# 실물옵션과 게임이론적 접근을 통한 차세대 방송, 통신 서비스 주파수 대역 가치평가

유태호*·정종욱*·이정동**·전일환***
서울대학교 기술정책 대학원 박사과정*
서울대학교 기술정책 대학원 부교수**
서울대학교 기술정책 대학원 석사과정***
lyootae@snu.ac.kr

# Spectrum Valuation Using Real Options and Game Theoretic Approach: The case of Future Broadcast, Telecommunication Service

Tae-Ho Lyoo*, Jong-Wook Jeong*, Jeong-Dong Lee**, Il-Hwan Jeon***
Techno-Economics & Policy Program, Seoul National University, Ph.D. Candidate*
Techno-Economics & Policy Program, Seoul National University, Associate Professor**
Techno-Economics & Policy Program, Seoul National University, Master Candidate***

## 1. 서 론

최근 들어 전파 전파 산업 서비스에 대한 수요 증가와 연구 개발 투자 확대로 인해 전파 산업 관련 기술이 급속한 속도로 발전하고 있고, IMT-2000, 무선 LAN, 휴대 인터넷, DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 등 다양한 경쟁 서비스가 출현하면서 서비스 시장의 경쟁은 날로 심화되고 있다. 전파 산업의 영향력도 점차 확대되어 이제는 단순히 정보 통신 서비스에만 영향을 미치는 것이 아니라 교통, 의료, 과학, 치안에 이르기까지 국민 생활 전 영역으로 확대되고 있는 실정이다. 이처럼 전파이용의 기술 및 시장 환경이 급격히 변화하였고 이동통신 및 방송 서비스 기술의 성장과 더불어 주파수에 대한 수요가 급증하면서 전파자원은 희소성 및 경쟁적 수요를 가진 경제재로 인식되기 시작했다. 따라서 전파 산업의 발전을 위해서 반드시 필요한 생산 요소인 주파수를 어떻게 효율적으로 배분할 것인가에 대한 연구가 최근 전파관리정책에서 중요한 이슈가 되고 있다.

과거 전파 관리는 전파자원의 물리적 특성과 혼신이나 간섭방지 등 기술적 문제를 해결하는 것을 주요 목적으로 하였기 때문에 경제적 접근방식이 아닌 기술적 접근 방식을 위주로 하였다. 그러나 이제는 기술적인 접근만으로 주파수 정책을 수립하는 것이 아니라 희소한 주파수 자원을 어떻게 효율적으로 배분할 것인가에 대한 문제제기를 통해, 경제적 접근 방법으로 주파수 정책을 수립해 나가야 할 시점이다.

본 논문에서는 효율적 주파수 정책 수립을 위해 필요한 경제적 접근 방법을 실물옵션과 게임이론 방법론을 통해서 제시하고자 하였으며 실증 연구로서 현재 추진 중인 위성 DMB 서비스에 대해서 적용시켜보았다. 실증연구 분석 결과 일정 기간 동안 위성 DMB 서비스 후발기업을 시장에 참여할 수 있게 하는 정책을 구사함으로써 사회적 후생을 극대화 시킬 수 있다는 것을 구체적인 값을 통해 나타내었고, 위성 DMB서비스 주파수 대역의 가치를 서비스 제공 기업의 가치로 근사시켜 선두 기업에게 부과할 수 있는 주파수 대역 가치를 제시하였다.

이후 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 주파수 정책과 관련한 새로운 패러다임을 언급한 뒤, 3장에서 모델을 제시하고, 4장에서는 제시된 모델을 이용한 실증연구를, 마지막 5장에서는 새로운 패러다임 하에서 제시된 본 연구의 모델이 가지는 정책적 시사점에 대해서 언급하기로 한다.

## 2. 새로운 주파수 정책 패러다임 정립

### 2-1 기존 주파수 정책의 문제점

앞선 절에서 잠시 언급 하였듯이 지금까지의 주파수 정책은 기술적 접근 방식을 근간으로 하였다. 그러나 이동통신 산업 및 방송 산업의 급속한 확장에 따른 주파수 관련 산업의 괄목할만한 성장은 주파수 정책에 있어서의 접근 방식을 변화하게 만들었다. 이제는 기술적인 접근만으로 주파수 정책을 수립하는 것이 아니라 희소한 주파수 자원을 어떻게 효율적으로 배분할 것인가에 대한 고찰을 바탕으로 경제적 접근 방법으로 주파수 정책을 수립해 나가야 한다.

또한 현재까지의 주파수 정책 접근법은 전파자원의 관리라는 측면이 부족했기에 관련 서비스 산업에 대한 심각한 고찰 없이 진해되어 온 것이 사실이다. 이러한 상황 하에서 주파수 이용 계획의 예측 미비로 인한 방송 이동 통신 산업에 대한 사전 주파수 확보 미비라는 문제점이 노출되기도 했고, 제대로 된 수요 예측의 부재는 국가 경쟁력을 떨어뜨리는 결과를 가져오게 되었다. 주파수 정책 수립에 앞서 주파수 관련 서비스 산업에 대한 기술적, 경제적 분석을 토대로 주파수 대역을 할당하는 맞춤식 주파수 정책이 필요한 시점이다.

또 하나의 중요한 문제점으로 주파수에 대한 소유권 문제를 제기할 수 있다. 주파수 자원이 지니고 있는 공공재화적인 성격으로 인해 주파수자원은 정부에서 관리하는 방식을 취하여왔다. 물론 공공재화적 성격을 가지고 있기에 정부의 역할을 배제시킬 수는 없을 것이다. 그러나 지나친 정부 집중적 주파수 관리 정책은 전파산업 관련 기업이 주파수를 획득하고 난 후에 비록 그 주파수 대역을 효율적으로 쓸 필요도, 쓸 능력도 없음에도 불구하고 주파수대역을 쉽사리 버리지 못한다는 것이다. 이는 주파수를 획득하기가 매우 어렵기 때문에 나오는 병폐인 것이다. 이러다 보니 주파수 대역의 비효율적 사용 문제가 불거져 나오는 것이다. 시대가 바뀌고 산업 특성이 바뀜에 따라 굳이 주파수 자원이 공공재적 성격만을 가지고 있는가에 대해서도 고민해 봐야 할 이 시점에 주파수 자원의 관리 체계에 대해서 획기적인 전환이 있어야 할 것이다.

마지막으로 현 주파수 정책을 가지고서는 제대로 된 주파수 대역 가치 산정이 어렵다. 현재까지의 주파수 대역 가치 산정은 비용 측면에서의 접근해 왔는데, 비용차원에서 접근한 가치산정을 가지고는 주파수 대역의 효율성을 극대화하기 힘들 것이다. 관련 전파 산업이 향후에 어떤 불확실성을 가질 수 있으며, 대체재나 보완재의 관계에 있는 서비스가 언제 어떤 형태로 등장 할 수 있는가 등에 대한 고찰을 통해 보다 현실 설명력 높은 접근 방법을 통해 주파수 대역의가치평가를 수행해 나가야 할 것이다. 제대로 된 주파수 대역 가치산정은 주파수 관련 산업의 경쟁력을 높여줄 것이고, 주파수 자원을 시장 경제 구도로 해석할 수 있기에 사회적 후생도 극대화 될 수 있을 것이다.

[표 2.1] 현 주파수 정책의 문제점

| | 현주파수정책의 문제점 |
|---|---|
| 접근방법 | ► 간섭현상의 방지 등의 기술적 접근 |
| 전파산업측면 | ► 주파수 관련 전파 산업의 특성과 서비스 성격에 대한 면밀한 고찰을 통한 정책 수립의 부재 |
| 관리체계 | ► 주파수 획득의 어려움으로 인한 주파수 대역의 비효율적 이용 |
| 주파수 가치산정 | ► 합리적 주파수 가치 산정을 위한 방법론의 부재<br>► 주파수 자원의 시장 논리 적용의 어려움 대두 |

## 2-2 새로운 주파수 정책의 패러다임

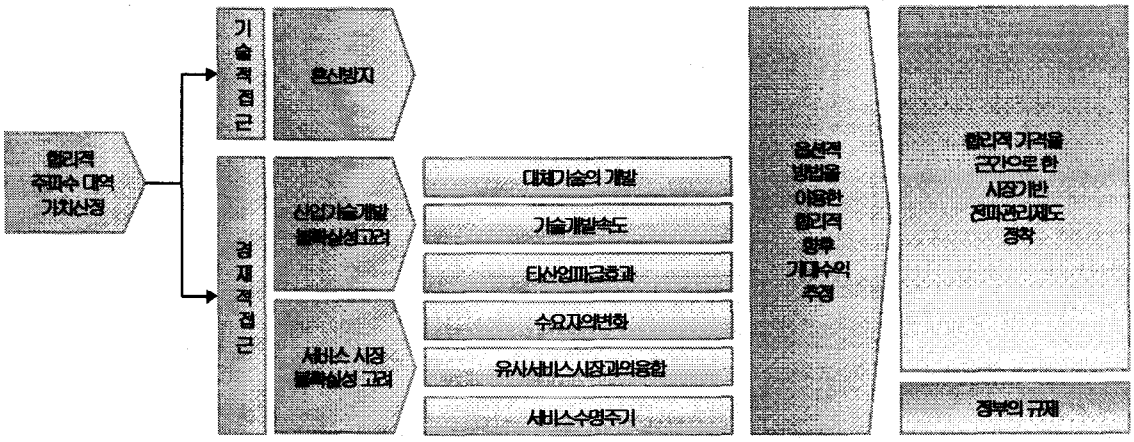
앞서 언급한 바와 같이 현 주파수 정책을 가지고는 미래 방송 통신 서비스 산업을 통한 국가 경쟁력 제고를 달성하기 쉽지 않을 것이다. 이러한 시점에서 주파수 정책에 대한 새로운 패러다임을 제시하고 이를 근간으로 주파수 정책을 수립해 나가는 일이 필요하리라 본다. 새로운 패러다임은 주파수 산업을 통한 국가 경쟁력 제고에 이바지 하고, 합리적인 주파수 대역 가치 산정을 통해 주파수 이용의 효율성을 극대화 하는데 근간이 되어야 할 것이다.

새로운 패러다임에 대한 상세한 언급을 하기에 앞서 주파수 자원이 가지고 있는 속성을 다시 한번 더 살펴볼 필요가 있다. 주파수를 사용하는 입장에서는 여러 옵션을 가지게 된 경우로 간주할 수 있을 것이다. 즉 주파수를 획득한 입장에서는 해당 주파수 관련 기술의 불확실성을 따지면서, 해당 서비스의 시장 전망을 예측하면서 서비스 기술을 개발할 것인지, 서비스 제공 시기를 늦출 것인지, 새로운 서비스로 바꾸어서 해당 주파수를 이용할 것이지 등을 따지게 될 것이다. 여기서 서비스 기술을 개발할지 말지의 여부는 포기옵션으로, 서비스 제공 시기의 연기는 연기 옵션으

로, 새로운 서비스로 바꾸어서 해당 주파수를 이용하는 경우는 스위칭 옵션이라 간주할 수 있을 것이다. 이러한 옵션적 성격을 띠고 있는 주파수 자원에 대한 가치를 산정함에 있어서 최근 각광을 받고 있는 실물 옵션 접근법을 이용하여 주파수 대역 가치산정을 한다는 것은 합리적인 가치를 산정하는 일이라 할 수 있다.

이러한 옵션적 특성을 가지고 있는 주파수 자원에 대해서 실물 옵션법을 적용하는 것은 주파수 정책에 있어 기술적 접근법에서 벗어나 경제적 접근법으로 가기 위한 교두보 역할을 해 줄 수 있을 것이다. 가령 예를 들면, 해당 서비스와 관련된 여러 종의 서비스들을 함께 고려하면서 최적 주파수 할당 포트폴리오를 제시해 주파수 대역의 이용 효율성을 극대화 할 수 있을 것이다. 또한 이미 주파수 기반 서비스를 위한 수요가 급속히 증가하고 있는 이러한 시점에서 동일 주파수 내에 여러 서비스를 허가해 주는 정책변화 등을 고려하는 경우에도 이러한 실물옵션법은 유용한 툴로 자리매김 할 수 있을 것이다.

그리고 이러한 새로운 패러다임은 실물옵션법을 적용시킬 경우 그 유용성을 더욱 배가시킬 수 있을 것이다. 아래 그림에 실물옵션과 새로운 패러다임의 관계를 나타내어 보았다.




<그림 2.1> 실물옵션법과 새로운 패러다임의 조화

위에서 살펴본 것처럼 실물옵션법을 통해서 새로운 패러다임을 구비할 수 있을 것이며, 이를 통해 주파수 정책의 효율성을 제고할 수 있을 것이다.

[표 2.2] 실물옵션법 기반의 새로운 패러다임하의 정책수립

| | 기존 패러다임 정책수립 | 실물옵션법 기반의 새로운 패러다임 정책 수립 |
|---|---|---|
| 접근방법 | 기술적 접근 중심 | 해당 서비스의 경제성 분석을 통한 정책 수립 |
| 전파산업측면 | 관련 산업 분석 미비 | 관련 산업 분석을 접목한 주파수 할당 |
| 관리체계 | 정부 주도 | 합당한 가치 도출을 통한<br>주파수 자원 배분을 위한 (가상)시장 구축 |
| 주파수 가치산정 | 비용 측면 접근 | 미래 잉여가치 도출을 통한 가치 산정 |

이러한 새로운 패러다임을 이용해 주파수 사용에 있어서 최대한의 융통성을 부여하여 주파수 관리자나 이용자로 하여금 각자의 권리를 보장해주고 주파수 사용의 최대 효율성을 이끌어 낼 수도 있을 것이다. 또한 새로운 패러다임의 근간이 되는 실물옵션법의 도입은 주파수 권리를 분할, 임대, 양도 할 수 있는 게기를 마련해 아직까지 우리나라에 제대로 자리 잡혀 있지 않은 2차 시장의 성립을 가능하게 할 수 있을 것이다. 또한 주파수 제도에 유연성을 부여함으로써 일정 기간마다 기존의 제도의 장단점을 찾아내고 새로운 제도가 필요할 경우 당시 상황에 맞는 맞춤식 제도를 수립함으로써 효율적이며 신뢰성 있는 정책 수립 메커니즘이 자리 잡힐 수 있을 것이다.

## 3. 분석 모델

### 3-1 기업관점

우선 본 장의 모델[1]에서는 두개의 기업에 대해서 한정해서 살펴보기로 한다. 두개의 기업은 특성이 서로 다른(non-homogenous)기업이고, 이는 두개의 기업이 가지고 있는 운전비용이 서로 다르기 때문에 기인한다. 이러한 점으로 인해 한 기업은 다른 경쟁 기업에 대해서 경쟁우위(competitive advantage)를 가질 수 있다. 수요함수는 선형역수요함수로 나타내었고 꾸르노 경쟁에 의해서 제품생산량이 결정된다고 가정한다. 그리고 기업들은 위험 기피적이고, 할인율은 $r$ 이고, 새로운 서비스를 도입하기 위한 매몰 비용은 I로 서로 동일하다고 가정한다.

기업 i 의 이윤은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = YD(Q) \tag{1}$$

여기서 Y(t) 는 geometric Brownian motion process를 따른다고 가정한다. 즉 다음과 같다.

$$dY(t) = \alpha Y(t)dt + \sigma Y(t)dw(t), \quad Y(0) = y \tag{2}$$

단, y>0, 0<$\alpha$<r, $\sigma$>0, 그리고dw(t)는 평균이 0이고 분산이 dt인 정규분포를 따르는 Wiener process를 따른다.

수요함수를 선형함수로 가정한다고 했기에 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = a - bQ \tag{3}$$

여기서 $a>0$, $b>0$, $a>bQ$ 이다.

운전비용이 높은 업체가 후발 업체일 확률이 훨씬 높기에 이들 업체를 후발업체로 가정한다면 후발업체의 역치값(threshold value) $Y_F^{h*}$ [2]는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y_F^{h*} = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}\frac{9b\delta I}{(a - 2c_h + c_l)^2} \tag{4}$$

여기서 $\delta$ 는 dividend yield 이고, $c_h$ 는 운전비용이 큰 업체의 운전비용, $c_l$ 는 운전비용이 작은 업체의 운전비용이고, $\beta_1$ 은 다음과 같은 식에 의해서 구하여 진다.

$$\frac{1}{2}\sigma^2\beta(\beta-1) + (r-\delta)\beta - r = 0 \tag{5}$$

후발업체의 기업가치는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$F_h(Y) = \begin{cases} \left[\frac{(a-2c_h+c_l)^2}{9b}\frac{Y_F^{h*}}{\delta} - I\right]\left(\frac{Y}{Y_F^{h*}}\right)^{\beta_1} & \text{if } Y < Y_F^h \\ \frac{(a-2c_h+c_l)^2}{9b}\frac{Y}{\delta} - I & \text{if } Y \geq Y_F^h \end{cases} \tag{6}$$

그리고 후발업체의 경우 전략적 투자 시점은 아래 식으로 나타내어진다.

$$T_F = \inf(t \mid Y(t) \geq Y_F^{h*}) \tag{7}$$

다음으로 선두업체의 경우를 살펴보자. 운전비용이 낮은 선두업체의 기업 가치는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

---

1) Joaquin & Buttler(2000)

2) 아래첨자 F는 후발업체(follower)임을 의미하고 위첨자 h 는 운전비용이 높은 기업(high cost)를 의미한다.

$$L_l = \begin{cases} \dfrac{(a-c_l)^2}{4b}\dfrac{Y}{\delta} + \left[\dfrac{(a-2c_h+c_l)^2}{9b} - \dfrac{(a-c_l)^2}{4b}\right]\dfrac{Y_F^{h*}}{\delta}\left(\dfrac{Y}{Y_F^{h*}}\right)^{\beta_1} - I & \text{if } Y < Y_F^{h*} \\ \dfrac{(a-2c_h+c_l)^2}{9b}\dfrac{Y}{\delta} - I & \text{if } Y \geq Y_F^{h*} \end{cases} \tag{8}$$

현실적으로 $Y \geq Y_F^{h*}$ 구간에서는 $L_h$ 의 값이 두 기업이 같은 시점에 투자했을 때(simultaneous investment) 기업가치와 동일할 것이다.

선두기업의 투자 시기는 다음과 같은 식을 통해서 구할 수 있다.

$$\min(Y_L^{h*}, Y_M^{l*}) \tag{9}$$

여기서 $Y_L^{h*}$는 $L_h = F_h$ 를 만족시킬 때의 $Y$ 값이다. 그리고 $Y_M^{l*}$는 해당 산업이 독점적 형태를 띠었을 때의 역치값(monopolistic threshold value)을 나타낸다. 부연설명을 하자면 서비스 선점 위협이 없다면 독점기업과 같이 행동했을 때의 역치값인 $Y_M^{l*}$ 시점에서 투자하는 전략을 가질 것이다. 그러나 선점의 위협이 있는 경우에는 한 기업이 $Y_M^{l*}$ 시점에 투자를 하려 한다면 다른 경쟁 기업은 $Y_M^{l*} - \varepsilon$ 시점에서 투자하려 할 것이고, 다시 또 $Y_M^{l*}$ 시점에 투자하려 했던 기업은 $Y_M^{l*} - 2\varepsilon$ 시점에 투자하려 할 것이다. 이런 반복된 게임은 한 기업이 선점에서 얻는 이윤이 없을 때까지 반복될 것이다. 한 기업의 경우 $L_l > F_l$ 일 때 선두기업이 되고자하는 인센티브를 가질 수 있을 것이다. 그러나 운전비용이 작은 기업은 운전비용이 큰 기업이 $L_h > F_h$일 때가 되어서야 투자할 인센티브가 생긴다는 것을 알 수 있기 때문에 운전비용이 작은 기업의 전략은 $L_h = F_h$일 때 투자를 하는 것이다.

### 3-2 사회적 관점[3)]

사회적 효용 분석을 위해 Y에 대한 가정을 앞선 장에서 설명한 것과 동일하게 geometric Brownian motion을 따른다고 하자. Q 는 생산하는 제품의 수라고 하자. 수요함수곡선 아래의 면적을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$YU(Q) = Y\int_0^Q D(q)dq \tag{10}$$

위의 식은 산출물 Q 에 의해 생기는 사회적 효용들의 합들이라 생각해 볼 수 있고, 따라서 $YU'(Q) = YD(Q)$ 는 한계 사회적 효용(marginal social utility)으로 볼 수 있다. t 시점에서의 사회적 효용은 $Y_t U(Q_t)$으로 나타낼 수 있다. 만약 $\Delta Q_t$만큼의 생산을 더 한다면 비용 역시 $I\Delta Q_t$ 만큼 증가할 것이다. 사회적 효용을 관리하는 정책 입안자의 목적함수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\varepsilon\left\{\int_0^\infty Y_t U(Q_t)e^{-\mu t}dt - \sum_t I\Delta Q_t e^{-\pi}\right\} \tag{11}$$

$W(Q,Y)$를 위 함수의 최대값을 나타낸다고 하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$W(Q,Y) = B(Q)Y^{\beta_1} + YU(Q)/\delta \tag{12}$$

$$B'(Q) = -(\beta_1 - 1)^{\beta_1 - 1}\left(\frac{U'(Q)}{\delta}\right)^{\beta_1} I^{1-\beta_1}/\beta_1^{\beta_1} \tag{13}$$

식 (12)에서 첫 번째 항인 $B(Q)Y^{\beta_1}$ 은 생산물을 증가시킬 능력에 대한 가치를 나타내는 것으로

3) Dixit, A.K. and Pindyck, R. S. (1994) 참조

서 확장 옵션 가치라고 볼 수 있다. 그리고 두 번째 항 $YU(Q)/\delta$ 은 지금까지 생산된 것들에서 얻을 수 있는 가치를 의미한다. Value-matching 조건과 smooth-pasting 조건을 이용하여 최적 역치값 $Y(Q)$ 를 구해보면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$Y(Q)U'(Q) = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}\delta I \tag{14}$$

새로운 함수를 도입하여 아래와 같이 나타내면

$$v(Q,Y) = YU'(Q)/\delta \tag{15}$$

$$f(Q,Y) = -B'(Q)Y^{\beta_1} \tag{16}$$

따라서 앞서 언급하였던 $W(Q,Y)$ 은 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\int_0^Q v(q,Y)dq + \int_Q^\infty f(q,Y)dq \tag{17}$$

## 4. 실증분석

### 4-1 시장배경[4)]

제시된 모델을 이용하여 위성 DMB(digital multimedia broadcasting) 서비스에 대해서 분석해 보았다. 국내에서 위성 DMB 사업권 획득 경쟁은 포화상태에 이른 이동전화 보급률과 통신 이용요금에 의한 수익성 한계를 극복하려는 시도의 하나로 거대 이동통신사업체인 AAA기업과 BBB기업의 양강 구도로 전개되고 있다. BBB기업의 경우 2002년 4월 정보통신부를 통해 위성망 국제등록 신청(동경 113도)을 하고 2003년 6월에 개최된 ITU의 세계전파회의(WRC-2003)에서 2063~2630MHz 대역의 주파수를 확보함에 따라 2006년 '코리아샛113(무궁화 5호)'인공위성을 발사하고 2007년부터 상용서비스에 들어갈 절차를 밟고 있다. 그러나 BBB기업의 위성 DMB 사업은 위성망이나 주파수 확보가 AAA기업 보다 뒤늦게 이루어져 AAA기업과의 그랜드 컨소시엄을 구성하지 않는다면 위성체 발사 등의 문제로 인해 서비스도입이 상당히 늦어질 것으로 예측된다. 한편 WRC-2003에서 BBB기업이 확보한 이 주파수 대역에 대해 한국과 일본이 공동으로 사용하도록 승인함에 따라 일본의 ASBC도 2008년 3기의 비정지궤도 위성을 발사하고 이동체 전용의 멀티미디어 서비스를 준비 중인 것으로 알려졌다. AAA기업은 2001년 9월 ITU 에 위성망 국제등록 신청(동경 135, 144, 154도)을 마쳤으며 2003년 7월 예비 면허를 교부받고 2004년 상용 서비스에 들어가는 일본업체와 공동으로 사업을 준비해 왔기 때문에 위성 DMB 사업협력체로서 위성체는 물론 일본 정부가 1997년 신청하여 승인 받은 위성 DMB용 주파수(2630~2650MHz)를 공동으로 사용할 수 있으며 일본 측의 전파 월경(spill over)으로부터 보호받을 수 있는 상황이다. AAA기업 측의 계획대로라면 위성체 발사, 방송센터 설립, 단말기 시제품 개발, 법인 설립 등의 주요 인프라가 제대로 구축된 2004년 후반기에는 상용 서비스를 제공할 수 있다는 결론에 도달하였으나 정부에서의 위성 DMB 사업자 선정 및 도입시기, 기술표준 고시 등에 대한 정책이 늦어져서 DMB 서비스가 지연되고 있는 상태이다. DMB 방송을 위한 주파수 대역에 대해서 아래표에 나타내 보았다.

[표 4.1] 국내 디지털 방송 유형별 이용 가능 주파수 대역

| 유형 | 주파수대역 | 사용대역폭 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 위성 DMB | 2603~2630MHz<br>2535~2655MHz | 25MHz | 120MHz 중<br>25MHz 우선 사용 |
| 지상파 DMB | VHF 12 Ch. | 6MHz | 채널 12를 할당할 경우 |

### 4-2 가정 및 데이터

4) 한국방송영상 산업진흥원 연구보고서(2003)참조

위성 DMB 산업을 비대칭적 복점 시장(asymmetric duopoly market)으로 가정하였다. 그리고 위성 DMB 서비스의 현실 시장을 보았을 때에도 이러한 가정은 타당한 것으로 보인다. 그리고 이러한 비대칭성은 두 기업들의 상이한 운전자본 때문에 기인한다고 한다. 실제로 AAA기업의 경우 기존의 이동통신 산업 등을 통해 인프라 구축이 잘 되어 있기 때문에 BBB기업에 비해서는 운전비용이 작게 들것이며, 실제로 공시된 재무제표 자료를 보아도 AAA기업의 운전 비용이 작게 드는 것을 확인 할 수 있다. 아래 표에 앞 장들에서 가정한 여러 파라미터들의 값들을 정리해 보았다.

[표 4.2] 실증연구를 위한 데이터

| 파라미터 | AAA기업 | BBB기업 |
|---|---|---|
| I[5] | 162,000 | 162,000 |
| $r$ | 0.0423 | 0.0423 |
| $\delta$ | 0.0448 | 0.0448 |
| $c$ | 462 | 562 |
| $\alpha$ | 0.37345 | 0.37345 |
| $\sigma$ | 0.1654 | 0.1654 |

여기서 $\alpha$와 $\sigma$는 현재 시행되고 있는 CCC서비스의 가입자 수 변화 데이터를 이용하여 추정하였다. CCC 서비스를 파라미터 추정에 사용한 이유는 CCC서비스의 경우 인터넷, 이동전화, PDA, PC 등 유/무선 기능을 하나로 만든 차세대 멀티인터넷 서비스이기 때문에 현존하는 서비스들 중에서 위성 DMB 서비스와 가장 흡사하다고 생각했기 때문이다. 사용한 데이터의 기간은 2001년 12월부터 2004년 5월까지의 데이터를 이용하였다. 추정에 사용한 방법론은 일반적으로 가장 효율적인 추정치를 구할 수 있는 최우 추정법(maximum likelihood estimation)을 이용하였다. 위성 DMB 서비스 가입자 수는 geometric Brownian motion을 따른다고 가정하였고, CCC 서비스 가입자데이터로부터 파라미터는 추정된다고 가정하였다. I는 위성체를 쏘아 올리는데 드는 비용이고, 위험할인율 r은 3년 짜리 국공채를 이용하였다. $\delta$는 $\mu-\alpha$와 같은데 $\mu$는 무위험 할인율을 의미한다. 운전 비용은 음영지역에 발생할 전파수신 방해를 방지하기 위해 필수적인 지상중계기[6](gap filler)를 설치하는 비용까지 고려한 금액이다.

역수요 함수는 다음과 같이 구해진다.

$$P = 1{,}562 - 24.72Q \tag{18}$$

역수요 함수를 구하는데 쓰였던 자료들을 아래 표에 제시하였다.

[표 4.3] 역수요함수에 쓰인 데이터(단위: 원)

| 분류 | 값 |
|---|---|
| 단말기 가격 | 500,000~600,000 |
| 첫해 가입자 수 | 450,000~500,000 |
| 월 사용료 | 12,000~15,000 |
| 가입비 | 20,000 |

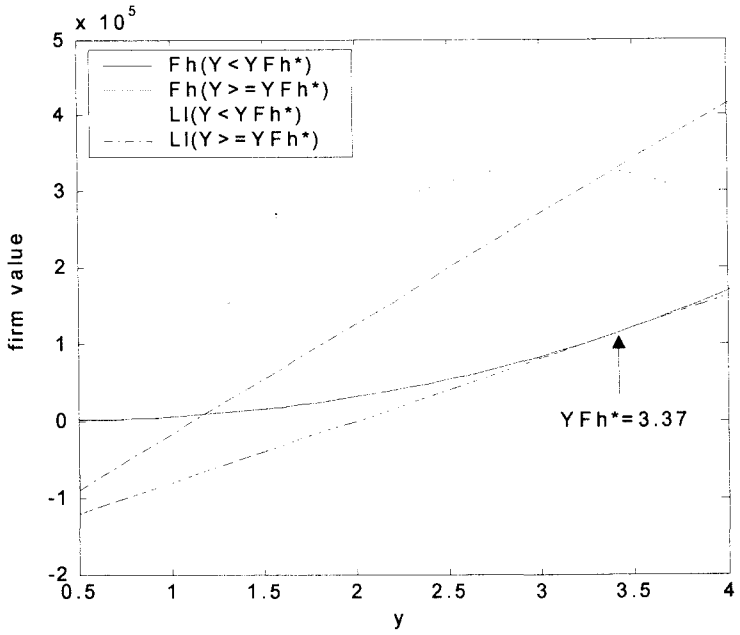
### 4-3 결과

위에서 구한 값들을 이용하여 모델구성에서 보여준 식들에 대입해서 분석을 해보면 $\beta_1$ 값이 2.44674이고 $Y_F^{h^*}$값이 3.37임을 알 수 있다. 이들 값을 이용하여 선두 기업과 후발기업의 가치를 그

5) 단위: 백만원

6) 국내에서도 위성 DMB희망 사업체가 방송장비 부문에서 가장 먼저 업체 선정에 들어간 분야가 바로 위성 신호를 받아 지상의 DMB단말기로 전송해 주는 갭필러이다. 하지만 수도권 지역 서비스를 위해 대당 2500만원 가량 하는 갭필러를 수천대 설치해야 정상적인 서비스가 가능하기 때문에 위성체 발사와 함께 위성 DMB의 진입장벽으로 작용하고 있다.

려보면 아래 그림과 같이 나타낼 수 있다.




<그림 4.1> 두 기업들의 기업 가치 (단위:백만원)

Y 값이 $Y_F^{h*}$ 값이 되면 운전비용이 높은 후발 업체가 시장으로 들어올 유인이 생기게 된다. 만약 후발업체가 들어오게 되면 선두업체는 후발업체와 함께 동시에 투자한 것처럼 행동하게 된다. Y가 $Y_F^{h*}$ 값에 도달하는 시간은 $T_F = \inf(t \mid Y(t) \geq Y_F^{h*})$ 식을 통해서 표현할 수 있고, 이 값은 대략 37개월 후가 됨을 확인 할 수 있었다. 즉 37개월 정도가 지나야 후발 업체가 위성 DMB사업으로 들어올 유인이 생긴다는 것이다.

만약 위성 DMB 사업이 AAA기업에 의해서만 이루어지는 독점적 시장으로 된다면 기업가치는 다음과 같은 식을 통해서 구해진다.

$$M_l(Y < Y_M^{l*}) = \begin{cases} \dfrac{Y_M^{1-\beta_1}}{\beta_1}\dfrac{(a-c_l)^2}{4b\delta}Y^{\beta_1} & \text{if } Y < Y_M^{l*} \\ \dfrac{(a-c_l)^2}{4b}\dfrac{Y}{\delta} - I & \text{if } Y \geq Y_M^{l*} \end{cases} \tag{19}$$

$$Y_M^{l*} = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1}\frac{4b\delta I}{(a-c_l)^2} \tag{20}$$

앞에서 제시된 파라미터들을 이용하여 계사나면 $Y_M^{l*}$ 값이 1.003임을 알 수 있다. 위의 식에서 $M_l(Y < Y_M^{l*})$ 의 값은 투자에 따른 옵션 가치와 지금 순간의 기대가치의 합으로 이루어져 있다[7] 전통적 NPV 방법과 실물옵션 방법으로 구한 값의 차이는 $\beta_1/\beta_1 - 1$ 항을 통해 해석할 수 있다[8].

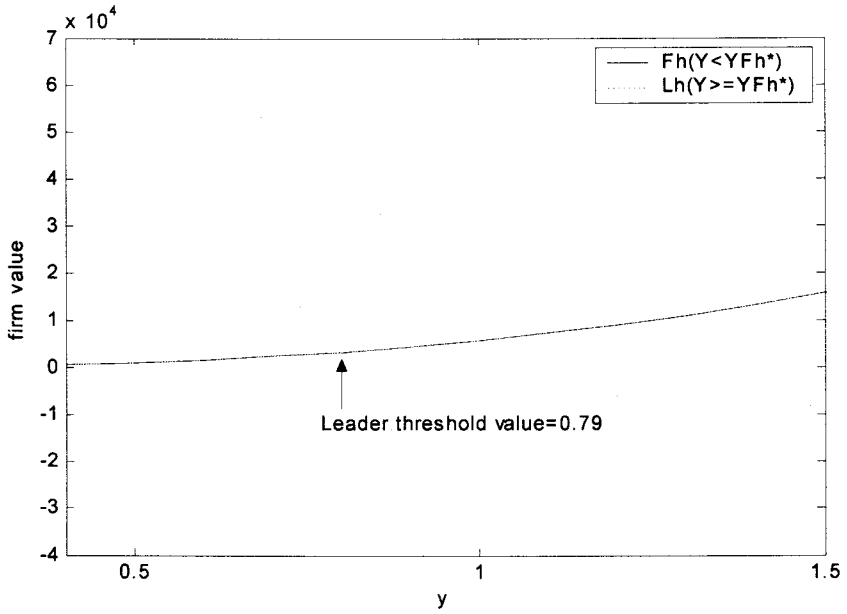
다음으로 선두 업체의 역치값을 살펴보자. 선두 업체의 진입을 위한 역치값 ($\min(Y_L^{h*}, Y_M^{l*})$)을 구하기 위해선 $L_h = F_h$ 을 만족시키는 $Y_L^{h*}$ 값을 찾으면 되는 것이다.[9]

---

7) Huisman, K. J. M.(2001)

8) Dixit and Pindyck (1994)

9) $L_h$의 경우(6)식에서 $c_h$ 와 $c_l$을 바꿔 주면 된다.




<그림 4.2> 선두업체의 투자시점 결정을 위한 역치값 도출 (단위:백만원)

위의 그림으로부터 선두 업체의 경우 $Y$가 0.79의 값을 가질 때 위성 DMB 서비스 시장으로 들어갈 것이란 것을 알 수 있다. 만약 Y의 초기값이 역치값 보다 작을 경우에는 현 시점에서 어느 기업도 서비스 시장에 들어가지 않을 것이다. 즉 선두업체 역치값이 도달하게 되면 선두업체는 투자를 할 것이고 후발업체는 $Y_F^{h*}$ 값이 될 때까지 기다릴 것이다.

따라서 위의 결과들로부터 선두 업체의 경우 지금 순간에 위성 DMB 서비스 시장으로 진입할 유인이 충분히 있다고 말할 수 있다. 즉, AAA기업의 경우 정부가 허가만 한다면 현재 시점에서 위성 DMB서비스 시장에 들어갈 유인이 매우 크다는 것이다.

이제 사회적 후생 값을 구해보자.

상용 프로그램 MATLAB 6.2로 구한 결과 $Y_F^{h*}$ 값에서 사회적 후생 값은 $1.4181\times10^6$ 백만원으로 계산 되었다. 이 값 중 옵션 밸류는 $9.3543\times10^5$ 백만원으로 옵션 밸류가 차지하는 비율이 더 큼을 알 수 있다. 따라서 옵션 가치를 고려하지 않고 사회적 후생을 비교 분석할 경우 실제 값보다 작은 값이 도출될 가능성이 크다고 할 수 있다. 따라서 서비스 산업 분석, 프로젝트 실행 유무를 결정 할 때 옵션 가치를 고려하지 않고는 비효율적인 예산 집행의 결과로 연결될 수도 있을 것이다. 그리고 이러한 사회후생의 값은 $Y_F^{h*}$ 값에서의 각 기업들의 가치를 합한 값보다 큼을 알 수 있다.

$$L_l|_{Y_F^{h*}} + F_h|_{Y_F^{h*}} = 111{,}976 + 325{,}068 = 4.3704\times10^5 \quad (21)^{10)}$$

위성 DMB 시장이 독점구조로 되었을 때 $Y_M^l$ 지점에서 사회적 후생값을 구해보면 $8.6162\times10^4$ 백만원이 된다. 이 값은 복점 구조일 때보다 더 작은 값임을 알 수 있다.

## 5. 정책적 시사점

본 논문에서는 실물옵션과 게임이론 접근 방법을 이용해 제시한 모델을 이용하여 사회적 후생값을 도출해 봄으로써 위성 DMB 서비스 시장 구조가 어떤 형태를 띠는 것이 더 바람직한지에 대해서 살펴보았다. 부연 설명하자면 위성 DMB 서비스 시장을 독점 시장 구조로 만드는 것 보다는 복점 시장 구조로 만드는 것이 사회적 후생 측면에서 더 유리하다는 것을 알 수 있었다. 실증분석에서 구한 $Y_F^{h*}$ 값은 3.37 이었고, 이 값은 대략 37개월 후에 도달한다. 따라서 후발 업체는

10) 단위: 백만원

37개월 후에서야 시장에 진입할 유인이 생긴다고 할 수 있다. 사회적 후생을 더 높이기 위한 방안으로 후발업체가 보다 빨리 위성 DMB 시장으로 들어오게 하기 위해서는 가격 규제나 비대칭 규제이외에 DMB 시장에 대한 광고 등을 통해서 서비스 초기 수요자를 늘여주는 것이 필요하다고 할 수 있다. 그리고 이러한 위성 DMB서비스 시장 구조를 만들기 위해서는 지금 당장 사업자를 선정해버리고 후발주자의 진입을 막아버리게끔 하는 정책을 수립하는 것이 아니라 일정 기간동안 (적어도 37개월 동안) 후발 업체가 시장으로 들어올 수 있게끔 주파수 할당 정책을 수립하여야 할 것이다. 이런 정책을 수립함으로써 사회적 후생을 극대화 시킬 수 있을 것이 나아가 주파수 대역의 이용 가치를 극대화 시킬 수 있을 것이다. 그리고 이러한 정책을 수립할 때에 있어서는 반드시 옵션 가치를 고려해 주어야 보다 합당한 주파수 대역 가치를 가지고서 효율적인 정책을 수립할 수 있을 것이다.

또한 실증 분석 결과, 선두 업체의 경우 지금 시점에서 위성 DMB 서비스 시장으로 진입할 유인이 충분히 있다고 말할 수 있다. 정책 입안자 입장에서는 위성 DMB 서비스 와 같이 타 국가와의 경쟁을 면밀히 고려해야하는 서비스의 경우, 보다 장기적인 안목으로 서비스 시장에 대한 국가적 경쟁력을 키워 줌으로써 타국에 대한 선점자 우위(first mover advantage)의 효과를 충분히 살리도록 해야 할 것이다. 물론 이런 경우 선두 진입 기업에게 사업권 허가에 필요한 주파수 할당 대가를 제시해 주어야 할 것이고 이러한 금액 역시 앞에서 제시한 모델을 근간으로 설정될 수 있을 것이다.

앞서 나온 여러 결과들은 파라미터의 값이라든지 수요함수를 어떻게 정의하는 가에 따라서 다른 결과 값들을 도출해 낼 수도 있을 것이다. 그러나 그렇다 하여 본 논문의 유용성이 희석되는 것은 아니다. 본 논문은 전파 산업 관련 주파수 정책에 있어서 과거의 기술적 접근 방법 중심이 아니라 실물옵션 법을 근간으로 한 경제적 접근 방법을 통해 보다 유연한 정책을 수립할 수 있다는데 의의가 있다. 특히 실증 분석을 통해 위성 DMB 서비스 이슈들 하나인 최적 시장 구조를 위한 서비스 사업자 선정, 주파수 할당 기간 문제, 그리고 주파수 할당 대가에 대한 해결책을 제시해 주었다.

새로운 패러다임 하의 주파수 정책은 보다 복잡해지는 전파 산업의 효율성을 한층 더 높게 제고 시킬 수 있을 것이며, 나아가 국가 경쟁력 향상에도 지대한 영향을 줄 것이다. 향후 실물옵션과 게임이론은 접목한 방법의 주파수 정책을 통해 서비스 기업 진입 수 및 여러 차세대 서비스 주파수 할당 포트폴리오 구성에까지 적용시킬 수 있으리라 본다.

**[참 고 문 헌]**


[1] 이만제, 최용준: 디지털 멀티미디어 브로드캐스팅, 한국방송영상산업진흥원, (2003)

[2] 변상규, 여재현: DMB 방송 수용도 조사분석, ETRI, (2004)

[3] 송영화, 정하재: "통신방송 융합서비스 주요 동향 및 이슈: 국내 위성 DMB 서비스 도입 현황을 중심으로", 전자통신동향분석, 19권 2호, 101~110, (2004)

[4] Joaquin, D. C. and Buttler, K. C.:"Competitive investment decisions: A syntesis", in Brennan & Trigeorgis, Eds., Project Flexibility, Agency, and Competition New Developments in the Theory and Applications of Real Options, oxford University Press, 324~339, (2000)

[5] Grenadier, S. R.: "Option Exercise Games: An Application to the Euilibrium Investment Strategies of Firms", Review of Financial Studies, vol.15, 691~721, (2002)

[6] Huisman, K. J. M.: *Technology Investment: A Game Theoretic Real Options Approach*, Kluwer Academic Pub., Boston(MA, USA), (2001)

[7] Pindyck, R. S.: "Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm", American Economic Review 78, 969~985, (1988)

[8] Smit, H. T. J.: "Infrastructure Investment as a Real Options Game: The case of European Airport Expansion", Financial Management, 5~35, (2003)

[9] Ottoo, R. E.: "Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company", The Quarterly Review of Economics and Finance 38, 615~633, (1998)

[10] Dixit, A. and Pindyck, R. S. : *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, N. J., (1994)