

실물옵션기법을 적용한 주파수관리정책에 관한 연구

- 휴대인터넷 관련 2.3GHz 대역을 중심으로 -

이정동*, 김민정**, 정종욱***

Abstract

Having the characteristics of public goods, Radio Spectrum had been controlled by Government Authorities. In the past, technological side of spectrum, such as cross protection, was the main concern, but as the telecommunication industry is developing gradually, economic side of spectrum is becoming an important part.

To uplift the Economic efficiency of spectrum management policy, clarifying the basic value of spectrum is one of the most important things. Also, both government authorities and spectrum licensees will have to choose license or investment under uncertainties such as license timing, time to market, technology standard, and so on. Considering all things, this paper gives the value to the spectrum by real options theory, which is a powerful method concerning uncertainty, especially for government. And we applied it to a specific spectrum band for the portable Internet in Korea.

These results can provide information about the technological standard, optimal market-entry time as well as the value of spectrum for the portable Internet.

* 서울대 기술정책대학원과정 교수

** 서울대 기술정책대학원과정 석사과정 (ptibebe@freechal.com)

*** 서울대 기술정책대학원과정 박사과정 (mirue@snu.ac.kr)

I. 서론

정부가 주파수관리정책을 입안하고 집행할 때에는 두 가지 개념의 효율성을 염두에 두어야 하는데, 첫째는 기술적 효율성이고 둘째는 경제적 효율성이다. 우선 기술적 효율성은 전파자원을 이용한 서로 다른 서비스들 간에 혼신을 막는데 바탕을 두고 있다. 이는 또한 잘못되거나 비표준적인 장비의 사용, 주파수의 불법적인 이용 등과 관련된 문제들을 해결해야한다는 요구조건을 담고 있기도 하다. 과거에 전파자원은 기술만 갖추고 있으면 이를 자유롭게 이용하여 재화나 서비스를 생산할 수 있는 일종의 자유재(free goods)로 간주되었기 때문에, 정부는 기술적 효율성만을 주된 목표로 여겨왔다. 주파수관리정책의 패러다임이 기술적 효율성에서 경제적 효율성 중심으로 변화하게 된 것은 1990년대 후반, 이동통신을 중심으로 한 상업용 주파수에 대한 수요가 급증하면서부터이다. 여기서 경제적 효율성이란 서로 다른 종류의 서비스들 간에 한정된 전파자원을 효율적이고도 효과적으로 이용하기 위한 자원배분의 효율성을 의미한다.

전파관리정책의 패러다임 변화에 따라 이미 주요국들은 주파수의 효율적 배분을 위해 일부 주파수 대역의 배분에 경제원리를 도입하였고, 그 적용대상을 점차 확대하는 추세에 있다. 전파관리에 경제원리를 적용한다는 것은 시장의 가격기구가 전파자원의 배분을 일부 담당하도록 하는 것을 의미한다. 주파수 경매 등을 통해 주파수사용에 대한 적절한 기회비용을 부과하여 사업자의 효율적인 전파사용을 유도하는 것이다. 국내에서도 2000년 전파법 개정을 통해 경제적 가치가 인정되는 주파수에 대한 신규할당 및 재할당의 경우 할당대가를 부과할 수 있도록 하는 등, 전파관리에 경제원리를 적용할 수 있는 법적 근거가 수립되었다. 하지만 최근 IMT-2000 용도의 주파수 대역 할당에 이르기까지 우리나라의 주된 주파수 할당방식은 계획서 비교평가 방식으로, 전파자원은 여전히 행정적 관리방식에 의해 운용되고 있다. 주파수를 할당받은 무선통신 사업자가 경제적 지대(이는 전파자원의 희소성에서 기인한다)의 개념으로서 납부하고 있는 전파사용료*는 다분히 기술적인 산정식에 의해서 책정되고 있을 뿐이다.

현재 정보통신부는 이러한 한계를 극복하고 주파수 관리가 경제적 메커니즘에 의해서 이루어지도록 주파수경매제도의 도입을 적극 검토하고 있는 중이다. 경매제도가 도입된다면 주파수 할당의 대가는 시장에 의해서 직접적으로 평가될 것이므로, 전파자원 배분의 효율성이라는 측면에서는 어느 정도의 성과를 거둘 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 주파수경매제도 역시 성공적으로 정착되기 위해서는 선결조건이 있는데, 이는 경매에 참여하는 사업자나 정부가 주파수 대역의 가치를 합리적으로 평가하고 있어야 한다는 것이다. 주파수 할당의 대가가 과도하게 부과된다면 이는 사업자에게 경제적 부담으로 지워질 것이며, 반대로 산정된 가치가 본질적 가치에 비해 저평가되는 경우

* 기지국당 전파사용료 = 기초가액×(공중선전력+전파의 폭)×선호계수×이용형태계수×목적계수
이러한 전파사용료의 현행 산정식은 선호계수, 이용형태계수, 목적계수 등 자의성이 높은 변수들을 많이 포함하는 문제점 또한 안고 있다.

에는 초과 수요를 유발시킬 것이기 때문이다.

본 논문은 주파수 대역의 경제적 가치를 정확히 평가하고자 하는 시도에서 시작되었으며, 주파수의 사용권리에는 여러 가지 옵션적인 성격이 있다는 것에 주목하게 되었다. 주파수에 대한 권리를 보유하게 된 사업자는 기술의 전개방향이나 시장의 향후 전망 등을 살펴보면, 서비스를 제공할 것인지의 여부(포기옵션)와, 서비스 제공 시기(연기옵션), 서비스 지역을 확장할 것인지의 여부(성장옵션) 등 다양한 선택권을 부여받는 셈이기 때문이다. 주파수 대역의 가치를 경제적으로 평가하고자 하는 시도는 생산함수를 이용한 미시적 접근방법, 투입-산출 분석을 이용한 거시적 접근방법 등 여러 가지가 있을 수 있지만, 사업자가 의사결정시 보유할 수 있는 유연성(flexibility)에 주목한다면 실물옵션 기법을 적용하는 것이 보다 효과적이라 하겠다.

여기서 다시 한 번 확인하고자 하는 바는, 본 논문은 정책 입안자의 입장에서 쓰였다는 점이다. 전파자원은 이를 이용하여 막대한 부가가치를 창출할 수 있는 경제재인 동시에 국민 모두가 소유권을 가지는 공공재이므로, 중요한 정부의 정책집행 대상이다. 따라서 본 논문에서는 정책 입안자의 입장에서 단순히 주파수 대역의 가치 평가에만 주목하는 것이 아니라, 실물옵션법을 적용하여 서비스의 최적 제공시점, 사업자의 선정, 기술 표준의 문제 등 주파수관리정책의 다양한 이슈들을 다루어 보고자 하였다. 구체적으로는 지난 12월 휴대인터넷 용으로 용도 변경된 2.3GHz 대역을 연구대상으로 삼아 위에서 언급한 구체적인 문제들에 대한 해답을 제시하고자 하였다. 4세대 이동통신으로의 진화과정에서 휴대인터넷의 역할이 결정적일 것임을 생각할 때, 2.3GHz 대역의 주파수관리정책에 대한 논의는 의미 있는 것이며, 본 연구를 통해 정책 당국이 당면하고 있는 과제들에 대해 중요한 시사점을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

II. 실증연구의 설계

2.1 실증분석의 대상

서론에서 살펴보았던 것처럼 주파수관리정책의 패러다임이 변화하고 주파수에 대한 수요가 급증하게 된 것은 이동통신 서비스의 가입자수가 폭발적으로 증가하면서부터이다. 현재 무선국의 95% 이상이 상업용 이동통신에 이용되고 있는 것만 보더라도, 이동통신과 관련된 주파수 대역이 주파수관리정책에서 중요한 비중을 차지하리라는 것은 쉽게 짐작할 수 있다. 따라서 본 연구의 분석대상을 선정하기에 앞서, 향후 이동통신산업의 환경이 어떻게 변화해 나갈 것인지에 대한 조사작업이 선행되었다. 국내외적으로 이동통신업계에서는 IMT-2000에 대한 서비스 기대치와 기술적 성숙도가 낮게 나타남에 따라, 차세대 이동통신환경인 '4G'에 대한 논의가 이미 활발하게 진행되고 있다. ITU를 포함한 여러 표준기구들과 통신업체들은 4G에 대해 구체적인 제안을 완

성한 상태는 아니지만, 통신산업의 IT화라는 개념중심의 큰 그림은 나온 상태이다. 4G는 기존의 이동통신 특성을 고스란히 간직하며 기술만 바뀌는 진화단계가 아니라, 이미 존재하고 있는 이동통신기술, 무선랜 및 IP 기반신기술 등이 연방제처럼 연결되는 새로운 환경의 시작이다. 즉, 이미 서비스를 제공하고 있는 상용화된 기술들이 IP라는 매개체로 상호연결되는 통신환경을 의미하는 것이다.

우리나라가 향후 이동통신 환경의 변화에 능동적으로 대처하고 그 흐름을 주도하기 위해서는, 현재 논의되고 있는 국내 통신산업의 모든 이슈들이 4G 환경의 전개방향을 기준으로 논의되어야 할 것이다. 이러한 맥락에서 2002년 12월 정보통신부고시 제 2002-53호에 의해 규정된 2.3GHz 대역의 휴대인터넷 서비스는 중요한 의미를 가진다고 하겠다. 정통부는 휴대인터넷 서비스를 IMT-2000과 무선랜의 중간 보완재 역할을 하는 서비스로 잠정 규정하고 있는데, IP기반의 휴대인터넷 서비스가 3.5세대 이동통신 서비스로까지 평가받고 있는 것은 현재의 3G와 향후의 4G 이동통신을 잇는 결정적인 역할에 주목하기 때문일 것이다.

<표 1> 휴대인터넷을 둘러싼 유·무선 사업자간의 대립구도*

	유선사업자	무선사업자
기술표준	외산기술의 선도입 후 점진적 국산화 (복수표준)	국산기술 단일표준
사업화시기	조기상용화	점진적 상용화 (HPI 기술개발 완료시점인 2005~2006년)
사업자선정	· 휴대인터넷: 초고속인터넷처럼 고속데이터통신을 지원한다는 점에서 유선의 확장 개념 · 유선사업자의 몫	· 휴대인터넷: 무선인터넷의 확장개념으로 4세대 이동통신으로 발전하는 중간단계 · 무선사업자의 몫
출연금	통신산업 전반에 걸친 투자심리 위축을 고려, 수백억원 수준에서 결정해야 될 것	

본 논문에서는 이와 같은 휴대인터넷 서비스 용도의 2.3GHz 주파수대역과 관련된 이슈들을 다루어보고자 한다. 휴대인터넷이 차세대 통신산업으로 부각되면서 2.3GHz 주파수 대역을 확보하기 위한 통신업체간의 경쟁이 치열한데, 정부가 아직까지 뚜렷한 정책방향을 잡지 못해서 시장은 혼란을 겪고 있는 상태이다. 구체적으로 정부는 기술표준의 선정, 사업화 시기, 사업자의 선정 등과 관련된 역무구분과 출연금 문제 등 4가지 이슈에 대한 정책수립이 필요한 시점이다. 각각의 이슈들에 대해서 유선통신사업자(KT, 하나로통신, 데이콤 등)와 무선통신사업자(SKT) 및 휴대인터넷 국산기술(HPI)의 기술개발을 담당하고 있는 삼성전자와 전자통신연구원(ETRI)은 다음과 같이 극명한 의견차를 보이고 있다.

i-Burst, Flash-OFDM, Ripwave, Broad@ir 등의 외산 기술은 올해 초 국내에서도 시범서비스를 실시하는 등 즉시 상용화가 가능한 반면, 국산기술인 HPI는 기술개발이

* '2.3GHz 대역 휴대인터넷 정책토론회(2003. 5. 14)'의 내용 재구성

2005년에야 완료될 것으로 보이는데, 따라서 기술표준의 문제는 곧 사업화 시기의 문제와도 직결된다.

2.2 분석모형의 개요

본 논문의 분석모형은 크게 세 부분으로 이루어져 있다. 우선 첫 번째 모형은 주파수대역의 가치를 평가함에 있어 휴대인터넷 사업자의 이윤만을 고려한 경우인데, 이를 통해 현재 가장 큰 논란이 되고 있는 기술표준의 문제에 대한 답을 제시하고자 했다. 즉 외국기술이 기술표준으로 채택되었을 경우와 국산기술이 표준으로 채택되었을 경우의 옵션가치를 비교해서, 옵션가치가 큰 쪽이 바람직하다는 결론을 내리자는 것이다. 두 번째 모형은 비단 휴대인터넷 사업자의 이윤만이 아니라 국민경제적인 관점에서 휴대인터넷 사업이 가져오는 파급효과까지 고려하여 주파수대역의 가치를 산정하고, 사업자의 관점이 아닌 국민경제의 관점에서 최적의 사업화시기를 구하고자 했다. 첫 번째 모형과 두 번째 모형의 실물옵션 분석을 통해 사업자의 입장에서 이윤을 극대화할 수 있는 최적 상용화시기(optimal timing)와, 정부의 입장에서 파급효과를 극대화할 수 있는 최적 상용화시기를 도출할 수 있다. 이 두 가지의 최적 상용화시기가 일치하지 않는다면 정부는 이를 일치시키기 위한 방향으로 정책을 집행할 유인이 생기게 되는데, 세 번째 모형에서는 이를 주파수할당대가로 조정하도록 했다. 세 번째 모형의 분석에서는 주파수할당의 대가에 대한 상한선을 제시할 수 있을 것이다.

2.2.1 휴대인터넷 사업자의 이윤을 기초자산으로 하는 경우

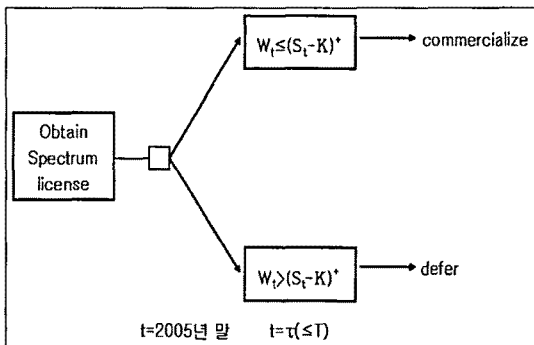
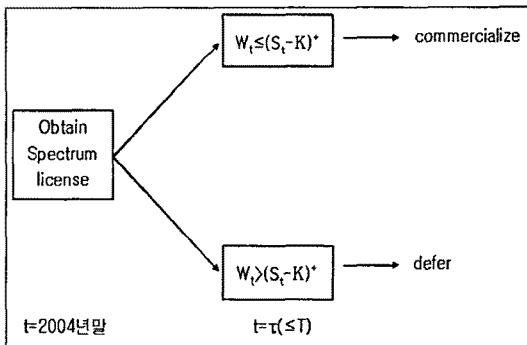
정보통신부는 2004년 말, 휴대인터넷 용도 2.3GHz 대역의 주파수를 배분하고 사업자를 선정하기로 했다. 모형을 단순화하기 위하여 기술표준은 외산기술이나 국산기술 중 하나를 선택하는 단일표준으로 하고, 외산기술은 동질적인 것으로 상정하였다. 또한 외국기술을 선택하는 경우 주파수를 할당받는 즉시 상용화가 가능한 반면, 국산기술을 선택하는 경우에는 2005년 기술개발완료 예정인 현실을 감안하여 주파수를 할당 받고 1년이 지난 후에야 상용화가 가능한 것으로 보았다. 기술표준과 관련된 두 가지 대안을 비교한 결과는 다음과 같다.

<표 2> 기술표준 관련 두 가지 대안의 비교

	이점	단점
외국기술	주파수 분배 후(2004년 말) 바로 상용화 가능	로열티부담 큼 (5.0% 내외)
국내기술	로열티부담 적음 (2.5% 내외)	2005년 말부터 상용화 가능

국산기술을 선택하는 경우에는 상용화의 시기를 선택할 수 있는 기간이 1년 늦춰지는 반면, 로열티에 대한 부담은 외국기술에 비해 적은 것으로 현실적인 모델 설정을 했다. 이 경우 국산기술의 경우와 외산기술의 경우 기초자산 자체가 다르다. 기술표준

이 달라질 경우 본 모델에서의 행사가격에 해당하는 설비투자 비용이나 운영비용 또한 달라질 것이나, 자료수집의 한계로 인해 비용부분에서는 차이를 두지 않았음을 밝혀둔다. 분석모델에서의 옵션은 최적 행사시점까지 결정해야 하는 아메리칸 옵션인데, 옵션의 만기는 현재 알려진 휴대인터넷 서비스의 향후 일정을 감안하여 3년으로 가정하였다. 즉, 외산기술 표준의 경우 주파수를 할당받은지 3년 안에(2007년 말 이내) 상용화 서비스를 개시해야하고, 국산기술 표준의 경우 HPI 기술개발이 완료되는 2005년 말부터 2008년 말 이내에 상용화 서비스를 시작해야 한다는 것이다. 또한 주파수의 사용권리는 일반적인 주파수 대역의 실사용연수를 감안하여 2004년 말부터 2014년 말까지, 즉 10년으로 가정하였다. 이제 기술표준별 모델을 옵션트리로 도식화하면 다음과 같다.



[그림 1] 외국기술 표준의 경우 옵션트리

[그림 2] 국내기술 표준의 경우 옵션트리

2.2.2 국민경제적 파급효과를 기초자산으로 하는 경우

휴대인터넷 사업으로 인한 국민 경제적 파급효과는 산업연관분석에서 활용되는 생산유발효과, 부가가치유발효과, 수출창출 및 수입유발효과, 고용창출효과 등으로 나누어 볼 수 있다. 이번 절에서 실물옵션의 기초자산으로 선택한 파급효과는 김상춘(2003)이 정의한 투자자체의 파급효과인 1차 파급효과와 휴대인터넷 산업이라는 신산

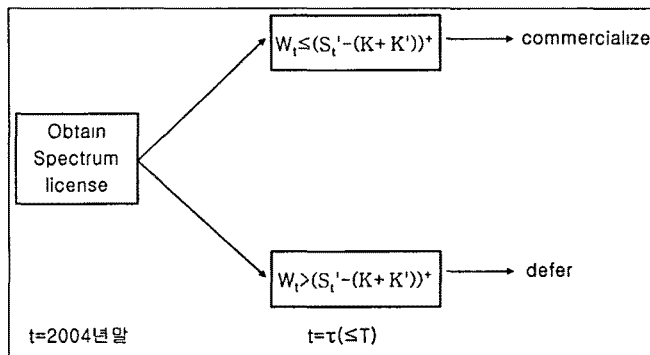
업 창출효과와 2차 파급효과* 구분에서,

<표 3> 휴대인터넷의 1차 파급효과

구분	총생산	부가가치	총수출	고용창출(명수)	고용창출(억원)	계
2004	1831	748	639	2746	55.40	3273.40
2005	4149	1729	1448	6223	125.54	7451.54
2006	5731	2388	2000	8596	173.41	10292.41
2007	5545	2311	1935	8318	167.81	9958.81
2008	2893	1205	1010	4339	87.53	5195.53
2009	2273	947	793	3410	68.79	4081.79

1차 파급효과에 해당하는 개념이다. 본 논문에서는 산업연관분석을 통한 파급효과 분석까지는 직접 수행하지 않고, 김상춘 (2003)의 연구결과를 그대로 활용하기로 했다.

원자료에는 고용창출효과가 사람수로 제시되어 있는데, 2000-2002년 평균 실업급여를 이용하여 화폐단위로 환산하였다. 두 번째 모형을 옵션트리로 도식화 하면 다음과 같다.



[그림 3] 파급효과가 기초자산인 경우의 옵션트리

기초자산을 나타내는 S_t' 는 이제 휴대인터넷 사업자의 이윤이 아니라 앞에서 정의한 파급효과가 되며, K 는 휴대인터넷 상용화 서비스를 제공하기 위한 시설투자비용으로 1절에서와 동일하다. 다만 이제 행사가격은 단순히 시설투자비용인 K 가 아니라 $K + K'$ 이 되는데, 이는 기초자산의 범위가 달라짐에 따라 행사가격의 개념도 달라져야 한다는 직관에 부합하기 위해서이다. K' 은 휴대인터넷 사업자가 서비스제공을 위해 지불해야 하는 설비투자비용 이외에, 휴대인터넷 서비스가 제공됨에 따라서 추가로 사회가 지불해야만 하는 일종의 사회적 비용을 나타낸다. K' 의 값을 구하기 위해서 박진우 (2002)가 사용한 전환비용의 개념을 적용하였다. 동태적 관점에서 전환비용은, 소비자

* 2차 파급효과는 신산업 창출의 직접적인 효과인 관련 서비스시장, 시스템시장, 단말기시장 등의 창출효과가 있을 수 있으며, 간접적인 효과로는 이러한 신산업 창출로 인한 타 산업생산 유발효과가 있다.

가 이종의 서비스 사이에서 서비스를 전환할 때 서비스 가격 이상으로 지불해야 하는 대가를 의미한다. 전환비용에 해당하는 개념으로는 첫째 서비스를 전환함에 따라 기존 서비스를 포기할 때 발생하는 기회비용, 둘째 이종 서비스간의 단말기 호환성 부족에 따른 신규단말기 구입비용, 셋째 번호이동성에 따른 비용 등을 들 수 있다.

우선 기존서비스의 포기에 따른 기회비용은 소비자가 기존서비스로부터 얻고 있었던 효용을 포기하는 데에 따르는 비용과 서비스의 대체에 의하여 서비스업자가 보유한 기존서비스 공급시설의 가치 감소분을 포함하는 개념이다. 소비자가 효용을 포기하는 데에 따르는 기회비용은 화폐단위로 환산하기 힘들 뿐만 아니라, 전체 전환비용에서 차지하는 비중이 크지 않을 것으로 예상되는바 고려하지 않기로 한다. 다음으로 기존서비스 공급시설의 가치감소는, 이종의 서비스를 동일한 사업자가 공급하는 경우에, 개별 서비스업자에게도 전환비용의 하나로써 작용하게 된다.* 휴대인터넷 서비스의 경우 사업자가 아직 정해지지 않았으므로, 무선사업자가 휴대인터넷 서비스를 제공하게 되는 경우와 유선사업자가 휴대인터넷 서비스를 제공하게 되는 경우 전환비용의 크기가 다르게 나타날 것이다. 따라서 이에 대해 가정을 하고 전환비용을 구하는 것에 는 우리가 따를 것으로 예상되어 이 부분도 고려하지 않기로 했다.

동태적 전환비용에서 절대적으로 큰 비중을 차지하는 부분은 바로 신규단말기의 구입비용이므로 K 에는 이 부분만을 포함시켰다. 금융시장에서는 휴대인터넷이 초기에는 무선랜 커버리지나 초고속인터넷 사업의 확장형태로 시작되어, 휴대인터넷 시장이 안정화되는 단계에 이르러서는 음성의 Killer application이 등장함에 따라 음성서비스와 인터넷 서비스를 동시에 제공할 것으로 전망하고 있다**. 휴대인터넷 시장이 2009년 말 쯤에는 안정화 단계에 접어들 것으로 예상되는 바, 2009년 이후부터 휴대인터넷이 음성서비스도 제공하는 것으로 가정하였다. 즉 2009년 이후 새롭게 휴대인터넷 서비스에 가입하는 가입자들은 이동통신 가입자들이 서비스를 전환하는 것으로 간주, 이들이 지불하는 신규단말기의 구입비용을 K 의 값으로 대체하였다.

2.2.3 주파수 할당 대가의 상한선

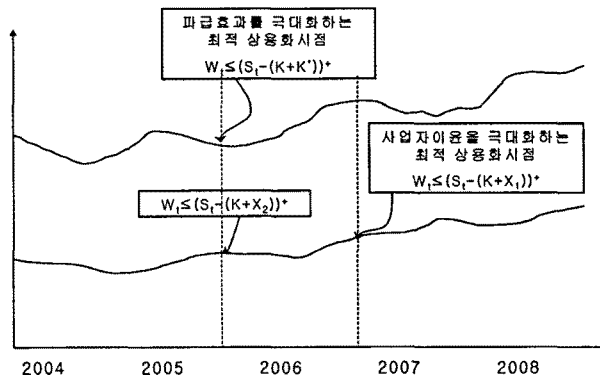
첫 번째와 두 번째 모형에서 얻어는 옵션의 가치는 각각 실물옵션 방법으로 구한, 휴대인터넷 사업으로부터 예상되는 사업자의 이윤과, 국민경제적 파급효과의 가치이다. 따라서 이들 옵션의 가치가 곧 주파수 할당의 대가라고 말할 수는 없는데, 마지막 모형에서는 이러한 주파수 할당의 대가(이를테면 출연금)에 대한 상한선을 구해보려고 한다. 이는 앞에서 소개했던 것처럼, 이제 상용화를 위한 시설투자비용과 주파수권리

* 이종의 서비스를 다른 사업자가 공급한다면 신규서비스의 사업자는 이러한 전환비용을 지불하지 않는다. 동일한 사업자가 공급하는 경우에도 기존서비스시장이 성숙단계에 접어들어 공급시설이 노후되어 있을수록 사업자가 지불해야 하는 전환비용은 감소할 것이다.

** '2003.10.23 휴대인터넷 워크샵'에서 동양종합금융증권 리서치센터가 발표한 '금융시장에서 바라본 휴대인터넷 시장'의 내용 참조

의 획득을 위한 비용까지 고려하는 사업자가 최적의 상용화시기를 결정하고자 할 때, 시장의 메커니즘에 의해서, 이를 정부의 입장에서 바라본 최적 상용화시기와 일치시키도록 하자는 것이다. 정부는 국민경제적 파급효과를 극대화하고자 할 것인데, 파급효과가 극대화되는 상용화시점을 사업자에게 강제하는 것이 아니라, 주파수 할당 대가의 크기를 조절함으로써 이러한 선택이 사업자에 의해서 자동적으로 이루어질 수도 있음을 보이려고 한다.

아래의 [그림 4]에서 보는 바와 같이 주파수 할당의 대가가 X_1 일 때 사업자 입장에서의 최적 상용화 시점과 정부 입장에서의 최적 상용화 시점이 일치하지 않게 된다. 정부는 이러한 간격을 없애기 위해서 주파수 할당의 대가를 X_1 에서 X_2 로 줄여줄 수 있는데, 이때에는 국민경제적 관점에서 바람직한 최적의 상용화시점을 사업자가 자동적으로 선택하게 된다.



[그림 4] 세 번째 모형의 도식화

2.3 모형에서의 가정

2.3.1 휴대인터넷 사업자의 이윤을 기초자산으로 하는 경우

사업자의 이윤을 기초자산으로 하는 첫 번째 모형의 경우 휴대인터넷 서비스의 가입자수만이 확률과정을 따르는 것으로 설정하였다. 서비스의 가격이나 사업자의 운영 비용 또한 시간의 흐름에 따라 변화할 것이나, 서비스의 가격은 월 3만원으로 일정하다고 보았고 운영비용은 서비스로부터 얻어지는 매출액 대비 일정한 비중을 차지한다고 가정하였다. 서비스의 가격을 월 3만원으로 가정한 것은 김상춘 (2003)이 가정한 것과 동일하며, 이는 업계에서 예측하는 바와도 일치한다. 월 3만원의 가격은 과거 이동통신사별 ARPU(Average Revenue Per User)의 값보다는 조금 낮은 수준이지만, 이러한 가정에는 큰 무리가 없을 것으로 여겨진다.

<표 4> 이동통신사들의 과거 ARPU (단위: 원)

<표 5> 매출액대비 영업비용비율(단위:

SKT	2001.1~2003.9	KTF	2001.1~2003.9		KTF	SKT	LGT	평균
전체 ARPU	44946	전체 ARPU	39387	매출액	42,095	68,740	20,796	
가입비	968	가입비	694	영업비용	35,959	46,994	19,868	
가입비제외	43978	가입비제외	38694	비중	86.20	67.21	96.42	83.28

억원, %)

운영비용이 매출액 대비 일정한 비중을 유지한다고 가정한 것은 운영비용 관련 자료수집의 제약 때문인데, 이때의 비율은 과거 이동통신 3사의 손익계산서로부터 2000~2002년의 3년간 평균치를 계산한 0.8328의 값을 사용하였다.

또한 로열티의 경우, 서비스 제공으로 인한 매출액에 대해서 국내기술 표준의 경우 2.5%, 외국기술 표준의 경우 5%를 지불하는 것으로 가정하였다. 국내기술 표준의 경우 2.5%는 정보통신협회(TTA)가 예상한 2~3%대의 로열티 수준에 기반하여 가정한 것이며, 외국기술 표준의 경우에는 CDMA 관련해서 국내 이동통신사들이 쉐컴에 대해서 지불하고 있는 5%대의 로열티 수준*을 그대로 적용하였다.

마지막으로 휴대인터넷 사업자의 수는 3개인 것으로 가정하였다. 한국전자통신연구원의 '휴대인터넷 시스템 요구 대역폭 분석'이라는 연구결과에 따르면 사업자가 1개일 경우 소요대역폭은 80MHz, 2개일 경우 100MHz, 3개일 경우 120MHz이다. 최근 정통부는 현재 활용되지 않고 있는 IMT-2000 TDD용 1.885~1.920GHz대역의 35MHz와 2.010~2.025GHz대역의 15MHz 등 총 50MHz를 휴대인터넷용으로 돌려 관련서비스를 활성화시킬 것이라고 발표했는데, 2.3GHz 대역에서 20MHz가 주파수 간섭보호대역임을 고려하면 총 130MHz 정도가 휴대인터넷용으로 분배되는 셈이다. 따라서 업계에서도 휴대인터넷 사업자의 수로서 3개가 가장 유력할 것으로 전망하고 있으므로, 이러한 가정은 합리적이라고 하겠다. 위와 같은 가정 하에서 확률과정을 따르는 변수, 휴대인터넷 가입자수 N_i 의 값이 생성되면 기초자산, 즉 사업자 이윤 S_i 의 path는 다음과 같은 식**에 의해서 형성된다.

$$S_i = [(30000 \times N_i) \div 3] \times (1 - 0.8328 - \text{loyalty}) \quad (2.1)$$

2.3.2 국민경제적 파급효과를 기초자산으로 하는 경우

국민경제적 파급효과를 기초자산으로 하는 경우, 파급 유발계수 <표 6> 김상춘(2003)에서의 구분 계수

구분	계수
----	----

* 쉐컴에 대한 로열티 지불은 CDMA 단말기로부터 얻어지는 순매출액의 5% 수준이다. 본 연구에서는 단순히 휴대인터넷 서비스의 제공과 관련된 이윤만을 분석대상으로 삼고 있으므로 쉐컴에 대한 로열티 지불방식과는 다르게 나타날 수도 있다.

** 시장전체의 휴대인터넷 가입자수에 대한 예측자료가 완성되면, 3개 사업자가 가입자를 1/3씩 확보하는 것으로 가정하였다. 일부에서는 현 이동산업에서처럼 5:3:2의 비율로 가입자를 확보하게 될 것이라고 전망하기도 한다.

효과의 액수는 직접 구하지 않고 기존의 연구결과를 그대로 활용한다고 하였는데, 여러 가지의 연구결과들을 상호 비교하고 김상춘 (2003)이 제시한 유발계수를 받아들여기로 하였다. [표 6]에 제시된 내용이 본 논문에서 받아들인 유발계수들의 값이다.

생산유발계수	1.32
부가가치유발계수	0.55
수입유발계수	0.34
고용유발계수	15명/10억
수출유발계수	0.349

<표 7>~<표 9>는 다른 보고서들에서 제시한 이동통신사업의 유발계수들을 정리한 것이다.

<표 7> 변상규, 김한주, 김태유 (2002), 이동통신산업의 파급효과

구분	생산유발계수	부가가치유발계수	수입유발계수
장비산업	1.4267	0.4986	0.4013
서비스산업	1.2166	0.8905	0.0414

<표 8> 이홍재 외 (2002), 통신서비스산업의 파급효과

	연 도	국내생산 유발계수	부가가치 유발계수	취업 계수	취업 유발계수
무선통신	95	1.249	0.932	9.82	15.29
	98	1.257	0.9048	5.28	9.27

<표 9> 김수현 외 (2000), CDMA 이동통신산업의 파급효과

	생산유발계수	부가가치유발계수	고용유발계수
직접유발계수	1	0.286077	5.6
간접유발계수	0.0630235	0.29378	11.635
장비산업	1.630235	0.579857	17.235
직접유발계수	1	0.825223	9.822
간접유발계수	0.222973	0.110299	4.596
서비스산업	1.222973	0.935522	14.418

생산유발계수 1.32는 다른 보고서들이 1.22~1.26의 수준인 것과 비교할 때 다소 높은 값이지만 큰 차이를 보이지 않으며, 부가가치 유발계수 0.55는 0.89~0.94에 비해서 비교적 낮은 수준이다. 고용유발계수인 15명/10억은 다른 보고서에서의 값과 거의 비슷하다. 따라서 본 연구에서 채택한 유발계수의 값들은 일반적인 이동통신산업의 파급효과를 나타내는 유발계수 값들과 비교했을 때 합리적인 수준이라고 하겠다. 마지막으로 K 의 값을 구하기 위해서는 신규단말기의 가격에 대한 정보가 필요하다. 기초자산과의 일관성을 유지하기 위해서, 김상춘 (2003)이 국민경제적 파급효과를 분석할 때 사용했던 시스템가격 19만원, 단말기가격 60만원의 가정을 같이 사용하였다.

III. 실증분석의 결과 및 해석

3.1 사업자이윤 극대화를 위한 기술표준과 최적 사업화시점

3.1.1 휴대인터넷 가입자수의 확률과정 추정

휴대인터넷 가입자수의 확률과정을 규명하고 추정하는 과정은 다음과 같은 절차에 의해서 이루어졌다. 우선 과거 이동통신 가입자수의 시계열자료에 대해서 8개의 확률과정을 적용해 본 뒤, 자료를 가장 잘 설명해주는 모델을 선택한다. 휴대인터넷 가입자수 역시 과거 이동통신 가입자수의 증가추세와 유사한 움직임을 보일 것으로 여겨지기 때문이다. 다음으로 선택된 확률과정을 다시 RAPA, KISDI, ETRI에서 예측한 각각의 휴대인터넷 가입자 전망 자료에 적용하여 확률과정의 모수를 추정한다. 각각의 기관에서 예측한 가입자수의 전망은 연도별 자료인데, 추정된 모수값을 이용해 확률과정의 월별 예측치를 생성해냈다. 이는 사업자가 상용화 서비스를 제공할 것인지 혹은 시기를 연기할 것인지에 대한 의사결정을 1개월 간격으로 내린다는 가정 하에서이다.

우선 과거 이동통신 가입자수의 자료를 fitting한 결과를 알아보려고 한다. 아직까지 휴대인터넷 서비스가 명확히 규정되지 않았기 때문에 이동통신 산업 내에서도 여러 가지 case 별로 가입자수를 fitting해봤는데, 이는 다음과 같이 크게 5가지로 나눌 수 있다.

1. 1993년 1월~2003년 10월 기간 동안의 이동전화 전체 가입자수
2. 1997년 10월~2003년 10월 기간 동안의 PCS 가입자수
3. 2001년 11월~2003년 10월 기간 동안의 CDMA 가입자수
4. 2000년 7월~2003년 10월 기간 동안의 무선인터넷 가입자수
5. 2002년 5월~2003년 10월 기간동안의 WLAN 가입자수

이와 같이 분류한 것은, 휴대인터넷이 완전히 신개념의 서비스가 된다면 1의 경우, 이미 존재하고 있는 서비스와 경쟁관계를 유지하면서 시장에 도입된다면 2의 경우, 기존 서비스에서 up-grade된 서비스의 개념으로 시장에 도입된다면 3의 경우에서처럼 진행될 것이라는 생각 하에서이다. 또한 휴대인터넷이 시장안정화 단계에 이르기 전까지는 무선랜 커버리지가 초고속인터넷 사업의 확장형태로 유지될 것이라는 금융시장의 전망에 따라서, 4와 5의 경우도 추가했다. 추정을 위해서 GAUSS 프로그램 3.2 버전을 사용하였으며, 추정은 일반 적률법(Generalized Method of Moment, 이하 GMM)을 사용하기 위해 Hansen, Heaton, Ogaki (1993)가 공개한 GMM을 위한 가우스 코드를 활용하였다.

* 이는 Chan et. al. (1992)에서처럼 Merton, Vasicek, CIR SR, Dothan, GBM, Brennan-Schwartz, CIR VR, CEV의 8가지 확률과정을 의미한다.

<표 10> 이동전화 전체가입자수의 확률과정 추정결과

Model	a	β	σ	γ	χ^2 test	d.f.
Merton	25.9363	0	13.2828	0	6.4625 (0.0395)	2
Vasicek	22.6835	0.0575	-14.8864	0	0.9632 (0.3264)	1
CIR SR	15.3980	0.1234	-0.9484	0.5	14.4306 (0.0001)	1
Dothan	0	0	0.0279	1	59.6584 (6.9539e-013)	3
GBM	0	0.1181	0.2377	1	49.2578 (2.0128e-011)	2
B-S	12.3333	0.0953	0.0427	1	20.2148 (6.9215e-006)	1
CIR VR	0	0	0.0017	1.5	59.3134 (8.2397e-013)	3
CEV	0	0.1062	4.4140e-018	7.4241	44.9452 (2.0263e-011)	1

<표 11> PCS 가입자수의 확률과정 추정결과

Model	a	β	σ	γ	χ^2 test	d.f.
Merton	15.0396	0	7.7646	0	20.1577 (4.1957e-005)	2
Vasicek	64.9139	-0.3741	-7.6850	0	0.1867 (0.6657)	1
CIR SR	55.8472	-0.2851	-0.7236	0.5	5.4484 (0.0196)	1
Dothan	0	0	0.0331	1	29.5517 (1.7146e-006)	3
GBM	0	0.1027	0.2484	1	20.1415 (4.2299e-005)	2
B-S	53.2828	-0.2715	0.0583	1	9.4102 (0.0022)	1
CIR VR	0	0	0.0029	1.5	29.4382 (1.8115e-006)	3
CEV	0	0.1181	1.0860	0.4215	18.0147 (2.1921e-005)	1

<표 12> CDMA 가입자수의 확률과정 추정결과

Model	a	β	σ	γ	χ^2 test	d.f.
Merton	92.2757	0	5.0931	0	7.4174 (0.0245)	2
Vasicek	134.2408	-0.2032	-5.1446	0	5.4955 (0.0191)	1
CIR SR	143.0660	-0.2718	-0.2617	0.5	5.4343 (0.0197)	1
Dothan	0	0	0.1247	1	21.1811 (9.6543e-005)	3
GBM	0	0.4358	0.1858	1	11.0303 (0.0040)	2
B-S	144.8417	-0.2835	0.0170	1	5.5055 (0.0190)	1
CIR VR	0	0	0.0084	1.5	21.2575 (9.3075e-005)	3
CEV	0	0.4889	844.9767	-0.8683	9.2767 (0.0023)	1

<표 13> 무선인터넷 가입자수의 확률과정 추정결과

Model	a	β	σ	γ	χ^2 test	d.f.
Merton	41.0559	0	-8.3469	0	12.7945 (0.0017)	2
Vasicek	158.7190	-0.4134	-9.1585	0	2.6498 (0.1036)	1
CIR SR	151.3899	-0.3906	0.5239	0.5	3.5187 (0.0607)	1
Dothan	0	0	-8.8495e-010	1	32.3223 (4.4755e-007)	3
GBM	0	0.1452	0.1864	1	13.4486 (0.0012)	2
B-S	148.2737	-0.3820	0.0301	1	4.0186 (0.0450)	1
CIR VR	0	0	-4.5557e-011	1.5	32.3223 (4.4755e-007)	3
CEV	0	0.1565	7.5346e-018	7.3623	12.0475 (0.0005)	1

<표 10>과 <표 11>, <표 13>의 결과에서 보는 것처럼 이동전화 전체, PCS, 무선

인터넷 가입자수의 경우에 Vasicek process를 제외하면 모두 설명력이 없는 것으로 나타났다. 모델의 적합성(goodness-of-fit)을 판단하는 기준은 χ^2 값인데, Vasicek process를 제외한 모든 경우 그 값이 기각역보다 크게 나타나므로 95%의 신뢰수준 하에서 모델이 참이라는 귀무가설을 기각할 수 있다. 반면 Vasicek process의 경우에는 이동전화 전체가입자수의 경우, PCS 가입자수의 경우, 무선인터넷 가입자수의 경우에 각각 70%, 35%, 90%의 신뢰수준 하에서도 귀무가설을 기각할 수 없다.* 반면 CDMA 가입자수의 경우에는 95%의 신뢰수준 하에서는 모든 모델이 적합하지 않은 것으로 나타났으며, 99%의 신뢰수준 하에서는 Merton, Vasicek, CIR SR, B-S 확률과정이 기각되지 않았다.

마지막으로 무선랜 가입자수의 경우에는 <표 14>에서 보는 것처럼 CIR VR, Merton, Vasicek, B-S 모델이 뛰어난 설명력을 보였으며 GBM process도 95%의 신뢰수준에서 모델이 참이라는 귀무가설을 기각하지 못한다.

<표 14> 무선랜 가입자수의 확률과정 추정결과

Model	α	β	σ	γ	χ^2 test	d.f.
Merton	209.8233	0	-39.8333	0	1.3530 (0.5084)	2
Vasicek	169.2087	0.2450	37.5036	0	0.6672 (0.4140)	1
CIR SR	134.6052	0.6351	4.0767	0.5	0.0880 (0.7668)	1
Dothan	0	0	4.3190e-007	1	13.3126 (0.0040)	3
GBM	0	1.1927	0.5160	1	5.5370 (0.0628)	2
B-S	106.1142	0.8510	0.2774	1	1.2958 (0.2550)	1
CIR VR	0	0	2.9322e-010	1.5	13.3126 (0.0040)	3
CEV	0	1.3787	0.0003	2.2503	3.9861 (0.0459)	1

이상의 결과를 종합하면 Vasicek 모델이 이동통신 산업의 가입자수 변화추이를 비교적 잘 설명한다는 결론을 내릴 수 있다. 이제 선택된 Vasicek process로, 휴대인터넷 가입자수의 전망에 관한 자료들을 도식화한 결과를 제시하려고 한다. 각각의 기관에서 예측한 휴대인터넷 가입자수 전망**은 다음과 같다.

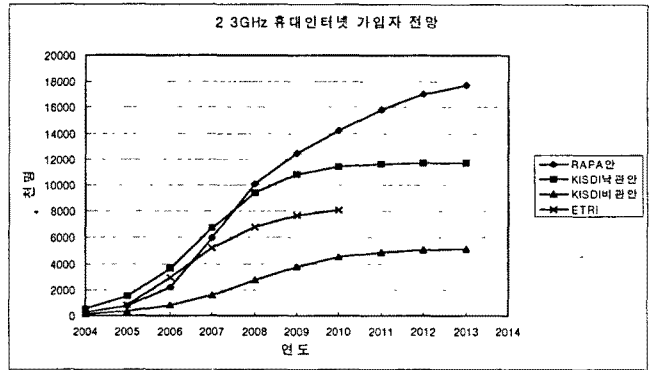
(단위: 천명)

연도	RAPA 안	KISDI		ETRI
		낙관안	비관안	
2004	288	556	152	
2005	728	1525	358	842
2006	2206	3633	799	2966
2007	5969	6732	1604	5177
2008	10067	9401	2716	6794

* χ^2 값 아래 괄호 안의 수치가 p-value이므로 이를 쉽게 확인할 수 있다.

** 자료: RAPA와 KISDI안은 '2.3GHz 대역 휴대인터넷 정책토론회(2003. 5. 14)' 자료에서, ETRI안은 김상춘 (2003)에서 가져왔다.

2009	12490	10831	3782	7667
2010	14243	11408	4500	8056
2011	15804	11614	4877	
2012	17027	11685	5049	
2013	17768	11708	5123	



<표 15> 휴대인터넷 연도별 가입자전망

[그림 5] 휴대인터넷 연도별 가입자전망

이들 자료를 Vasicek process로 fitting한 다음의 결과를 보면 모형의 선택이 옳았음을 알 수 있다. 각각의 전망치에 대해서 Vasicek process는 뛰어난 설명력을 보이고 있다.

왼쪽과 같이 총 4가지의 안에 대해서 모수를 추정했는데, 이 모수를 사용하여 2004년 말부터 2014년 말까지 총 10년 동안의 월별 가입자 전망치를 생성해냈다.*

<표 16> 휴대인터넷 가입자수의 확률과정 추정결과

예측기관	a	β	σ	ν	$\chi^2 test$	df.	
RAPA	15.6574	0.0337	-11.9046	0	0.8325 (0.3616)	1	
KISDI	낙관안	20.6284	-0.0895	9.8394	0	0.4578 (0.4987)	1
	비관안	6.3926	-0.0271	-3.6231	0	0.0008 (0.9779)	1
ETRI	33.6349	-0.3137	-3.6520	0	0.0122 (0.9121)	1	

3.1.2 실물옵션 가격의 계산

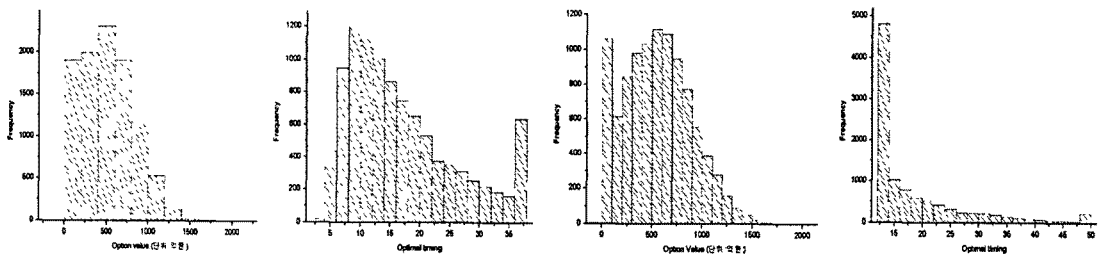
앞 절에서 설명한 바와 같이 휴대인터넷 가입자수의 자료가 생성되면, 식 (2.1)에 의해서 기초자산인 사업자의 이윤 경로가 얻어진다. 각각의 path에 대해서 옵션의 가치와 최적 행사시점을 구한 뒤에, 이러한 시뮬레이션 과정을 10,000씩 반복하고 이들의 평균값을 결과로서 제시하려고 한다. 사업자가 상용화 서비스를 제공하기 위해서 초기에 들여야 하는 투자비용 역시 자료수집의 여건상 가정할 수밖에 없었는데, 10월에 열린 휴대인터넷 워크샵 자료 및 보도자료 조사결과 그 규모가 6000억~1조원까지 되는 것으로 나타났다. 여기서는 행사가격이 8000억원인 경우에 대해서 분석하기로 한다.

* 확률과정의 초기값은 (PCS 초기가입자수)/(PCS 포화가입자수)의 비율이 대략 0.014정도 인 것을 감안하여, 각각의 예상안에 대해서 최대가입자수에 이 비율을 곱해서 구했다.

<표 17> 기술표준별 최적사업화 시기*와 옵션의 가치**

	외국기술 표준		국산기술 표준		10년 뒤 가입자수
	최적 시점	옵션가치	최적 시점	옵션가치	
RAPA	16	5,076억원	18	5,519억원	1,884만명
KISDI낙관	13	3,576억원	15	3,851억원	1,367만명
KISDI비관	32	85,239원	36	234만원	562만명
ETRI	8	3,093억원	13	3,336억원	1,027만명

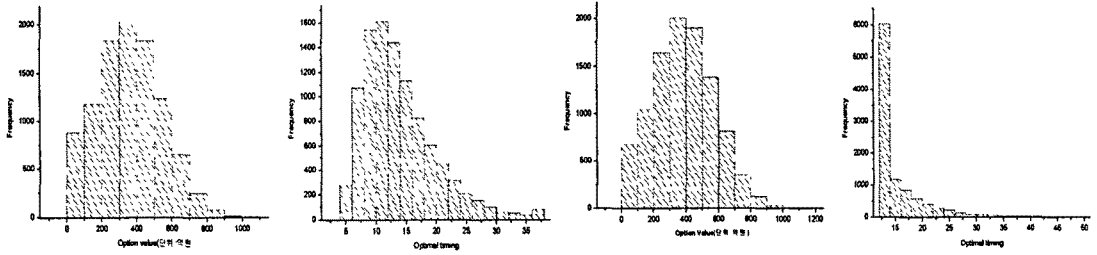
<표 17>의 결과에서 보는 것처럼 시뮬레이션 결과 생성된 10년 뒤의 가입자수는 원자료의 수치보다 조금씩 상회하는 결과를 가져왔지만, 대략 비슷한 수준인 것을 알 수 있다. 대체적으로 가입자의 상승추세가 가파를수록 최적행사시점이 앞당겨지고 옵션의 가치 또한 증가한다. 또한 첫 번째 모형에서 답하고자 했던 기술표준의 문제에 관해서는 사업자 이윤 극대화의 관점에서 볼 때, 네 가지 경우 모두 국산기술표준이 선택됨을 알 수 있다. 각각의 안에 대해서 외국기술표준 채택시와 국산기술표준 채택시의 결과를 비교해 보면, 국산기술의 경우 외국기술보다 1년이 늦은 2005년 말(즉, 13기)부터 상용화가 가능한 것으로 설정하였음에도 불구하고 최적 상용화 시점은 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이는 기술개발 상황보다는 시장의 전개상황이 상용화 시점에 더 큰 영향을 주고 있는 것으로 해석 가능하다. <표 17>에 제시된 옵션의 가치와 최적상용화 시점을 각각의 안에 대해서 도식화한 결과는 다음과 같다.



[그림 6] RAPA안의 경우 옵션가치와 최적시점
(좌: 외국기술표준의 경우, 우: 국내기술표준의 경우)

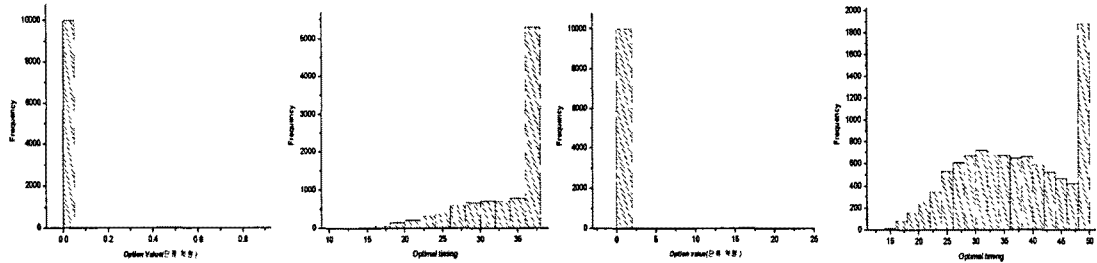
* 최적시점 결과의 수치는 주파수가 분배되는 2004년 말을 1기로 봤을 때 월별로 1씩 더해나간 결과이다. 즉, timing이 13이라면 주파수 분배 이후 1년이 지난 뒤에 사업화하는 것이 옵션가치를 극대화한다는 것이다.

** 옵션가치 계산시 무위험이자율로는 3년만기 국제이자율의 2003년 1월~10월까지의 평균값인 4.50%를 사용했다.



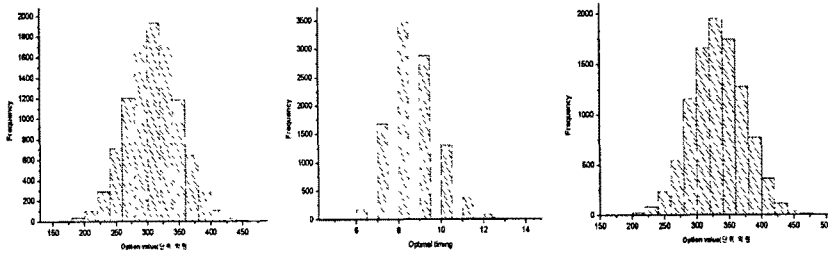
[그림 7] KISDI낙관안의 경우 옵션가치와 최적시점
(좌: 외국기술표준의 경우, 우: 국내기술표준의 경우)

RAPA안의 경우에는 시뮬레이션 결과 수치적인 이유로 옵션가치가 음인 경우가 더러 있어서 옵션가치의 분포가 대칭적이지 않지만(이론상 옵션의 가치는 음이 될 수 없으므로 이런 경우에는 0이 된다), KISDI 낙관안의 경우에는 옵션의 가치가 대략 대칭적인 분포를 보인다. 최적 행사시점은 외국기술 표준의 경우 평균값을 중심으로 넓게 퍼져있지만, 국내기술 표준의 경우에는 상용화가 가능해지는 2005년 말 근처에 대부분의 시뮬레이션 결과가 집중되어 있다.



[그림 8] KISDI비관안의 경우 옵션가치와 최적시점
(좌: 외국기술표준의 경우, 우: 국내기술표준의 경우)

KISDI 비관안의 경우에는 기술표준과 무관하게 대부분의 경우 옵션의 가치가 0으로 나왔다. 따라서 행사시점도 옵션의 만기시점 부근에 집중적으로 분포되어 있는 것을 볼 수 있다. <표 17>에서 보는 것처럼 옵션의 가치도 수백만원 수준에 불과하므로, KISDI 비관안처럼 시장이 전개될 것으로 예상되는 경우에는 사업자를 줄여서 각 사업 자당 확보할 수 있는 가입자의 수를 늘려주지 않는 한 휴대인터넷 사업은 별다른 수익원이 되지 못할 것으로 보인다.



[그림 9] ETRI안의 경우 옵션가치와 최적시점(좌: 외국기술표준의 경우, 우: 국내기술표준의 경우)

마지막으로 ETRI안의 경우 옵션의 가치가 모두 양으로 나타나서 평균값 주위로 대칭적인 분포를 보이고 있다. 또한 최적 사업화 시점도 외국기술의 경우 6~13기의 구간에 모든 시뮬레이션 결과가 포함되고, 국산기술의 경우에는 10000번의 시뮬레이션 결과 모두 13기가 최적 행사시점으로 나타났다.

3.2 파급효과 극대화를 위한 최적사업화시점

3.2.1 파급효과의 확률과정 추정

파급효과의 확률과정을 규명하고 추정하는 과정은 첫번째 모형에서 휴대인터넷 가입자수에 대한 확률과정을 추정했던 과정과 동일하다. 앞서 밝힌 바와 같이 파급효과 액수는 ETRI에서 발표한 자료를 사용하기로 했는데, 2004년부터 2009까지의 연도별 자료를 이용하여 확률과정을 규명, 추정한 뒤 시뮬레이션을 통해 월별 자료를 생성해 냈다. 이렇게 생성된 자료는 곧 실물옵션의 기초자산이 되므로, 두 번째 모형의 분석 과정은 첫 번째 모형의 분석과정에 비해서 간단하게 이루어진다. 다음의 <표 18>에서 보는 것처럼 파급효과의 경우에는 80%의 신뢰수준에서도 8개의 확률과정이 모두 기각되지 않는다. 이는 추정에 사용한 자료가 6개에 불과해서 각각의 확률과정이 대표하는 특색들을 드러내기에는 너무 짧은 기간인 탓이다. 본 연구에서는 p-value값이 가장 높은 Vasicek 모형을 선택하였다.

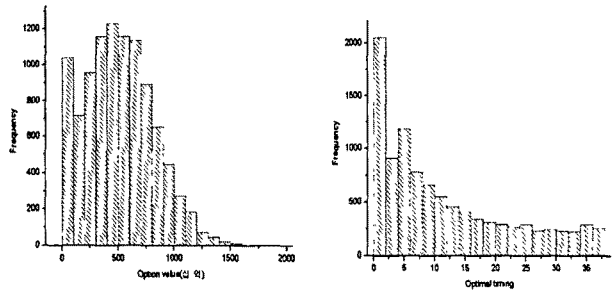
<표 18> 파급효과 확률과정의 추정결과

Model	α	β	σ	γ	χ^2 test	d.f.
Merton	69.8274	0	25.2298	0	2.2673 (0.3219)	2
Vasicek	105.4798	-0.1124	-21.0618	0	0.0157 (0.9004)	1
CIR SR	96.0945	-0.0616	1.3546	0.5	0.2970 (0.5858)	1
Dothan	0	0	0.2080	1	3.9762 (0.2640)	3
GBM	0	0.1617	0.2862	1	1.7388 (0.4192)	2
B-S	91.4900	-0.0369	0.0832	1	0.6116 (0.4342)	1
CIR VR	0	0	0.0105	1.5	3.8977 (0.2727)	3
CEV	0	0.1981	718.7048	-0.5197	1.4417 (0.2299)	1

3.2.2 실물옵션 가격의 계산

2004년 말부터 2014년 말까지 총 10년간의 월별 파급효과 자료가 생성되면, 이는 곧 기초자산의 시간 경로가 되는데, 마찬가지로 각각의 경로에 대해서 옵션의 가치와 최적 행사시점을 구한 뒤에, 이러한 시뮬레이션 과정을 10,000씩 반복하고 이들의 평균 값을 결과로서 제시하였다. 마찬가지로 사업자가 부담하는 초기 상용화비용이 8000억 인 경우에 대해서 분석하였다. <표 19>의 결과와 같이 국민경제적 관점에서 파급효과를 극대화하는 상업화의 시기는 대략 주파수 할당 후 1년이 지난 2005년 말쯤인 것으로 나타났다. 한편 불확실성의 가치를 고려했을 때 파급효과의 2004년 말 가치는 5조에 달하는 것을 알 수 있다.

최적시점	옵션가치
11.548	5조 552억원

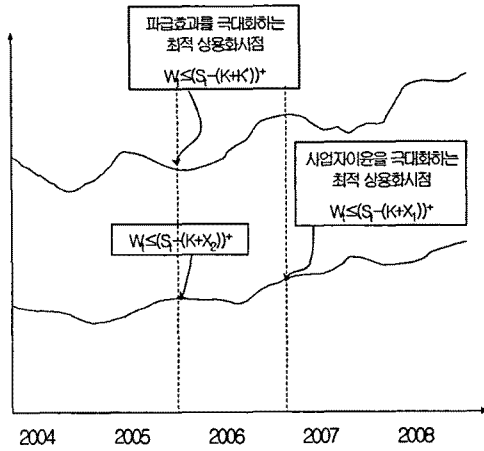


<표 19> 최적사업화 시기와 옵션의 가치 [그림 10] 파급효과가 기초자산인 경우 옵션가치와 최적시점

[그림 10]을 보면 최적 행사시점의 평균값이 11.55였던 것과는 달리 시뮬레이션 결과 가장 많은 빈도수를 보이는 것은 시점 0근처임을 알 수 있다. 좀더 신뢰성이 있는 추정치를 얻기 위해서는, 확률과정을 추정하는 데에 사용되는 데이터의 수를 늘려야 할 것이다.

3.3 주파수 할당 대가

다음에 보여질 [그림 12]는 편의상 [그림 5]를 그대로 가져온 것이다. 주파수가 배분 되면 이를 할당받는 사업자는 할당에 대한 대가를 치루게 되는데 이는 그림에서 X 로 표현되어 있다. 이러한 주파수 할당에 대한 대가는 사업자의 입장에서는 일종의 초기 투자비용인 셈이므로, 실제로 사업자는 $K+X$ 를 행사비용으로 생각할 것이다. 사업자의 이윤을 극대화하기 위한 최적행사시점과 파급효과를 극대화하기 위한 최적행사시점을 일치시킨다는 모델 설정 하에, X_2 의 값을 구하는 방법은 분석모형 개요에서 설명한 바와 같다.



[그림 12] 세 번째 모형의 도식화

다음 장의 민감도 분석에서 살펴보겠지만, 행사비용이 커지면 커질수록 최적 행사시점은 늦춰진다. 따라서 사업자 입장에서의 최적 행사시점을 정부 입장에서의 최적 행사시점까지 당겨오기 위해서는 주파수할당의 대가에 대한 부담을 줄여줘야 한다. 그러므로 두 시점이 일치할 때의 주파수 할당 대가는 일종의 상한가인 셈이다.

<표 20> 주파수 할당대가의 변화에 따른 최적 행사시점과 옵션가치* <표 20>의 결과는 주파수 할당대가지고 고려했을 때 다른 최적 행사시점과 옵션가치* 사업자입장에서의 최적 행사시점과 옵션가치이다. 두 번째 모형에서의 분석결과에 따르면 주파수 할당대가 행사시점 옵션가치 치이다. 정부입장에서의 최적 행사 시점은 11.548이었는데, 사업자입장에서의 최저행사시점을 이와 일치시키는 주파수할당대가는 대략 2900억 정도임을 알 수 있다. 정부는 휴대인터넷 사업으로 인한 국민경제적 파급효과를 극대화하고자 한다면, 주파수할당대가를 2900 억원 이하로 조정해야 할 것이다.

3.4 민감도 분석

이번 장에서는 앞서의 결과분석에서 8000억원으로 가정했던 행사가격을 6000억, 7000억, 9000억, 1조원으로 변화시켜가면서, 분석결과가 어떻게 변화하는지를 알아보고 한다. <표 21>~<표 24>은 사업자의 이윤을 기초자산으로 했을 경우, 행사가격의 변화에 따른 최적 행사시점과 옵션가치를 정리한 결과이다.

* <표 21>은 파급효과에 관한 데이터를 ETRI안에서 가져왔기 때문에, 일관성 있는 비교를 위하여 첫 번째 모형에서의 ETRI안만을 가지고 분석한 결과이다.

<표 21> 행사가격이 6000억원인 경우

	외국기술 표준		국산기술 표준	
	행사 시점	옵션가치	행사 시점	옵션가치
RAPA	13	6,963억원	17	7,289억원
KISDI낙관	11	5,465억원	14	5,734억원
KISDI비관	27	13억원	28	19억원
ETRI	7	5,053억원	13	5,248억원

<표 22> 행사가격이 7000억

	외국기술 표준		국산기술 표준	
	행사 시점	옵션가치	행사 시점	옵션가치
RAPA	15	5,970억원	18	6,283억원
KISDI낙관	12	4,550억원	15	4,775억원
KISDI비관	30	3,666만원	32	8,093만원
ETRI	7	4,072억원	13	4,289억원

<표 23> 행사가격이 9000억원인 경우

	외국기술 표준		국산기술 표준	
	행사 시점	옵션가치	행사 시점	옵션가치
RAPA	18	4,291억원	20	4,535억원
KISDI낙관	15	2,667억원	16	2,933억원
KISDI비관	34	0	39	0
ETRI	10	2,126억원	13	2,379억원

<표 24> 행사가격이 1조인 경우

	외국기술 표준		국산기술 표준	
	행사 시점	옵션가치	행사 시점	옵션가치
RAPA	19	3,437억원	21	3,791억원
KISDI낙관	16	1,845억원	17	2,082억원
KISDI비관	35	0	42	0
ETRI	11	1,155억원	13	1,424억원

행사가격이 6000억원에서 1조원까지 변화할 때, 모든 경우 외국기술 표준보다 국내 기술 표준 채택시 옵션의 가치가 더 크게 나타났다. 즉, 행사가격이 달라져도 사업자의 이윤을 극대화하는 기술표준은 국내기술인 것으로 나타났다. 따라서 기술표준에 관련된 문제는 행사가격을 8000억으로 가정한 것과 무관하다고 하겠다.

다음으로 행사가격이 증가할수록 옵션의 가치는 감소하는데 다만, 행사가격의 증가 폭인 1000억보다는 그 감소분이 작다. 또한 행사가격이 증가할수록 최적행사시점이 늦춰지는 것 역시 직관에 부합하는 결과로, 행사가격이 6000억에서 1조원으로 변화할 때 KISDI 비관안을 제외하면 최적 행사시점이 최대 6개월 정도 늦춰지는 것으로 나타났다.

<표 25> 파급효과가 기초자산일 때 두 번째 모형에 대해서는 행사가격이 변화해도 큰

행사가격	timing	option value
6000억원	11.4334	5조 2,663억원
8000억원	11.548	5조 552억원
1조원	11.6951	4조 8618억원

차이를 보이지 않은 결과를 감안하여, 행사가격이 6000억, 8000억, 1조원인 경우의 3가지에 대해서만

민감도 분석 결과를 제시 하고 있다. 우선 행사가격이 변화할 때 파급효과가 기초자산인 경우 마찬가지로 옵션의 가치는 행사가격이 증가함에 따라 행사가격의 증가폭만큼 감소하고 있다. 반면 최적 행사시점은 거의 변화하지 않는다. 정부 입장에서의 최적 상용화시점이 주파수 할당 후 1년쯤 뒤가 된다는 앞서의 분석결과와는 행사가격이 달라져도 변함없다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문은 휴대인터넷 용도 2.3GHz 대역과 관련하여 정부가 당면하고 있는 과제들에 대해서 실증분석을 통해 해답을 제시하고자 하였다. 구체적으로 정부의 정책수립이 요구되고 있는 4가지의 이슈는 기술표준의 선정, 사업화의 시기, 사업자의 선정, 출연금의 액수와 관련된 문제들인데 본 논문에서의 분석결과는 사업자의 선정을 제외한 3가지의 문제에 대해서 어느 정도의 시사점을 줄 수 있을 것으로 생각한다. 모든 문제에 대한 접근방법은 기본적으로, 주파수 관리의 경제적 효율성을 극대화시키는 방향으로 초점이 맞춰져 있음을 다시 한 번 밝혀둔다.

본문에서는 자료수집의 한계로 인하여 기술표준 문제와 관련하여서는 사업자의 입장에서만 평가를 하였다. 다양한 휴대인터넷 시장전망에 대해서 외국기술이 표준으로 채택되었을 경우와 국내기술이 표준으로 채택되었을 경우의 옵션가치를 비교한 결과, 모든 경우 국내기술이 더 높은 옵션가치를 가져다줄 수 있었다. 즉, 휴대인터넷 사업으로 인한 이윤을 극대화하고자 하는 사업자의 입장에서는 국내기술이 표준으로 채택되는 것이 더 유용하다는 것이다. 자료수집이 용이하다면 기술표준의 문제 역시, 정부의 입장에서 접근하는 것이 공공재인 주파수이용의 경제적 효율성을 높인다는 측면에서 더 타당할 것이다. 즉 두 번째 모형에서의 파급효과를 기술표준별로 차별화시켜서 구할 수 있다면 이들 각각을 기초자산으로 삼아 옵션가치를 구하고, 첫 번째 모형에서와 마찬가지로 더 큰 옵션가치를 가져다주는 기술표준이 바람직하다는 결론을 내리는 것이다. 아울러 본 논문은 정책당국이 주파수 대역과 관련된 정책을 집행하고자 할 때, 정책의 목표가 어디에 있느냐에 따라서 그 결과가 달라질 수 있음에 주목하였다. 본 연구에서 사용했던 파급효과의 개념만이 아니라 정부가 극대화하고자 하는 가치개념을 새로이 정의한다면, 새로운 개념을 기초자산으로 삼아 동일한 분석을 수행하여 최적의 사업화 시점 및 기술표준 문제 등에 대해서 답을 얻을 수 있을 것이다.

다음으로 2004년 말 주파수 배분이 이루어진 이후, 정부의 입장에서 휴대인터넷 상용화서비스가 제공되어야 하는 최적의 시점은 1년 정도가 지난 2005년 말인 것으로 나타났다. 따라서 조기상용화로 인한 여러 가지 편익들을 근거로 하여 외국기술을 선도입하자는 주장에는 별로 타당성이 없음을 시사한다. 첫 번째 모형과 두 번째 모형에서 얻어진 옵션가치를 보면, 사업자의 이윤을 기초자산으로 하는 경우 KISDI 비관안을 제외하면 대략 3000억~5000억원 수준이고 파급효과를 기초자산으로 하는 경우 5조원을 상회하는 것으로 나타났다. Boyle et. al. (1997), Brodie et. al. (1997), Garcia (2003)에 의하면 본 논문에서와 같이 시뮬레이션을 통해 아메리칸 옵션의 가치를 구하는 경우 실제 옵션가치를 과대평가하게 된다. 따라서 옵션가치와 관련된 분석결과에 대해서 수치 자체에는 큰 의미를 둘 수 없을 것으로 보인다. 하지만 Boyle et. al.

(1997)에 의하면 다양한 종류의 추정량 가운데서 옵션가치에 대한 불편추정량은 없는 것으로 알려져 있고, 다만 Boyle et. al. (1997), Broadie et. al. (1997), Garcia (2003)에서 옵션가치에 대한 신뢰구간을 제시하고 있다.

옵션가치 자체에는 편의가 있을 수 있으나, 세 번째 모형에서 얻어진 주파수 할당대가는 이러한 편의에서 좀더 자유로울 것으로 보인다. 주파수 할당대가는 앞서 두 모형에서 얻어진 최적 행사시점을 일치시키는 과정에서 얻어지므로, 두 모형에서의 결과가 모두 upward-bias를 가지고 있다면 이러한 편의는 어느 정도 상쇄될 것으로 기대되기 때문이다. 국민경제적 입장에서 파급효과를 극대화하는 사업화 시기가 사업자에 의해서 자발적으로 선택되도록 하기 위해서는 행사가격이 1조인 경우 1000억원, 행사가격이 8000억원인 경우 2900억원, 행사가격이 6000억원인 경우 4800억원을 넘어서는 안되는 것으로 나타났다.

위에서 지적했던 몇가지 분석결과의 한계 및 향후과제들이 본 연구에서 제시한 분석모형의 유용성을 부정하는 것은 아니다. 본 논문은 실물옵션법을 적용하여 주파수의 가치평가를 시도했다는 점과, 단순히 가치평가를 넘어서 정부의 입장에서 주파수관리 정책과 관련된 다양한 문제들에 대해 해답을 제시하고자 했다는 점에서 충분한 의의를 지닌다고 하겠다.

참고문헌

- * 김상춘, 『휴대인터넷사업의 국민경제적 파급효과 분석』, 한국전자통신연구원 정보화기술동향 분석, 제9권, 제10호, 2003, pp. 8-13
- * 김수현, 임광선, 김한주, 오완근, 『국내 CDMA 이동통신산업의 경제적 파급효과 분석』, IITA IT정보단 연구보고서, 2000
- * 박동욱, 『주파수경매의 이론 및 사례분석』, 정보통신정책연구원보고서, 2002
- * 박진우, 『이동통신시장의 진화과정에 대한 정성적접근: 전환비용 중심으로』, 정보통신정책연구원 정보통신정책연구, 제9권, 제1호, 2002, pp.55-94
- * 배기수, 김택식, 『휴대인터넷 시스템 요구 대역폭 분석』, 한국전자통신연구원 정보화기술동향분석, 2003, pp. 16-24
- * 변상규, 김한주, 『2002년 국내 이동통신 산업 실적분석』, IITA IT정보단 연구보고서, 2003
- * 변상규, 김한주, 김태유, 『수출주도형 성장전략과 1990년대 산업 발전요인: 이동전화 산업을 중심으로』, 정보통신정책학회지 정보통신정책연구, Vol.9, No.2, 2002, pp. 115-141
- * 신승식, 『조건부가치측정법을 이용한 네트워크편익의 추정』, 한국경제학회학술발표자료, 1998
- * 이종화, 『옵션개념을 적용한 신규통신사업의 사업가치 평가모형에 관한 연구: IMT-2000 사례를 중심으로』, 한국과학기술원 통신경영 석사논문, 2000
- * 이홍재, 문석웅, 김용규, 박진현, 윤두영, 『통신서비스산업의 경제적 파급효과』, 정보통신정책연구원 연구보고서, 2002
- * 임상백, 『리얼옵션 접근법을 이용한 주파수 대역의 가치평가에 관한 연구』, 서울대학교 대학

원 산업공학과 공학석사학위논문, 2003

- * 최계영, 정시연, 홍동표, 『정보통신산업의 산업연관분석』, 정보통신정책연구원 정보사회연구 2001 가을, 2001, pp. 59-88
- * 홍동표, 정시연, 『산업연관 분석을 이용한 정보통신산업의 국민경제적 기여도 분석 (1985~1995)』, 정보통신정책연구원 정보통신정책 ISSUE, 제10권 12호 통권 10호, 1998, pp. 1-53
- * Boyle, P., Broadie, M., Glasserman, P., *Monte Carlo methods for security pricing*, Journal of Economic Dynamics and Control 21, 1997, pp. 1267-1321
- * Broadie, M., Glasserman, P., *Pricing American-style securities using simulation*, Journal of Economic Dynamics and Control 21, 1997, pp. 1323-1352
- * Chan, K.C., G. Andrew Karolyi, Francis A. Longstaff, and Anthony B. Sanders., *An Empirical comparison of alternative models of short-term interest rate*, Journal of Finance 47, 1992, pp. 1209-1228
- * Copeland, E.T., Antikarov, V., *Real Options: A practitioners' guide*, TEXERE, 2001
- * Doyle, C., McShane, P., *On the design and implementation of the GSM auction in Nigeria-the World's first ascending clock spectrum auction*, Telecommunications Policy, 2003
- * Garcia, D., *Convergence and Biases of Monte Carlo estimates of American option prices using a parametric exercise rule*, Journal of Economic Dynamics and Control 27, 2003, pp. 1955-1879
- * Grunwald, A., *Riding the US wave: spectrum auctions in the digital age*, Telecommunications Policy, 2001
- * Jain, R.S., *Spectrum auctions in India: lessons from experience*, Telecommunications Policy, 2001
- * McMillan, J., *Selling Spectrum Rights*, Journal of Economic Perspectives, Vol.8, Issue.3, Summer 1994, pp. 145-162
- * Trigeorgis, Lenos., *Real Options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*, The MIT Press, 1996
- * Yoo, S.H., Kim, J.S., Kim, T.Y., *Value-focused thinking about strategic management of radio spectrrum for mobile communications in Korea*, Telecommunications Policy, 2001