한다.

소비자의 최적선택으로부터, 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 다음과 같다.

$$D_o = 1 - \theta_{oc} = 1 - \frac{p_o - c}{1-s},$$

$$D_c = \theta_{oc} - \theta_{cX} = \frac{p_o - c}{1-s} - \frac{c}{s} \ ,$$

$$D_m = 0 \ .$$

3. 3. 생산자의 이윤극대화

정보재의 생산자는 위에서 도출한 원본 수요와 DRM본 수요를 고려하여 자신의 이윤을 극대화하는 원본 및 DRM본의 가격 p_o, p_m, 그리고 DRM의 강도 r을 선택한다. 원본 및

DRM본 생산의 비용을 0이라 가정하였으므로, 생산자의 문제는

$$\max_{p_o,\, p_m,\, r} \pi = \max_r \left[\max_{p_o,\, p_m} \pi \right], \quad \text{단 } \pi = p_o D_o + p_m D_m$$

과 같다.

이제 주어진 r 값 하에서 생산자의 이윤을 극대화하는 원본 및 DRM본의 가격을 $p_o(r)$, $p_m(r)$, 그리고 이 가격 하에서의 원본, DRM본 및 복사본에 대한 수요 $D_o(r)$, $D_m(r)$, $D_c(r)$로 표시하자. 그리고 극대화된 이윤, 즉 $\max_{p_o,\, p_m} \pi$ 을 $\pi(r)$로 표시하면 이들의 형태는 다음의 보조명제 1과2와 같다.

표기의 단순화를 위하여 $\hat{r} \equiv \dfrac{(1-s)^2(s-c)}{s(1-s)-c}$이라고 놓자. 아래의 보조명제 1에서 보듯이, $\hat{r}$을 경계로 이윤을 극대화하는 원본 및 DRM본의 가격 $p_o(r)$과 $p_m(r)$의 형태가 달라진다. $0 \le c \le \dfrac{s(1-s)}{2-s}$의 가정 하에서는 $1-s < \hat{r} < 1$의 관계가 성립함을 쉽게 확인할 수 있다.

보조명제 1. $0 \le c \le \dfrac{s(1-s)}{2-s}$을 가정하자. $r > 1-s$ 인 경우

(i) $\hat{r} \le r \le 1$ 이면

$$p_o(r) = \frac{1-s+c}{2}, \; p_m(r) = \frac{c(1-r)}{2s} \quad ;$$

$$D_o(r) = \frac{1-s+c}{2(1-s)}, \; D_m(r) = \frac{c}{2(r+s-1)}, \; D_c(r) = \frac{1}{2} - \frac{c(r-(1-s)^2)}{2s(1-s)(r+s-1)} \quad ;$$

$$\pi(r) = \frac{s(1-s)(1-s+2c)(r+s-1) - c^2(1-s)(r+s-1) + c^2 rs}{4s(1-s)(r+s-1)} \quad .$$

(ii) $1-s < r \le \hat{r}$ 이면

$$p_o(r) = \frac{(1-r)(1-s)^2 + 2crs}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]}, \; p_m(r) = \frac{(1-r)[2cr - (1-s)(r+s-1)]}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]} \quad ;$$

$$D_o(r) = \frac{r(2c-3s+1) + (1-s)(2s-2c-1)}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]}, \; D_m(r) = \frac{(1-s)(s-2c)}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]}, \; D_c = 0 \quad ;$$

$$\pi(r) = \frac{(1-r)(1-s)^2 + 4cr(s-c)}{4[(1-s)^2 + r(2s-1)]} \quad .$$

(증명) 부록 참조

보조명제 1에서 가장 주목할 만 한 점은 바로 앞서 언급한 대로, $\hat{r}$을 경계로 원본 및 DRM본의 이윤 극대화 가격 $p_o(r)$과 $p_m(r)$의 형태가 달라지고, 이에 따라 수요 및 이윤의 형태도 달라진다는 것이다. 특히 (i)에서와 같이 r이 $\hat{r}$보다 높을 때에는 복사본에 대한 수요 $D_c(r)$이 양수인 반면, r이 $\hat{r}$ 이하인 경우, 즉 (ii)의 경우에는 복사본에 대한 수요가 0이 되어 복사본이 시장에서 사라지게 된다. 이처럼 r이 낮은 경우 복사본이 사라지는 직관적인 이유는 다음과 같다. $r > 1-s$ 인 경우는 복사본의 품질(s)이 DRM본의 품질 $(1-r)$보다 우수한 경우이다. 따라서 생산자가 시장에서 복사본을 제거하기 위해서는 DRM본의 가격 p_m을 복사본의 복제비용 c보다 낮게 유지하여야 한다. 그러나 DRM본이 복사본에 비해 많이 열등한 경우, 즉 r이 $\hat{r}$보다 높은 경우 복사본에 대한 수요를 없애기 위해서는 DRM본의 가격 p_m을 많이 인하해야 하기 때문에 생산자의 이윤 극대화에 부합하지 않는다. 반면, r이 $\hat{r}$보다 낮은 경우, 즉 DRM본과 복사본의 품질 차이가 적은 경우에는 DRM본 가격의 소폭 인하만으로도 복사본에 대한 수요가 사라지게 되므로, 생산자가 복사본에 대한 수요를 0으로 만드는 것이 최적 전략이 된다.

한편 r이 $\hat{r}$ 이하인 경우에는 $p_m(r) = \dfrac{cr + p_o(r)(1-r-s)}{1-s} \equiv \hat{p}_m(r)$의 관계가 성립함을 알 수 있다. 이 상태는 Case 1-1과 Case 1-2의 경계를 이루고 있는 상태로서, DRM본의 가격을 $\hat{p}_m(r)$보다 조금만 인상하여도 복사본을 이용하는 소비자가 존재하게 된다. 다시 말해 $\hat{p}_m(r)$은 복사본을 저지하기 위한 가장 높은 DRM본 가격이다. DRM본 가격을 $\hat{p}_m(r)$ 미만으로 책정하게 되면, 여전히 복사본은 저지할 수 있으나, 원본에 대한 수요가 줄어들어 전체 이윤이 줄게 된다.

보조명제 1에 명기된 $\pi(r)$은 $r = \hat{r}$에서 kink(미분불가능 점)를 가지지만, 연속이며 $1-s < r \le 1$의 전 구간에서 r에 단조 감소함을 확인할 수 있다. r이 증가할수록, 생산자

의 이윤이 감소하는 이유는 DRM본의 품질이 저하되기 때문이다. 보다 자세히 설명하면, $r > \hat{r}$인 경우, 정보재에 대한 지불용의가격, 즉 θ가 높은 소비자 순으로 원본, 복사본, DRM본을 소비한다. 이 경우, r의 증가는 원본에 대한 수요 증가 없이 복사본 대비 DRM본의 품질저하를 초래하므로 DRM본에 대한 판매이윤만 감소시킨다. 또한 $1-s < r \le \hat{r}$인 경우는 복사본에 대한 수요가 0인 상태이지만, $p_m(r) = \hat{p}_m(r)$의 관계가 성립하므로, DRM본 가격을 $\hat{p}_m(r)$ 보다 조금만 인상하여도 복사본을 이용하는 소비자가 존재하게 된다. 이 경우, 즉 $p_m(r) > \hat{p}_m(r)$인 경우는 원본, 복사본, DRM본에 대한 수요가 모두 존재하는 경우의 연장선상에 있다고 할 수 있다. 따라서 r이 증가할 때 생산자 이윤이 감소하는 이유를 $r > \hat{r}$인 경우에서와 동일한 방법으로 설명하면 된다. 다만, 이 경우는 복사본의 이용이 저지되고 있는 상황이기 때문에 $r > \hat{r}$인 경우보다 r이 증가할 때 DRM본의 가격 인하 폭이 더 크다. DRM본의 가격 인하가 충분치 않다면 복사본의 이용을 저지할 수 없기 때문이다.

$1-s < r \le 1$의 구간에서 $\pi(r)$이 단조 감소한다는 사실과 관련하여 한 가지 주의할 점이 있다. 그것은 r의 증가, 즉 DRM의 강도가 높아지더라도 복사본의 복제비용은 변함이 없다는 우리의 가정에 기인하는 측면이 강하다는 것이다. 만약 DRM의 강도가 높아질 때 복사본의 복제비용 또한 높아진다면, r의 증가가 DRM본의 경쟁재인 복사본 획득 유인을 줄여주기 때문에 생산자의 이윤을 증가시키는 측면도 존재한다.

표기의 단순화를 위하여 $\tilde{r} \equiv 1 - \dfrac{s(s-c)}{s-2c}$라고 놓자.

보조명제 2. $0 \le c \le \dfrac{s(1-s)}{2-s}$을 가정하자. $r < 1-s$인 경우

(i) $0 \le r \le \tilde{r}$ 이면

$$p_o(r) = \frac{1-s+c}{2},\ p_m(r) = \frac{c+1-r-s}{2}\ ;$$

$$D_o(r) = \frac{1}{2},\ D_m(r) = \frac{c}{2(1-r-s)}\ ,\ D_c(r) = \frac{s-2c}{2s} - \frac{c}{2(1-r-s)}\ ;$$

$$\pi(r) = \frac{1-s+2c}{4} + \frac{c^2}{4(1-r-s)}\ .$$

(ii) $\tilde{r} \leq r < 1-s$ 이면

$$p_o(r) = \frac{c(1-r)}{s} + \frac{r}{2},\ p_m(r) = \frac{c(1-r)}{s}\ ;$$

$$D_o(r) = \frac{1}{2}\ ,\ D_m(r) = \frac{s-2c}{2s},\ D_c = 0\ ;$$

$$\pi(r) = \frac{rs^2 + 4c(s-c)(1-r)}{4s^2}\ .$$

(증명) 보조명제 1의 증명과 동일한 방법을 이용하면 되므로 생략한다.

보조명제 2에 명시된 $r < 1-s$인 경우의 생산자 이윤극대화 결과는 대략 $r > 1-s$의 경우와 대칭이다. $\tilde{r}$를 경계로 이윤을 극대화시키는 가격과 수요 및 이윤의 형태가 달라진다. r이 $\tilde{r}$보다 작을 때에는 복사본에 대한 수요가 존재하지만, 이 경계치를 넘게 되면 복사본을 이용하는 소비자는 존재하지 않게 된다. 그러나 그 이유는 보조명제 1에서와는 다르다. $r < 1-s$인 경우는 DRM본의 품질이 복사본보다 높기 때문에, 정보재에 대한 지불용의가격, 즉 θ가 높은 소비자 순으로 원본, DRM본, 복사본을 선호하게 되어, DRM본은 복사본뿐만 아니라 원본과도 경쟁관계에 있다. 따라서 복사본을 제거하기 위해서 생산자가 DRM본의 가격을 인하하면, 자신이 생산하는 원본에 대한 수요가 감소하여 전체적인 이윤은 오히려 감소할 수도 있다. 특히 r이 $\tilde{r}$보다 작은 경우, 즉 DRM본의 품질$(1-r)$이 복사본의 품질보다 매우 높은 경우, DRM본의 가격이 그다지 낮지 않더라도 (품질이 높기 때문에) DRM본의 수요도 크고, DRM본의 판매수입이 전체 이윤 중에서 차지하는 비중도 높기 때문에 DRM본의 가격을 대폭으로 인하하여 복사본을 저지하는 것은 생산자의 이윤극대화에 부합하지 않는다. 또한 대폭적인 DRM본 가격 인하는 원본 수요만 감소시킬 뿐이다. 반면 r이 $\tilde{r}$보다 큰 경우, 즉 DRM본과 복사본의 품질이 비슷한 경우, 복사본이 시장에 존재하더라도 양자 간의 경쟁이 매우 치열하여 DRM본의 가격이 이미 낮은 상태이기 때문에 생산자가 DRM본의 가격을 좀 더 인하하여 복사본을 시장에서 제거하는 것이 더 유리할 수 있다.

보조명제 2에 명시된 $\pi(r)$ 역시 경계치인 $r = \tilde{r}$에서 미분불가능하지만, 연속임을 확인

할 수 있다. $\pi(r)$은 $0 \le r < 1-s$의 전 구간에서 r의 단조 증가함수이다. r의 증가가 DRM본의 품질 저하를 초래함에도 불구하고, $1-s < r \le 1$인 경우와는 달리 생산자의 이윤 증가를 가져오는 이유는 무엇인가? 그 이유는 바로 앞 문단에서 설명한 바와 같이, $0 \le r < 1-s$인 경우 r의 증가로 인해 DRM본과 복사본의 경쟁은 촉진되면서 생산자가 판매하는 두 가지 버전인 DRM본과 원본과의 경쟁이 완화되어, DRM본에 대한 판매수입 감소분 이상으로 원본에 대한 판매수입을 증가하기 때문이다.

마지막으로 $r=1-s$인 경우, 즉 DRM본과 복사본의 품질이 동일한 경우 생산자의 최적전략은 DRM본의 가격을 정확히 복사본의 가격인 복제비용 c만큼 책정하여 복사본을 시장에서 제거하는 것이다. 수요함수의 Case 3-1과 3-2를 살펴보면 DRM본의 가격을 이보다 낮게 책정하면 원본의 수요만 잠식하여 이윤을 감소시키며, 이 보다 높은 가격을 책정하면 원본에 대한 수요는 변화시키지 못하면서, DRM본에 대한 수요 및 DRM 판매 이윤이 없어지기 때문이다. 따라서 다음 보조명제가 성립한다.

보조명제 3. $0 \le c \le \dfrac{s(1-s)}{2-s}$을 가정하자. $r=1-s$인 경우

$$p_o(r) = \frac{1-s+2c}{2}, \quad p_m(r) = c \ ; \ D_o(r) = \frac{1}{2} \ , \ D_m(r) = \frac{s-2c}{2s}, \ D_c = 0 \ ;$$

$$\pi(r) = \frac{s-(s-2c)^2}{4s}.$$

이제 보조명제 1, 2, 3에 명시된 이윤함수 $\pi(r)$의 형태를 요약 정리하면, (i) $0 \le r < 1-s$의 구간에서는 단조증가하며, (ii) $1-s < r \le 1$의 구간에서는 단조 감소하고, (iii) $r=1-s$에서 연속이다.($\lim_{r \to (1-s)^+} \pi(r) = \lim_{r \to (1-s)^-} \pi(r) = \pi(1-s)$) 따라서 $\pi(r)$는 $\cap$형의 그래프를 가졌으며, $r=1-s$에서 단일봉(single-peak)을 이룬다.

$\pi(r)$이 $r=1-s$에서 단일봉을 이루는 이유를 직관적으로 설명하면 다음과 같다. $r > 1-s$인 경우는 복사본의 품질이 DRM본보다 높기 때문에, r의 증가, 즉 DRM본의 품질이 저하되면 원본에 대한 수요는 변함이 없이, DRM본에 대한 수요만 감소한다. 반면 $r < 1-s$인 경우는 DRM본의 품질이 복사본보다 높기 때문에 r의 증가, 즉 DRM 본의 품질 저하

는 DRM본에 대한 수요 감소를 초래할 수 있지만, 보다 수익성이 높은 원본에 대한 수요를 증가시킨다. 반면 $r=1-s$인 경우에는 DRM본과 복사본의 품질이 정확히 일치하여 효과적으로 복사본의 이용을 저지할 수 있게 된다.
지금까지의 논의를 종합해 보면 다음 명제가 성립한다.

명제 2. $0 \le c \le \dfrac{s(1-s)}{2-s}$을 가정하자. 생산자의 이윤극대화 결과는 다음과 같다.

$$r^* = 1-s \ ; \ p_o^* = \frac{1-s+2c}{2}, \quad p_m^* = c \ ;$$

$$D_o^* = \frac{1}{2} \ , \ D_m^* = \frac{s-2c}{2s}, \ D_c^* = 0 \ ;$$

$$\pi^* = \frac{s-(s-2c)^2}{4s}.$$

명제 2에 의하면, DRM본의 품질과 가격이 복사본의 품질과 획득비용인 복제비용과 정확히 일치함 알 수 있다. 소비자의 입장에서는 DRM본과 복사본으로부터의 순효용은 동일하며, 따라서 (우리의 tie-breaking rule에 의해) 복사본을 이용하는 소비자는 존재하지 않게 된다. 보다 구체적으로 $\theta \in [\frac{1}{2}, 1]$인 소비자는 원본을, $\theta \in [\frac{c}{s}, \frac{1}{2}]$인 소비자는 DRM본을 구입하며, $\theta \in [0, \frac{c}{s}]$인 소비자는 정보재 소비를 포기한다. 생산자가 DRM의 강도 r을 0 이나 1로 설정한다면, 소비자의 입장에서는 DRM본이 없는 경우나 마찬가지인데, 이 경우 명제 1에서 볼 수 있듯이 복사본의 이용을 저지할 수 없다.[7] 결국 생산자의 입장에서 DRM의 역할은 복사본의 이용을 효과적으로 저지하는 것이라 볼 수 있다.

한편 DRM본이 존재하는 경우 원본 가격 $p^* = \dfrac{1-s+2c}{2}$은 명제 1에 DRM이 없는 경우의 원본 가격 $p_0' = \dfrac{1-s+c}{2}$보다 높음을 알 수 있다. 그 이유는 DRM본이 존재하는

7) $c < \dfrac{s(1-s)}{2-s}$의 가정이 성립하지 않는다면, DRM이 없는 경우에도 복사본이 저지되겠지만, 이때의 생산자 이윤은 당연히 DRM의 강도를 $r=1-s$로 설정할 때보다 낮을 것이다.

경우 원본 가격 인상으로 인한 생산자의 이윤감소 효과가 더 적기 때문이다. DRM본이 없는 경우 원본의 가격 인상으로 인한 원본의 수요 감소는 바로 생산자의 이윤에 포함되지 않는 복사본에 대한 수요 증가와 직결되지만, DRM본이 존재하는 경우에는 원본의 가격을 인상하더라도 자신이 생산하는 DRM본에 대한 수요는 증가하기 때문에 가격 인상의 비용이 더 작다고 할 수 있다.

우리는 지금까지 소비자가 DRM본과 복제본에 대해 무차별한 경우 DRM본을 선택한다는 tie-breaking rule을 채택해 왔다. 만일 이 경우 복제본을 선택하는 것으로 tie-breaking rule을 바꾼다면 결과에 어떤 변화가 일어날 것인가? 우리는 $r=1-s$인 경우 $p_m=c$이면 $D_m=0$이고 $\pi=c$가 됨을 확인할 수 있다. 따라서 명제 2에서 $p_m^*=c$는 성립하지 않고 p_m이 c^-에 가까워질수록 이윤은 점점 증가하게 된다. 따라서 이 경우는 생산자의 이윤극대화 문제의 해가 존재하지 않는다. 그러나 현실적으로 이 tie-breaking rule 하에서 생산자가 내린 의사결정은 명제 2의 결과에 매우 근접하다고 하겠다.

3. 4. DRM 도입의 사회후생 효과 분석

명제 1과 2를 비교하면 DRM이 없는 경우와 생산자가 DRM의 강도를 정할 수 있는 경우의 차이점을 분석할 수 있다. 우선, DRM 도입이 소비자의 정보재 이용 행태에 미치는 효과는 다음과 같다. (i) DRM본이 존재할 경우 원본 가격이 DRM이 없는 경우보다 높으므로 원본을 이용하는 소비자 그룹은 DRM 도입 이후 줄어든다. 보다 구체적으로 원본을 이용하는 소비자 그룹은 DRM이 존재하지 않는 경우 $\theta\in[\frac{1-s-c}{2(1-s)},1]$에서 $[\frac{1}{2},1]$로 줄어들게 된다. (ii) 정보재 소비를 포기하는 소비자는 DRM이 존재하지 않는 경우나, 존재하는 경우 모두 $\theta\in[0,\frac{c}{s}]$인 소비자들로 양자의 경우가 동일하다. (iii) 따라서 DRM이 없던 경우 원본을 이용하던 소비자 중의 일부, 보다 정확히 $\theta\in[\frac{1-s-c}{2(1-s)},\frac{1}{2}]$ 인 소비자는 DRM본이 없는 경우에는 원본을 사용하다가 DRM본이 존재하게 되면 품질이 낮은 DRM본을 이용하게 된다. (iv) 나머지 $\theta\in[\frac{c}{s},\frac{1-s-c}{2(1-s)}]$인 소비자 그룹은 DRM이 도입되기 전

에는 복사본을 이용하다가, DRM본이 도입되면서 DRM본을 이용하게 된다. DRM 도입 전후 이들의 순효용은 정확히 동일하다.

앞 문단에서 분석한 소비자의 정보재 이용행태의 변화를 보면, DRM 도입이 사회후생에 미치는 효과를 알 수 있다. 소비자를 앞 문단에서와 같이 네 그룹으로 분류하여 그룹별로 사회후생의 변화를 살펴보면 다음과 같다. (i) $\theta \in [\frac{1}{2}, 1]$ 인 소비자는 DRM 도입 후에도 여전히 원본을 구입한다. 이들의 순효용은 원본가격의 인상으로 줄었지만, 또 그 인상분만큼 생산자의 이윤이 증가하므로 이들 소비자 그룹으로부터 파생되는 사회후생의 변화는 없다. (ii) $\theta \in [0, \frac{c}{s}]$인 소비자들은 DRM 도입 전과 후에 모두 정보재 소비를 포기하므로, 이들로 파생되는 사회후생의 변화는 없다. (iii) $\theta \in [\frac{1-s-c}{2(1-s)}, \frac{1}{2}]$인 소비자들은 DRM 도입 전에는 원본을 사용했다가, 도입 후에는 DRM본을 이용한다. 이 그룹에 속하는 개별 소비자 θ의 순효용은 $\theta - p_o{}' = \theta - \frac{1-s+c}{2}$에서 DRM 도입 후 $(1-r^*)\theta - p_m^* = s\theta - c$로 감소하고, 이들 개별 소비자 소비자로부터의 생산자 이윤이 $p_o{}'$에서 p_m^*로 하락하였기 때문에 이들 개별 소비자 각각으로부터 파생되는 사회후생은 θ에서 $s\theta$로 감소한다. (iv) 마지막으로 $\theta \in [\frac{c}{s}, \frac{1-s-c}{2(1-s)}]$에 속하는 소비자의 경우 복사본을 이용하다 DRM 도입 후 동일한 품질과 동일한 구입비용의 DRM본을 사용하기 때문에 순효용은 $s\theta - c$로 변화가 없다. 그러나 DRM이 도입되기 전에 복사본을 획득하기 위한 복제비용 c는 소비자는 물론 생산자에게도 귀속되지 않는 사회적 낭비인 반면, DRM 도입 후에는 생산자의 이윤으로 귀속된다.[8] 따라서 이들 소비자 그룹의 경우 DRM 도입 후 $c[\frac{1-s-c}{2(1-s)} - \frac{c}{s}]$ 만큼 사회후생이 증가한다.

결국 DRM 도입으로 인한 전체 사회후생의 변화는 $\theta \in [\frac{1-s-c}{2(1-s)}, \frac{1}{2}]$에 속하는 소비자들의 정보재 (원본에서 DRM본으로) 이용 행위 변화로 인한 사회후생 감소 효과와

8) 물론 이 논리는 DRM을 실현시키는 비용이 0임을 가정한 것이다.

$\theta \in [\frac{c}{s}, \frac{1-s-c}{2(1-s)}]$에 속한 소비자들과 관련된 복제비용의 생산자 이윤 귀속으로 인한 사회후생 증가 효과 중 어느 것이 우세하느냐에 달려있다. 보다 자세히 살펴보기 위하여, SW'와 SW^*를 각각 DRM 도입 전과 후의 전체 사회후생으로 표시하면, 이들은 다음과 같다.

$$SW' = \int_{\frac{1-s-c}{2(1-s)}}^{1} (\theta - p_o{}' + p'_o)\, d\theta + \int_{\frac{c}{s}}^{\frac{1-s-c}{2(1-s)}} (s\theta - c) d\theta = \frac{3+s}{8} - \frac{c}{4} + \frac{c^2}{8s(1-s)}$$

$$SW^* = \int_{\frac{1}{2}}^{1} (\theta - p_o^* + p_o^*)\, d\theta + \int_{\frac{c}{s}}^{\frac{1}{2}} (s\theta - p_m^* + p_m^*) d\theta = \frac{3+s}{8} - \frac{c^2}{2s} \ .$$

그리고 DRM 도입으로 인한 사회후생 변화분 $\triangle SW$은

$$\triangle SW = SW^* - SW' = -\int_{\frac{1-s-c}{2(1-s)}}^{\frac{1}{2}} (1-s)\theta d\theta + c[\frac{1-s-c}{2(1-s)} - \frac{c}{s}]$$

$$= \frac{c}{8s(1-s)}[2s(1-s) - c(8-5s)] \qquad (1)$$

와 같다. 따라서 다음의 명제가 성립한다.

명제 3. $0 \le c \le \frac{s(1-s)}{2-s}$을 가정하자. (i) $c < \frac{2s(1-s)}{8-5s}$이면 사회후생은 DRM 도입 후 증가하나, (ii) $\frac{2s(1-s)}{8-5s} < c \le \frac{s(1-s)}{2-s}$이면 사회후생은 감소한다.

DRM 도입으로 인한 사회후생 증감여부는 복제비용 c의 크기에 달려있다. 복제비용이 작은 경우에는 DRM 도입으로 사회후생은 증가하는 반면, 복제비용이 큰 경우에는 사회후생은 감소한다. 이를 앞서 언급한 DRM 도입의 사회후생 감소효과와 증가효과를 비교하여 설명하면 편리하다. 식 (1) 의 첫 번째 줄, 마지막 등호 우변의 첫 번째 항목인

$-\int_{\frac{1-s-c}{2(1-s)}}^{\frac{1}{2}}(1-s)\theta d\theta$ 의 절대값은 DRM 도입의 (소비자의 정보재 이용 변화로 인한) 사회후생 감소분이고, 두 번째 항목은 (복제비용의 생산자 이윤 귀속으로 인한) 사회후생 증가분이다.

우선 사회후생 감소분인 $\int_{\frac{1-s-c}{2(1-s)}}^{\frac{1}{2}}(1-s)\theta d\theta$ 은 c의 증가함수임을 확인할 수 있는데, 이는 c가 증가할수록 원본을 사용하다가 DRM 도입 후에는 DRM본을 이용하는 소비자 그룹이 증가하기 때문이다. c가 증가할 때 이들 소비자 그룹이 증가하는 이유는 다음과 같다. 복제비용 c가 증가한다면, DRM 도입 여부에 관계없이 당연히 복사본 또는 DRM본에 대한 수요는 줄어들고, 원본에 대한 수요는 늘기 마련이다.[9] 그런데 c가 동일한 양만큼 증가했을 때, 원본 수요 증가분은 DRM이 존재하지 않는 경우에 더 크다.[10] 따라서 c가 큰 경우에는, c가 작은 경우에 비해 DRM 도입으로 인한 원본 이용자 감소가 더 크게 나타난다.

사회후생 증가분 $c[\frac{1-s-c}{2(1-s)}-\frac{c}{s}]$은 c가 증가할 때 $c<\frac{s(1-s)}{2(2-s)}$인 경우에는 증가하다가, $\frac{s(1-s)}{2(2-s)}<c\leq\frac{s(1-s)}{2-s}$ 의 구간에서 감소한다. 증감이 일률적이지 않은 이유는 c가 증가하면 DRM이 없는 경우 복사본 이용 인구인 $\frac{1-s-c}{2(1-s)}-\frac{c}{s}$가 감소하기 때문이다.

위 두 문단의 내용을 종합하면 c가 작은 경우에는 사회후생 감소분은 작고 사회후생 증가분은 크기 때문에 사회후생이 증가한다. 반면, c가 큰 경우에는 사회후생 감소분이 사회후생 증가분을 압도하여 전체적인 사회후생이 감소한다는 명제 3의 내용을 확인할

9) 사실 DRM이 도입된 경우, 원본에 대한 (균형)수요는 복제비용(또는 DRM본의 균형가격)의 크기 c와 관계없이 $\frac{1}{2}$로 일정하다.

10) 그 이유는 DRM이 도입된 경우에는 그렇지 않은 경우에 비하여 c의 증가 시 생산자가 원본의 가격을 대폭 인상하여 상대적으로 원본 수요의 증가가 크지 않기 때문이다. 그렇다면 c의 증가 시, DRM이 존재하지 않는 경우보다 DRM이 도입된 경우에 원본 가격이 더 크게 인상하는 이유는 무엇인가? DRM이 존재하지 않는 경우 c의 증가는 복사본의 가격(복제비용)이 증가하는 것이므로 복사본의 유일한 경쟁재인 원본의 생산자는 경쟁을 고려하여 원본의 가격을 충분히 인상할 수 없다. 반면 DRM본이 존재하는 경우, 균형에서는 복사본이 존재하지 않기 때문에 생산자의 입장에서 c의 증가는 곧 자신이 생산하는 저품질 버전인 DRM본의 가격이 상승하는 것이다. 경쟁을 고려하지 않기 때문에 생산자의 원본 가격 인상 유인은 더 커진다.

수 있다.

4. DRM 모형의 변형

4. 1. DRM의 강도에 비례하는 복제비용

3절의 결과는 복사본을 획득하는데 소요되는 복제비용이 c라는 가정, 즉 DRM 수준 r과 무관하게 주어진다는 가정 하에서 도출된 것이다. 이 가정은 앞서 3절에서 언급한 바와 같이, 시중 또는 인터넷에 유통되는 복사본은 원본 또는 복사본을 복제한 것이기 때문에, 원본이 존재하는 한 복사본의 복제비용은 DRM본의 DRM 강도와는 독립적으로 정해진다는 측면을 고려한 것이다. 그러나 실제로는 DRM본 이용자가 많아지고, DRM의 강도가 강해질수록 불법복제가 어려워지고, 이에 따라 복제비용이 증가할 수도 있다. 본 절에서는 이 경우를 고려하여 복제본의 복제비용이 dr (단, $d>0$)로 주어진다고 가정하고, 분석을 시도한다.

본 절의 모형은 복제비용 c가 dr로 대체된 것을 제외하고는 3절과 동일하다. 특히 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요함수 D_o, D_m, D_c는 3.2에서 도출한 것에서 c를 dr로 대체한 것이 된다. 이제 3절의 보조명제 1, 2, 3에서와 같은 방법으로 주어진 r 하에서 생산자의 이윤을 극대화하는 원본, DRM의 가격, 그리고 그 결과 도출되는 원본, DRM본, 복사본에 대한 수요와 생산자 이윤을 구해보면 다음의 보조명제 $1'$, $2'$, $3'$과 같다. $\bar{r}$은 $-dr^2+r(1-s)(s+d-sd)-s(1-s)^2\geq 0$을 만족하는 최소한의 r값이라고 하자.

보조명제 $1'$. $0\leq d\leq \dfrac{s(1-s)}{2}$을 가정하자. $r>1-s$ 인 경우

(i) $\bar{r}\leq r\leq 1$ 이면

$$p_o(r)=\frac{1-s+dr}{2},\ p_m(r)=\frac{dr(1-r)}{2s}\ ;$$

$$D_o(r)=\frac{1-s+dr}{2(1-s)},\ D_m(r)=\frac{dr}{2(r+s-1)},\ D_c(r)=\frac{1}{2}-\frac{dr(r-(1-s)^2)}{2s(1-s)(r+s-1)}\ ;$$

$$\pi(r)=\frac{s(1-s)(1-s+2dr)(r+s-1)-d^2r^2(1-s)(r+s-1)+d^2r^3s}{4s(1-s)(r+s-1)}\ .$$

(ii) $1-s<r\le\bar{r}$ 이면

$$p_o(r)=\frac{(1-r)(1-s)^2+2dr^2s}{2[(1-s)^2+r(2s-1)]},\quad p_m(r)=\frac{(1-r)[2dr^2-(1-s)(r+s-1)]}{2[(1-s)^2+r(2s-1)]};$$

$$D_o(r)=\frac{r(2dr-3s+1)+(1-s)(2s-2dr-1)}{2[(1-s)^2+r(2s-1)]},\ D_m(r)=\frac{(1-s)(s-2dr)}{2[(1-s)^2+r(2s-1)]},\ D_c=0;$$

$$\pi(r)=\frac{(1-r)(1-s)^2+4dr^2(s-dr)}{4[(1-s)^2+r(2s-1)]}\ .$$

여기서 $\bar{r}$는 (i)에 명기된 $D_c(r)$이 비음(non-negative)이 되기 위한 최소한의 r값이 된다. 다음, r^0를 $-2dr^2+r(s+2d-ds)-s(1-s)\ge 0$을 만족하는 최소한의 r값이라고 하자.

보조명제 2′. $0\le d\le\frac{s(1-s)}{2}$을 가정하자. $r<1-s$인 경우

(i) $0\le r\le r^0$ 이면

$$p_o(r)=\frac{1-s+dr}{2},\ p_m(r)=\frac{dr+1-r-s}{2}\ ;$$

$$D_o(r)=\frac{1}{2},\ D_m(r)=\frac{dr}{2(1-r-s)}\ ,\ D_c(r)=\frac{1}{2}-\frac{dr}{s}-\frac{dr}{2(1-r-s)}\ ;$$

$$\pi(r)=\frac{1-s+2dr}{4}+\frac{d^2r^2}{4(1-r-s)}\ .$$

(ii) $r^0\le r<1-s$ 이면

$$p_o(r)=\frac{dr(1-r)}{s}+\frac{r}{2},\ p_m(r)=\frac{dr(1-r)}{s}\ ;$$

$$D_o(r)=\frac{1}{2}\ ,\ D_m(r)=\frac{s-2dr}{2s},\ D_c=0\ ;$$

$$\pi(r)=\frac{r[s^2+4d(s-dr)(1-r)]}{4s^2}\ .$$

여기서, r^0은 (i)에 명기된 $D_c(r)$이 비음이 되기 위한 최대한의 r값이 된다.

보조명제 3′. $0 \le d \le \dfrac{s(1-s)}{2}$을 가정하자. $r=1-s$인 경우

$$p_o(r)=\frac{1-s+2d(1-s)}{2},\ p_m(r)=d(1-s)\ ;$$

$$D_o(r)=\frac{1}{2}\ ,\ D_m(r)=\frac{s-2d(1-s)}{2s},\ D_c=0\ ;$$

$$\pi(r)=\frac{(1-s)[s(1+2d)^2-4d^2]}{4s}.$$

보조명제 1′, 2′, 3′에 명시된 이윤함수 $\pi(r)$은 미분 불가능점인 $r=r^0, 1-s, \bar{r}$에서 모두 연속임을 확인할 수 있다. 한편 $\pi(r)$의 r값에 따른 증감여부는 다음의 보조명제 4와 같다.

보조명제 4. $0 \le d \le \dfrac{s(1-s)}{2}$을 가정하자. $\pi(r)$은 r이 증가함에 따라 (i) $r\in[0,1-s]$의 구간에서는 단조증가하며, (ii) $r\in[1-s,\bar{r}]$의 구간에서는 감소하다가, (iii) $r\in[\bar{r},1]$의 구간에서는 다시 증가한다. 따라서 $\pi(r)$은 $r=1-s$와 $r=1$에서 국지적으로 극대화된다.

(증명) 부록 참조.

$\pi(r)$의 r값에 따른 증감여부는 3절에서와 같이 복제비용이 c, 즉 DRM 수준 r과 무관하게 주어진 경우와는 약간 다른 모습을 보여준다. 본 절에서와 같이 복제비용이 dr로 주어져 DRM 수준 r의 증가함수라면, 복제비용이 c로 주어진 경우보다 r이 증가할수록 복제품에 대한 수요는 줄어들 것이고, 원본 또는 DRM본에 대한 수요는 증가할 것이므로 생산자의 이윤증가 효과가 추가로 나타날 것이다. 따라서 복제비용이 c로 주어진 경우 $\pi(r)$이 단조 증가하였던 $0 \le r < 1-s$의 구간에서는 복제비용이 dr로 주어지더라도 $\pi(r)$은 여전히 단조 증가할 것이다. 그러나 복제비용이 c로 주어진 경우 $\pi(r)$이 단조 감소하

였던 $1-s<r\le 1$의 구간에서는, 복제비용이 dr이 주어지면 앞에서 바로 언급한 r의 증가에 따른 이윤 증가 효과가 있기 때문에 전체적인 $\pi(r)$의 증감여부는 이러한 이윤 증가 효과에 2절에서 언급한 이윤 감소 효과 중 어떠한 것이 더 우세하냐에 달려있다.

한편 $\pi(r)$의 국지적 극대화 점인 $r=1-s$와 $r=1$에서의 이윤을 비교하여 보면, 아래 식에서 보듯이 $r=1$에서의 이윤이 더 크므로 $\pi(r)$은 $r=1$에서 극대화된다.

$$\pi(1)-\pi(1-s)=\frac{(1-s+d)^2}{4(1-s)}-\frac{(1-s)[s(1+2d)^2-4d^2]}{4s}$$
$$=\frac{[4(1-s)^3+s]d+2s(2s-1)(1-s)}{4s(1-s)}>0\ .$$

따라서 복제비용이 dr로 주어지는 경우 생산자의 이윤극대화 결과는 보조명제 $1'$에 의해 다음과 같다.

명제 4. $0\le d\le \frac{s(1-s)}{2}$을 가정하자. 생산자의 이윤극대화 결과는 다음과 같다.

$$r^*=1\ ;\ p_o^*=\frac{1-s+d}{2},\quad p_m^*=0\ ;$$

$$D_o^*=\frac{1}{2}+\frac{d}{2(1-s)}\ ,\ D_m^*=\frac{d}{2s},\ D_c=\frac{1}{2}-\frac{d(2-s)}{2s(1-s)}\ ;$$

$$\pi^*=\frac{(1-s+d)^2}{4(1-s)}.$$

복사본의 복제비용이 dr로 주어지는 경우, 즉 DRM의 강도가 높아질수록 복제비용이 증가하는 경우, 생산자가 설정하는 DRM의 강도는 1이다. 따라서 소비자가 DRM본을 구입할 경우, 얻는 조효용(gross utility) $(1-r)\theta$는 0이 되고, DRM본의 가격이 0이기 때문에 순효용은 0이 된다. 한편 복사본을 획득할 때 얻는 순효용은 $s\theta-d$가 된다. 따라서 θ가 높은 소비자, 즉 $\theta\in[\frac{1}{2}-\frac{d}{2(1-s)},1]$ 인 소비자는 원본을 구입하고, $\theta\in[\frac{d}{s},\frac{1}{2}-\frac{d}{2(1-s)}]$ 인 소비자는 복사본을 획득한다. θ가 $\frac{d}{s}$이하인 소비자는 DRM본을 구입하거나, 또는 아무런 소비도 하지 않게 되며, 양자의 경우 모두 0의 순효용을 얻는다.

명제 2에서 보았듯이, 복제비용이 c로 주어지는 경우 생산자의 이윤극대화 DRM 강도는 $1-s$ 이었으나, 여기서는 복제비용이 DRM의 강도에 비례하므로 생산자는 가능한 한 DRM의 강도를 높여, 복사본에 대한 구입 유인을 최대한 줄이려 할 것이다. 구체적으로 복제비용이 c인 경우와 dr로 주어진 경우의 가장 큰 차이는 $r>\hat{r}$일 때의 원본에 대한 수요함수이다. 3.2에서 보면 복제비용이 c로 주어진 경우 원본에 대한 수요함수 D_o는 $1-\frac{p_o-c}{1-s}$로 r과 무관하다. 따라서 r의 증가, 즉 DRM본의 품질이 저하되면 원본에 대한 수요는 변함이 없이, DRM본에 대한 수요만 감소하여, 생산자의 이윤만 감소한다. 반면, 복제비용이 dr로 주어진 경우 원본에 대한 수요함수 D_o는 $1-\frac{p_o-dr}{1-s}$ 로 주어져, r의 증가는 원본에 대한 수요를 증가시킨다.

마지막으로 DRM 도입의 사회후생적 효과를 분석하기 위하여, DRM이 존재하지 않는 경우와 명제 4에서의 자원배분 상의 차이를 비교하면 다음과 같다. 4.1의 모형에서 DRM이 존재하지 않는다면, DRM본도 존재하지 않고, 복사본 획득 시 복제비용은 존재하지 않는다. 즉, 2절의 모형에서 $c=0$인 경우와 동일하다. 따라서 DRM이 존재하지 않는 경우, 생산자가 책정하는 원본의 가격은 $p_0{}'=\frac{1-s}{2}$가 된다. 원본을 구입하는 소비자는 θ가 $\frac{1}{2}$ 이상인 소비자이고, 복사본을 획득하는 소비자는 θ가 $\theta\in[0,\frac{1}{2}]$인 소비자이다. DRM이 도입되면 원본의 가격이 상승하고, 원본 이용자가 증가한다. 그러나 정보재 소비를 포기하는 소비자는 늘고, 복사본을 이용하는 소비자는 줄어든다. 뿐만 아니라 복사본 이용자의 후생수준도 $s\theta$에서 $s\theta-d$로 감소하여 전체 사회후생의 증감여부는 계산을 통해서만 밝혀질 수 있다. DRM이 존재하지 않는 경우 사회후생을 SW', DRM이 존재하는 경우의 사회후생을 SW^*라 하면, 이들은 다음과 같다.

$$SW'=\int_{\frac{1}{2}}^{1}\theta\,d\theta+\int_{0}^{\frac{1}{2}}s\theta\,d\theta=\frac{3+s}{8}\quad,$$

$$SW^*=\int_{\frac{1}{2}-\frac{d}{2(1-s)}}^{1}\theta\,d\theta+\int_{\frac{d}{s}}^{\frac{1}{2}-\frac{d}{2(1-s)}}(s\theta-d)\,d\theta$$

$$= \frac{s(1-s)(3+s)-2s(1-s)d+(4-s)d^2}{8s(1-s)} \ .$$

이 둘의 차이를 구해보면 $SW' - SW^* = \frac{d[2s(1-s)-(4-s)d]}{8s(1-s)}$와 같고, 이것의 부호는 우리가 상정하고 있는 $0 \le d \le \frac{s(1-s)}{2}$의 범위에서는 양수이다. 따라서 다음의 명제가 성립한다.

명제 5. $0 \le d \le \frac{s(1-s)}{2}$을 가정하자. DRM 도입으로 사회후생은 감소한다.

DRM 도입 시 전체적인 사회후생이 감소하는 이유는 원본 이용자의 증가로 인한 사회후생 증가효과보다 정보재 소비를 포기하는 소비자의 증가와 복사본 소비자의 후생감소로 인한 사회후생 감소효과가 더 크기 때문이다.

4. 2. DRM 구현 비용의 존재

DRM본을 생산하기 위해서는 원본에 DRM 기술을 적용해야 하므로, DRM본은 원본에 비해 추가적인 비용이 요구된다. DRM의 강도를 r만큼 설정할 때 소요되는 DRM 구현 비용을 kr(단, $k>0$)이라 하자. 그러면 생산자의 이윤은 3절에서 고려한 이윤에 DRM 구현비용을 제외한 $\Pi = p_oD_o + p_mD_m - kr = \pi - kr$ 이므로, 주어진 r 하에서 생산자의 이윤을 극대화한 원본 및 복사본의 가격 $p_o(r)$, $p_m(r)$은 보조명제 1, 2, 3에서와 같다. 그리고 주어진 r 하에서의 극대화된 생산자 이윤을 $\Pi(r)$이라 하면, $\Pi(r)$은 보조명제 1, 2, 3에 명시된 $\pi(r)$에서 DRM 구현비용을 뺀, $\Pi(r) = \pi(r) - kr$와 같다.

보조명제 1에서 보았듯이 $\pi(r)$은 $r > 1-s$인 경우 r의 단조 감소함수이므로 $\Pi(r)$도 r에 대하여 단조 감소한다. 한편 $r < 1-s$인 경우 $\pi(r)$는 r에 대하여 단조 증가하므로 $\Pi(r)$의 단조성(monotonicity) 여부는 k의 크기에 달려있다. 보다 구체적으로 $0 \le r \le \tilde{r}$의 구간에서는 $\frac{d\Pi(r)}{dr} = [\frac{c}{2(1-r-s)}]^2 - k$ 이고, $\tilde{r} < r < 1-s$의 구간에서는

$\frac{d\Pi(r)}{dr}=(\frac{s-2c}{2s})^2-k$ 이므로, $r<1-s$의 구간에서 $\Pi(r)$의 형태는 다음과 같다. (i) $k\le\frac{c^2}{4(1-s)^2}$ 이면 $\Pi(r)$은 단조 증가한다. (ii) $\frac{c^2}{4(1-s)^2}<k\le(\frac{s-2c}{2s})^2$ 이면 $\Pi(r)$은 $r\in[0,1-s-\frac{c}{2\sqrt{k}})$의 구간에서는 감소하다가, $r\in[1-s-\frac{c}{2\sqrt{k}},1-s)$에서는 단조 증가한다. 그런데 $\Pi(1-s)>\Pi(0)$ 이므로 $\Pi(r)$은 $r=1-s$ 에서 극대화 된다. (iii) $k>(\frac{s-2c}{2s})^2$ 이면 $r\in[0,1-s-\frac{c}{2\sqrt{k}})$의 구간에서는 감소, $1-s-\frac{c}{2\sqrt{k}}\le r\le\tilde{r}$에서는 증가하다가, $\tilde{r}<r<1-s$의 구간에서는 감소한다. $\Pi(0)>\Pi(\tilde{r})$ 의 관계가 성립하므로 $\Pi(r)$은 $r=0$에서 극대화된다. 결과적으로 $\Pi(r)$은 $k<(\frac{s-2c}{2s})^2$ 이면 $r=1-s$, $k\ge(\frac{s-2c}{2s})^2$이면 $r=0$에서 극대화된다. 이 내용을 정리하면 다음의 명제 6과 같다.

명제 6. $0\le c\le\frac{s(1-s)}{2-s}$을 가정하자. DRM본 생산 시, kr의 DRM 구현비용이 소요된다면, 생산자의 이윤극대화 결과는 다음과 같다 :

(i) $k<(\frac{s-2c}{2s})^2$ 이면, DRM 구현비용이 없는 명제 2와 동일하다.

$$r^*=1-s\ ;\ p_o^*=\frac{1-s+2c}{2},\quad p_m^*=c\ ;\ D_o^*=\frac{1}{2}\ ,\ D_m^*=\frac{s-2c}{2s},\ D_c^*=0\ ;$$

$$\Pi^*=\pi^*-kr^*=\frac{s-(s-2c)^2}{4s}-k(1-s).$$

(ii) $k\ge(\frac{s-2c}{2s})^2$ 이면, $r^*=0$, 즉 DRM본이 존재하지 않는 명제 1과 동일하다.

$$r^*=0\ ;\ p_o^*=p_m^*=\frac{1-s+c}{2};\ D_o^*+D_m^*=\frac{1-s+c}{2(1-s)},\ D_c^*=\frac{s(1-s+c)-2c}{2s(1-s)}\ ;$$

$$\Pi^*=\frac{(1-s+c)^2}{4(1-s)}\ .$$

$k \geq (\frac{s-2c}{2s})^2$인 경우 생산자가 설정하는 최적의 DRM 강도는 0이고, DRM본의 가격이 원본의 가격과 동일하므로, 소비자의 입장에서 DRM본과 원본은 정확히 동일한 버전이다. 따라서 이 경우는 DRM본을 별도로 생산하지 않는 경우와 동일하며, 결과 또한 DRM이 존재하는 않는 명제 1에서와 같다.

부 록 :

1. 보조명제 1의 증명

$r>1-s$인 경우 원본 및 복사본에 대한 수요함수는 앞 소절 2.3에서 본 바와 같이 p_m과 p_o의 크기에 따라 Case 1-1, 1-2, 1-3으로 나뉜다. 그런데 Case 1-3은 생산자가 이윤을 극대화한다면 발생하지 않는 경우임을 이미 설명한 바 있다. 따라서 $r>1-s$인 경우 생산자의 이윤극대화 문제는 다음과 같다.

$$\max_{p_o, p_m}\Big\{\max_{p_o, p_m} p_o D_o^{1-1}+p_m D_m^{1-1} \ \text{s.t.}\ \hat{p}_m \le p_m \ ,$$
$$\max_{p_o, p_m} p_o D_o^{1-2}+p_m D_m^{1-2} \ \text{s.t.}\ \widehat{p_m} \ge p_m \Big\}$$

단, $$D_o^{1-1}=1-\frac{p_o-c}{1-s}, \qquad D_m^{1-1}=\frac{c-p_m}{s+r-1}-\frac{p_m}{1-r} \ ,$$
$$D_o^{1-2}=1-\frac{p_o-p_m}{r} \ , \qquad D_m^{1-2}=\frac{p_o-p_m}{r}-\frac{p_m}{1-r} \ .$$

위의 이윤극대화 문제의 해는 $\hat{p}_m \le p_m$인 경우와 $\hat{p}_m \ge p_m$인 경우에 대해 각각 국지적 해를 구한 다음, 양자를 비교하여 구할 수 있다.

(1-1) 우선, 제약조건이 $\hat{p}_m \le p_m$인 경우, 즉 Case 1-1의 경우 이윤극대화 문제를 통상적인 Kuhn-Tucker 조건을 이용하여 풀기 위해 Lagrangian 함수를 적어 보면

$$L(p_o, p_m, \lambda^{1-1})=p_o D_o^{1-1}+p_m D_m^{1-1}-\lambda^{1-1}[\hat{p}_m-p_m]$$

와 같다. 여기서 λ^{1-1}은 부등호 제약인 $\hat{p}_m \le p_m$의 Lagrangian Multiplier로서 0 이상의 실수이다. 이제 Kuhn-Tucker 조건을 이용하여 $\hat{p}_m \le p_m$의 제약 하에서 이윤 극대화의 해를 구하면 다음과 같음을 확인할 수 있다.

(i) $\hat{r} < r \leq 1$ 이면 $p_o^{1-1} = \dfrac{1-s+c}{2}$, $p_m^{1-1} = \dfrac{c(1-r)}{2s}$, $\lambda^{1-1} = 0$.

(ii) $1-s < r \leq \hat{r}$ 이면

$$p_o^{1-1} = \frac{(1-r)(1-s)^2 + 2crs}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]},$$

$$p_m^{1-1} = \frac{cr - p_o^{1-1}(r+s-1)}{1-s} = \frac{(1-r)[2cr - (1-s)(r+s-1)]}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]} ,$$

$$\lambda^{1-1} = \frac{[s(1-s)-c][\hat{r}-r]}{(r+s-1)[((1-s)^2 + r(2s-1)]}.$$

즉 (i) $\hat{r} < r \leq 1$의 경우는 부등호 제약 $\hat{p}_m \leq p_m$이 binding 하지 않는 반면, (ii) $1-s < r \leq \hat{r}$의 경우는 부등호 제약이 binding 하다. 특히 (ii)의 경우 $\lambda^{1-1} \geq 0$ 이 성립하는 필요충분조건이 바로 $r \leq \hat{r}$ 임을 주목하라.

(1-2) 이제 제약조건이 $\hat{p}_m \geq p_m$인 경우, 즉 Case 1-2의 경우 이윤 극대화 문제를 살펴보자. 이 경우 Lagrangian 함수는

$$L(p_o, p_m, \lambda^{1-2}) = p_o D_o^{1-2} + p_m D_m^{1-2} - \lambda^{1-2}[p_m - \hat{p}_m]$$

와 같으며, 여기서 λ^{1-2}는 부등호 제약 $\hat{p}_m \geq p_m$의 Lagrangian Multiplier로서, 0 이상의 실수이다. 역시 Kuhn-Tucker 조건을 이용하여 그 해를 구하면 $1-s < r \leq 1$의 모든 r에 대해서 다음과 같음을 확인할 수 있다.

$$p_o^{1-2} = \frac{(1-r)(1-s)^2 + 2crs}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]} ,$$

$$p_m^{1-2} = \frac{cr - p_o^{1-2}(r+s-1)}{1-s} = \frac{(1-r)[2cr - (1-s)(r+s-1)]}{2[(1-s)^2 + r(2s-1)]},$$

$$\lambda^{1-2} = \frac{(1-s)(s-2c)}{(1-s)^2 + r(2s-1)} .$$

여기서 $\lambda^{1-2} = \dfrac{(1-s)(s-2c)}{(1-s)^2 + r(2s-1)} > 0$ 의 관계가 성립하므로, $\hat{p}_m \geq p_m$의 부등호 제약은 등호로 성립함을 알 수 있다. 특히 이윤 극대화 가격 p_o^{1-2}, p_m^{1-2}는 $\hat{p}_m \leq p_m$의 제약 하에서 $1-s < r \leq \hat{r}$인 경우의 이윤 극대화 가격 p_o^{1-1}, p_m^{1-1} 와 일치함을 알 수 있다.

(1-1)과 (1-2)에서 구한 국지적 해를 비교하여, 전역적인 해를 구하면 다음과 같다. 우선 $1-s < r \leq \hat{r}$인 경우는 $\hat{p}_m \leq p_m$의 제약 하에서 얻은 이윤 극대화 가격 p_o^{1-1}, p_m^{1-1}와 $\hat{p}_m \geq p_m$의 제약 하에서 얻은 이윤 극대화 가격 p_o^{1-2}, p_m^{1-2}이 일치하므로 이들이 바로 이윤 극대화 문제의 전역적 해이다.

반면 $\hat{r} < r \leq 1$ 인 경우 $\hat{p}_m \leq p_m$의 제약 하에서 얻은 이윤 극대화 가격 p_o^{1-1}, p_m^{1-1}과 $\hat{p}_m \geq p_m$의 제약 하에서 얻은 이윤 극대화 가격 p_o^{1-2}, p_m^{1-2}과는 다르다. 그러나 p_o^{1-2}, p_m^{1-2}는 바로 $p_m = \hat{p}_m$의 관계가 성립하므로 $\hat{p}_m \leq p_m$의 제약 하에서도 생산자가 선택할 수 있는 대안이었기 때문에 p_o^{1-1}, p_m^{1-1} 하에서 보다 이윤이 작다. 따라서 $\hat{r} < r \leq 1$ 인 경우의 전역적 해는 $p_o^{1-1} = \dfrac{1-s+c}{2}$, $p_m^{1-1} = \dfrac{c(1-r)}{2s}$이 된다.

(증명 끝)

2. 보조명제 4의 증명

보조명제 $1'$과 $2'$에 명기된 $\pi(r)$의 도함수를 구하여 보면 다음과 같다.

(i) $r \in [0, r^0)$의 구간에서는

$$\frac{d\pi(r)}{dr} = \frac{d[(2-d)r^2 - 2(2-d)(1-s)r + 2(1-s)^2]}{4[1-s-r]^2}$$

$$= \frac{d[(2-d)(1-s-r)^2 + d(1-s)^2]}{4[1-s-r]^2} > 0.$$

(ii) $r\in(r^0, 1-s)$의 구간에서는

$$\frac{d\pi(r)}{dr}=\frac{(s-2dr)(s+4d-6dr)}{4s^2}>0.$$

여기서 분자가 양수임은 $r<1-s$이고, $d<\frac{s(1-s)}{2}$의 가정으로부터 확인할 수 있다.

(iii) $r\in(1-s, \bar{r})$의 구간에서는

$$\frac{d\pi(r)}{dr}=\frac{(s-2dr)[4(2s-1)dr^2+6(1-s)^2dr-s(1-s)^2]}{4[(1-s)^2+r(2s-1)]^2}$$

와 같다. 따라서 $\frac{d\pi(r)}{dr}$의 부호는 분자의 [ ] 부분의 부호와 같다. 그런데 $d<\frac{s(1-s)}{2}$ 이면 [ ] 부분의 부호는 음(-)이 됨을 확인할 수 있다.

(iv) $r\in(\bar{r}, 1)$의 구간에서 $\frac{d\pi(r)}{dr}$은

$$\frac{d\pi(r)}{dr}=\frac{d}{4(r+s-1)^2(1-s)s}[2d(2s-1)r^3+(1-s)(2s+4d-7ds)r^2-2(1-s)^2(2s+d-ds)r$$
$$+2s(1-s)^3]$$

와 같다. 한편 $\pi(r)$의 2계 도함수는

$$\frac{d^2\pi(r)}{dr^2}=\frac{d^2}{2(r+s-1)^3(1-s)s}[(2s-1)r^3-3(1-s)(2s-1)r^2+3(1-s)^2(2s-1)r+(1-s)^4]$$
$$=\frac{d^2}{2(r+s-1)^3(1-s)s}[(2s-1)r^3-3(1-s)(2s-1)r^2+3(1-s)^2(2s-1)r]$$
$$=\frac{d^2r(2s-1)}{2(r+s-1)^3(1-s)s}[r^2-3(1-s)r+3(1-s)^2]>0$$

이 성립하여 양수가 된다. 따라서 $\frac{d\pi(r)}{dr}$이 $r \in (\bar{r}, 1)$의 구간에서 양수임을 보이기 위해서는 $\frac{d\pi(\bar{r})}{dr}$이 양수임을 보이면 된다. $\bar{r}$은 보조명제 $1'$의 맨 아래에 명시된 대로, $-dr^2 + r(1-s)(s+d-sd) - s(1-s)^2 \geq 0$을 만족하는 최소한의 r값, 즉 $\bar{r} = \frac{(1-s)(s+d-ds) - (1-s)\sqrt{(s+d-ds)^2 - 4ds}}{2d}$이다. 이 값을 위에서 구한 $\frac{d\pi(r)}{dr}$에 대입하면 그 부호가 양수임을 보일 수 있다.

(증명 끝)

■ 참고문헌

손상영 · 안일태, 2007, 네트워크 효과가 존재할 때 최적 디지털 저작권 보호수준, 산업조직연구 15집 2호, 1-43.

Belleflamme, P., 2003, Pricing information goods in the presence of copying, in The economics of copyright, 26-54, eds., W. J. Gordon and R. Watt, Edward Elgar, Cheltenham, UK.

Deneckere, R. J. and R. P. McAfee, 1996, Damaged goods, Journal of Economics & Management Strategy 5(2), 149-174.

Park, Y. and S. Scotchmer, 2005, Digital rights management and the pricing of digital products, NBER Working Paper 11532.

Rayna, T. and L. Striukova, 2007, Digital rights management: white knight or Trojan horse?, Discussion Paper No. 07/596, Dept. of Economics, Univ. of Bristol.

Shapiro, C. and H. R. Varian, 1999, Information rules, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.

Sundararajan, A., 2004, Managing digital piracy: pricing and protection, Information Systems Research 15(3), 287-304.

Varian, H. R., 1989, Price discrimination, in Handbook of industrial organization Vol. 1, 597-654, eds., R. Schmalensee and R. D. Willig, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands.

Wash, R., 2005, Content provision under digital rights management," mimeo.

Yoon, K., 2002, The optimal level of copyright protection, Information Economics and Policy 14, 327-348.