

이중실물옵션을 활용한 단계별 기술투자 가치평가

Valuation of Two-Stage Technology Investment Using Double Real Option

성 응 현¹⁾

〈 目 次 〉

I. 서 론	III. 실물옵션
II. 순현재가치방법과 문제점	IV. 결 론

<Abstract>

Many technology investment projects can be considered as set of sequential options. A compound real option can be used for evaluating sequential technology investment decisions under significant uncertainty and measuring its value. In this paper, the formula developed by Geske and Johnson(1984) and Buraschi and Dumas(2001) was applied to evaluate the technology investment with related double real option. Also double real option was compared with net present value method and multiple linear regression model was used to assess the partial effects of risk free rate and log-term volatility on its value.

Key words : net present value method, double real option, regression model

1) 한신대학교 정보통계학과 교수, soh@hanshin.ac.kr

I. 서론

기술에 대한 신규투자는 기술경쟁력을 향상시키고 시장을 선점하기 위해서 필수적인 요소이고, 중장기에 걸친 투자계획은 단계별로 투자가치를 평가한 다음 후속투자 여부를 결정한다. 투자가치를 평가할 때 전통적으로 사용되는 순현재가치방법(net present value method : NPV)은 기대수익에 대한 투자효과를 주로 평가하게 된다. Clemons(1991)는 기술투자의 가치를 평가할 때 순현재가치방법을 사용하면 내재된 다양한 위험민감성(risk-sensitive)을 고려할 수 없기 때문에, 평가의 초점을 재무적인 현금흐름에서 경영 유연성, 경쟁력 우위, 기술기반시설 개선 등 전략적인 효과로 전환할 것을 제안하였다. 재무적인 관점에서 투자가치는 경제적인 가치를 비교하여 평가하지만, 전략적인 관점에서 투자가치는 소비자 만족, 경쟁적 우위, 품질혁신, 시장선점 효과 등을 고려한다. Sanchez(1993, 1995)에 의하면 기술의 투자가치는 불확실성이 매우 높은 상황에서 위험을 관리하고 기회를 창출할 수 있는 기업의 '전략적 유연성(strategic flexibility)'에 의하여 영향을 받고, 단계별 투자옵션은 경쟁력을 확보하고 경제적인 부가가치를 발생시킬 수 있는 전략이라고 하였다. 기술투자는 일시적인 투자보다는 단계별 투자로 구성되는 것이 일반적이고, 투자기간동안 하나의 옵션이 설정되면 단일옵션(simple option), 단계마다 개별옵션이 설정되면 복합옵션(compound option)이 된다. 또한 두개 옵션으로 구성된 복합옵션의 특별한 경우는 이중옵션(double option)이 된다.

최근 단계별 기술투자의 가치를 평가하기 위한 연

구에서는 순현재가치방법보다 실물옵션을 활용하여 활발하게 진행되고 있다. Santos(1991), Grenadier와 Weiss(1997), McGrath(1997), Luehrman(1998)은 단일 옵션이 설정된 정보기술의 투자가치를 블랙숄츠모형(black-scholes model)을 이용하여 평가하였고, Benaroch와 Kauffman(1999)은 Yankee-24 전자은행 네트워크 정보기술 투자가치를 평가하기 위해서 이항모형(binomial model)과 블랙숄츠모형을 함께 적용하여 평가하였다. 상기 논문에서는 불확실성이 매우 높은 정보기술의 투자가치를 평가하기 위해서 실물 옵션방법이 순현재가치방법보다 유용하다고 하였다. Geske(1979), Geske와 Johnson(1984)은 서로 연관성을 갖는 연속적인 옵션(sequential options)으로 설정된 투자가치를 평가하기 위해서 복합옵션을 제안하였다. Buraschi와 Dumas(2001)는 서로 종속적인 옵션과 다양한 위험을 고려한 복합옵션의 가치를 평가할 수 있는 일반복합옵션(generalized compound option)을 제안하였다.

복합옵션가치를 평가하는데 유용하게 사용될 수 있는 다른 모형 중에는 단계마다 다양한 위험요소를 반영한 옵션반영 DCF 모형, 다이나믹 DCF 모형, 레인보우 옵션모형 등이 있다. 특히 복합 레인보우옵션(compound rainbow option)모형은 단계마다 다양한 위험 요소를 고려한 현실적인 옵션모형이지만, 단계마다 개별 위험요소의 추정에 대한 신뢰성이 요구된다. 설성수·유창석(2002)은 실무전문가들이 기술가치 혹은 투자가치를 평가할 때 사용하기 적합한 다양한 실물옵션모형을 사례분석과 함께 소개하였다. 기술투자 과정에서 설정된 옵션들은 서로 독립적이지 아니라 서로 종속적인 관계를 가진 연속적인 옵션이다. 일반적으로 다단계 복합옵션에서는 내재된 위험을 단계마다 추정할 때 오차가 커질 수 있기 때문에 신

되성 문제가 제기될 수 있다. 따라서 기존기술의 경쟁력을 향상시키기 위한 중단기 투자인 경우에는 다단계 복합옵션보다는 초기투자과 후속투자로 구성된 이중옵션을 설정하는 것이 적절하고, 이 경우 기술투자에 대한 가치증분은 이중옵션가치로 평가된다. 본고에서는 서로 연관성 있는 초기투자과 후속투자로 구성된 투자의 가치를 평가하기 위해서 Geske(1979), Geske 와 Johnson(1984), Buraschi 와 Dumas(2001)가 제안한 이중옵션을 활용하였고, 개별요인이 이중실물 옵션가치에 미치는 효과를 평가하기 위해서 다중선형회귀모형(multiple linear regression model)을 사용하였다.

II. 순현재가치방법과 문제점

순현재가치방법에서는 경제적 유입기간 동안 예상 현금흐름과 초기투자 비용에 근거해서 투자의 순현재가치(NPV)를 평가한다. 순현재가치방법에서 투자는 일정기간(수명) 동안 관리자의 의지와 관계없이 예상된 현금흐름을 발생시킨다고 가정한다. 또한 투자에 내재된 다양한 불확실성은 위험조정 할인율로 평가된다. 순현재가치방법에서 초기투자 비용을 I_0 , 시점 t 의 예상 현금흐름을 CF_t , 수익창출기간을 n , 위험조정 할인율을 r , 잔존가치를 0 으로 가정했을 때 투자의 순현재가치는 식(1)과 같이 표시된다.

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

순현재가치방법에서 실행 투자로 채택되기 위해서는 NPV가 적어도 0 이상이어야 한다는 기준이 적용

된다. Brennan 과 Schwartz(1985), Santos(1991), 허은영(2000), 설성수 · 유창석(2002) 등 많은 연구자들은 기술 및 신규투자에 대한 가치를 평가할 때 순현재가치방법의 제한점을 지적하였고, 주요 문제점을 요약하면 다음과 같다. (1) 장기적 가치가 상대적으로 저평가하는 경향이 있으며, (2) 상호 연관된 투자의 보완성에 대한 평가가 어렵고, (3) 경영의 전략적 유연성을 반영하지 못하고, (4) 프로젝트에 내재된 다양한 불확실성을 충분히 반영하지 못한다. 순현재가치방법에서는 기술혁신과 시장상황 변화와 관계없이 투자가 계속 진행된다고 가정하기 때문에, 상황이 불리해졌을 경우에 손실을 최소화하고 상황이 유리해졌을 때 수익을 최대화할 수 있는 전략적인 의사결정을 고려하지 못한다. 따라서 단계별로 추진되는 기술투자의 기회가치(혹은 전략가치)를 평가하기 위해서는 순현재가치방법보다는 실물옵션과 같은 평가방법이 요구된다. 그러나 특정시점에서 모든 투자가 이루어지는 경우 혹은 상당한 기간동안 기술시장 환경이 안정될 것으로 예상되는 경우에는 순현재가치방법을 적용할 수 있다.

이제부터 순현재가치방법으로 기술투자의 가치를 평가하기 위해서 가상사례를 설정하자. 기술의 혁신 속도가 빠르고 불확실성이 높은 시장여건에서 기존 기술의 경쟁력을 강화하고 시장을 선점하기 위해서 기술기업 A는 3년동안 두단계(초기, 후속) 투자계획을 마련하였다고 하자. 우선 핵심기술을 개선하기 위해서 10억원의 초기투자를 10개월 후에 계획하고 다음해 현금흐름의 증분을 예측하였다. 이 경우에 예상 현금흐름을 정확하게 예측할 수 없기 때문에, 세가지 상황을 설정하고 주관적 확률을 고려하여 기대값으로 추정하였다. 낙관적인 경우($p_1 = 0.5$, 50% 가능성)에 10억원, 보통인 경우($p_2 = 0.3$, 30% 가능성)에 6억

144 이중실물옵션을 활용한 단계별 기술투자 가치평가

원, 비관적인 경우($p_3 = 0.2$, 20% 가능성)에 3억원 현금흐름이 예상된다고 가정하자. 초기투자에 대한 할인율을 20%로 가정하면 순현재가치(NPV_1)는 아래와 같다.

$$NPV_1 = -I_0 + \frac{\sum_{i=1}^3 (CF_{1i} \times p_i)}{1+r}$$

$$= -10 + \frac{10 \times 0.5 + 6 \times 0.3 + 3 \times 0.2}{1.2}$$

$$= -3.83.$$

초기투자에 대한 순현재가치는 -3.83억원 이므로 재무적인 관점에서는 매력적인 투자라고는 할 수 없다. 그러나 해당기업은 기술경쟁력을 강화하고 시장을 선점하기 위해서 후속투자를 계획하고 있다. 후속투자 계획에 따르면 2년째와 3년째에 각각 20억원을 투자하면 3년째부터 5년동안 발생될 것으로 예상되는 현금흐름과 할인현금흐름은 <표 1>과 같다. 기대 현금흐름은 초기투자인 경우와 마찬가지로 세가지 상황에 따라 계산되었고, 할인율은 20%, 투자자금은

대출이자율이 10%인 은행대출로 가정하였다.

후속투자를 실행했을 때 순현재가치(NPV_2)는 아래에서 -2.72억원으로 구해졌기 때문에, 현재시점에서 후속투자의 실행여부는 낙관적이라고 판단할 수 없다.

$$NPV_2 = -\sum_{i=2}^3 \frac{I_{0i}}{(1+0.1)^i} + \sum_{i=3}^7 \left(\frac{\sum_{i=1}^3 (CF_{2i} \times p_i)}{(1+r)^i} \right)$$

$$= -31.55 + 28.83 = -2.72.$$

두단계 투자의 순현재가치 합계가 -6.55억원($NPV_1 + NPV_2$)이기 때문에, 재무적인 관점에서 평가하면 투자를 계획대로 실행한다는 것은 무리라고 판단된다. 그러나 기술투자가치의 상당부분은 기회가치로 이루어지기 때문에, 전략적 유연성을 고려하지 못한 순현재가치의 결과에 근거해서 투자의 단계별 실행여부를 결정하는 것은 적절하지 못하다고 판단된다.

<표 1> 후속투자(안)에 대한 예상 현금흐름과 할인현금흐름

연도	현금흐름			CF 기대값	DCF	투자액	할인 투자액
	낙관	보통	비관				
2						20	16.53
3	15	10	4	11.3	6.54	20	15.02
4	20	15	6	15.7	7.57		
5	20	15	6	15.7	6.31		
6	20	15	6	15.7	5.26		
7	15	10	4	11.3	3.15		
합계					28.83	40	31.55

III. 실물옵션모형

옵션이론은 금융시장(financial market)에서 옵션가 격(혹은 가치)을 결정하기 위해서 널리 사용된다. Black 과 Scholes(1973)는 금융시장에서 옵션가격을 결정할 수 있는 이론적 모형을 개발하였고, 최근 옵션이론은 금융산업, 석유산업, 보험산업, 목재산업, 천연자원개발산업, 정보기술산업, 제약산업, 생명공학산업 등과 같은 광범위한 산업분야에서 실물옵션 가치 평가에 적용되고 있다. 실물옵션은 의사결정자의 유연성과 전략적 상호작용 개념을 포함하고 있기 때문에, 실물옵션의 가치는 기술과 시장환경의 불확실성이 높은 상황에서 현명한 관리자의 전략적 유연성에 의해서 결정된다. 전략적 유연성이란 관리자가 초기에 계획한대로 투자를 진행해야 할 의무보다는 단계마다 시장상황에 따라 투자를 지연, 포기, 확장 혹은 축소할 수 있는 능력을 의미한다.

Bowman 과 Hurry(1993), Kogut 와 Kulatilaka (1994)는 신규투자에 단계별 옵션을 적용하면 임의 기회(discretionary opportunities)를 창출할 수 있다고 하였고, Clemon 과 Weber(1990, 1994)는 단일옵션보다는 유연한 단계별 옵션으로 구성된 투자는 수익확보와 비용절감 효과를 동시에 가져올 수 있다고 하였다. 단일옵션의 가치평가는 블랙숄츠모형을 사용하여 비교적 쉽게 구할 수 있지만, 서로 연관된 이중옵션의 가치를 평가할 때에는 블랙숄츠모형을 직접 사용할 수 없다.

1. 단일실물옵션을 이용한 가치평가

블랙숄츠모형에서 옵션가치에 영향을 미치는 다섯

가지 주요 요소는 주식가격(S), 행사가격(K), 옵션 만기까지의 기간(T), 연속복리 무위험이자율(r_f), 주식 수익률의 변동성(σ) 등이다. 이모형을 실물옵션에 적용하기 위해서 대응되는 요소들은 다음과 같다. 주식가격은 투자를 실행했을 경우 예상되는 할인현금흐름, 행사가격은 투자비용의 현재가격, 옵션 만기까지의 기간은 의사결정 유보기간, 주식수익률의 변동성은 투자에 내재된 위험(변동성)으로 대체하여 사용한다. 블랙숄츠모형의 유도과정에서 사용된 두가지 주요 가정은 (1) 투자가 혹은 주주의 투자행위는 위험회피형이지만, 기업의 투자행위는 위험중립형이기 때문에 무위험이자율 r_f 는 연간 연속복리 무위험이자율을 의미하고, (2) 투자자산의 수익률에 대한 분포는 정규분포(normal distribution)에 따르지만, 투자자산의 가치에 대한 분포는 대수정규분포(lognormal distribution)에 따른다는 것이다. 옵션행사 시점까지의 유보기간이 T 인 경우에 유로피안 콜옵션 가치는 아래와 같은 함수식으로 표시된다.

$$C = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r_f T} \cdot N(d_2) \quad (2)$$

여기서

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r_f + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/K) + (r_f + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T},$$

$$N(d_1) = P(Z < d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d_1} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

$$N(d_2) = P(Z < d_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

식(2)에서 $N(d_1)$ 은 표준정규분포(standard normal distribution)에서 확률변수값이 d_1 이하일 누적확률을 의미한다. 옵션가치 C 는 K 에 대한 S 의 상대적 비율인 S/K 가 높을수록 높고, $r_f \cdot T$ 가 클수록 높아지며, $\sigma^2 \cdot T$ 에 대해서도 증가함수이다. 또한 의사결정 유보기간이 길수록 투자가치가 투자비용보다 커지게 되므로, 유보기간이 긴 옵션이 짧은 경우와 비교해서 상대적인 가치가 증가한다. 블랙숄츠모형에서 r_f 와 σ 는 사전에 알려져있고 옵션기간동안 불변이라고 가정한다. 단일옵션의 가치를 평가할 때 블랙숄츠모형은 유용하게 사용되어질 수 있지만, 초기투자자과 후속투자자로 구성된 이중실물옵션의 가치를 평가할 때에는 적절하지 않다. 이중실물옵션의 가치를 평가하기 위해서 식(2)와 같은 단순옵션을 두번 사용하는 것은 적절하지 않지만, 식(2)을 이용하여 평가하고자 할 경우에는 초기투자를 이미 실행된 투자로 간주하고 2년후 후속투자를 단일옵션으로 간주하여 평가한다. 이때 변동성을 $\sigma = 40\%$, 무위험이자율을 $r_f = 6\%$, 옵션 지연기간을 $T = 2$ 로 가정하면 후속투자에 대한 실물옵션가치는 아래와 같이 구해진다.

$$d_1 = \frac{\ln(S/K) + (r_f + \sigma^2/2) T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$= \frac{\ln(28.33/31.55) + (0.06 + 0.16/2) \times 2}{0.4 \times \sqrt{2}} = 0.199,$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0.199 - 0.4 \times \sqrt{2} = -0.367,$$

$$N(d_1) = 0.579, N(d_2) = 0.357,$$

$$C = S \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r_f T} \cdot N(d_2)$$

$$= 28.83 \times 0.579 - 31.55 \times e^{0.06 \times 2} \times 0.357$$

$$= 5.794.$$

후속투자자의 실물옵션가치는 약 5.79억원으로 순현재가치 $NPV_2 = -2.72$ 억원 보다 매우 높게 나타났다. 여기서 실물옵션가치가 순현재가치보다 상대적으로 큰 이유는 블랙숄츠모형에서 투자자산의 가치분포를 대수정규분포로 가정했기 때문이다.

2. 이중실물옵션을 이용한 가치평가

Geske(1979), Geske 와 Johnson(1984)이 제안한 이중옵션에서 설정된 주요 가정은 (1) 자산가치의 분포는 대수정규분포에 따르고, (2) 변동성은 옵션기간동안 고정된다는 것이다. Buraschi 와 Dumas(2001)는 서로 연관성이 있는 여러 풋옵션과 콜옵션으로 구성된 복잡한 복합옵션가치를 평가할 수 있는 일반복합옵션을 제안하였다. 만약 일반복합옵션에서 변동성이 일정하고 자산의 가치분포가 대수정규분포에 따른다고 가정하면, 두개 옵션으로 구성된 일반이중옵션은 수리적으로 Geske 와 Johnson(1984)이 제안한 이중옵션과 일치하였다. 물론 중장기 기술투자에 대하여 복합옵션을 적용할 경우에는 대수정규성, 고정 변동성, 콜·풋옵션의 결합 등에 대한 검토가 필요하지만, 기존기술을 개선하기 위한 중단기 기술투자인 경우에는 Buraschi 와 Dumas(2001)가 제안한 일반복합옵션보다는 Geske 와 Johnson(1984)이 제안한 이중옵션을 적용하는 것이 효율적이다.

이제부터 초기투자과 후속투자자로 구성된 중단기 기술투자가치를 이중실물옵션을 이용하여 평가하는 절차를 설명하도록 하겠다. 초기투자과 후속투자에 설정된 옵션 실행시기를 T_1, T_2 , 예상되는 할인현금 흐름을 S_1, S_2 , 투자비용의 현재가격을 K_1, K_2 , 해당 기업의 장기자산 변동성을 σ_v 로 표시하자. 변동성이

일정하고 자산가치의 분포가 대수정규분포에 따른다고 가정했을 때, Geske 와 Johnson(1984), Buraschi 와 Dumas(2001)가 제안한 식을 활용한 이중실물옵션가치(C)는

$$C = S_2 N_2(a_1, b_1; \rho) - K_2 e^{-r_f \tau_2} N_2(a_2, b_2; \rho) - I_1 e^{-r_f \tau_1} N_1(a_2) \quad (3)$$

위에서

$$a_1 = \frac{\ln(S_2/S_2^*) + (r_f + \sigma_v^2/2) \tau_1}{\sigma_v \sqrt{\tau_1}},$$

$$a_2 = a_1 - \sigma_v \sqrt{\tau_1},$$

$$b_1 = \frac{\ln(S_2/K_2) + (r_f + \sigma_v^2/2) \tau_2}{\sigma_v \sqrt{\tau_2}},$$

$$b_2 = b_1 - \sigma_v \sqrt{\tau_2},$$

$$\rho = \sqrt{\frac{\tau_1}{\tau_2}}, \quad \tau_1 = T_1 - t, \quad \tau_2 = T_2 - t.$$

이다. 식(3)에서 $N_1(a_2)$ 는 일변량 표준정규분포에서 확률변수값이 a_2 이하일 누적확률로 아래와 같이 표시된다.

$$N_1(a_2) = P(Z < a_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (4)$$

초기투자의 행사시점을 T_1 , 후속투자의 행사시점을 T_2 , 현재시점을 $t = 0$ 로 표시하면, 두시점사이의 시계열 상관계수는 $\rho = \sqrt{(T_1 - t)/(T_2 - t)} = \sqrt{\tau_1/\tau_2}$ 이다. 시계열 상관계수가 ρ 인 이변량 표준정규분포(bivariate standard normal distribution)에서 첫번째 확

률변수 Z_1 값이 a_1 이하이고 두번째 확률변수 Z_2 값이 b_1 이하일 누적확률 $N_2(a_1, b_1; \rho)$ 은 아래와 같이 표시된다.

$$N_2(a_1, b_1; \rho) = P(Z_1 < a_1, Z_2 < b_1) = \int_{-\infty}^{a_1} \int_{-\infty}^{b_1} \left\{ \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} e^{-\frac{1}{2(1-\rho^2)}(z_1^2 - 2\rho z_1 z_2 + z_2^2)} \right\} dz_2 dz_1 \quad (5)$$

$$-\infty < z_1 < \infty, -\infty < z_2 < \infty, -1 < \rho < 1$$

식(3)에서 I_1 은 초기투자의 순현재가치인 NPV_1 을 의미하고, 식(3) 아래 a_1 식에 포함된 S_2^* 는 투자비용의 현재가격이 K_2 인 후속투자 가치가 초기 투자비용 K_1 과 일치되는 값으로 후속투자의 실행여부를 결정하는 임계값(threshold value)이다. 만약 시점 T_1 에서 실제 가치가 S_2^* 이상이면 후속투자를 실행할 가치가 있다는 의미이고, 임계값 S_2^* 는 식(6)을 만족하는 값이 된다.

$$S_2^* N_1(b_2 + \sigma\sqrt{\tau}) - K_2 e^{-r_f \tau} N_1(b_2) - I_1 = 0 \quad (6)$$

이중실물옵션의 가치를 구하기 위해서 필요한 기본 입력값을 구하면 $T_1 = 0.8, T_2 = 2, \tau_1 = 0.8, \tau_2 = 2, \tau = T_2 - T_1 = 1.2, I_1 = -3.83, S_2 = 28.83, K_2 = 31.55, r_f = 6\%, \sigma_v = 40\%, \rho = 0.6325$ 이다. 상한값 a_1, b_1, a_2, b_2 을 구하기 위해서 식(3) 아래 식을 이용하여 계산하면 $a_1 = 0.1544, b_1 = 0.3047, a_2 = -0.2034, b_2 = -0.2610$ 이다. 또한 $N_1(a_2) = 0.4194$ 이고, 임계값 S_2^* 은 27.1544 이 된다. 상한값 a_1, b_1, a_2, b_2 과 시

계열 상관관계수 ρ 를 식(5)에 대입하여 누적확률을 계산하면 $N_2(a_1, b_1; \rho) = 0.4516$, $N_2(a_2, b_2; \rho) = 0.4194$ 이다. 계산된 결과를 식(3)에 대입하여 이중실물 옵션가치를 계산하면 약 3.91억원으로 순현재가치인 -6.55억원보다 매우 높은 가치로 나타났다. 여기서 이중실물옵션가치는 옵션을 설정하지 않은 경우와 비교해서 더 높은 수익을 실현할 수 있는 권리적 가치를 의미한다.

$$\begin{aligned}
 C &= S_2 N_2(a_1, b_1; \rho) \\
 &\quad - K_2 e^{-r_f \tau_2} N_2(a_2, b_2; \rho) - I_1 e^{-r_f \tau_1} N_1(a_2) \\
 &= 28.33 (0.4516) - 31.55 (e^{-0.06 \times 2}) (0.4194) \\
 &\quad - 3.83 (e^{-0.06 \times 0.8}) (0.4194) \\
 &= 3.9053.
 \end{aligned}$$

3. 민감도분석

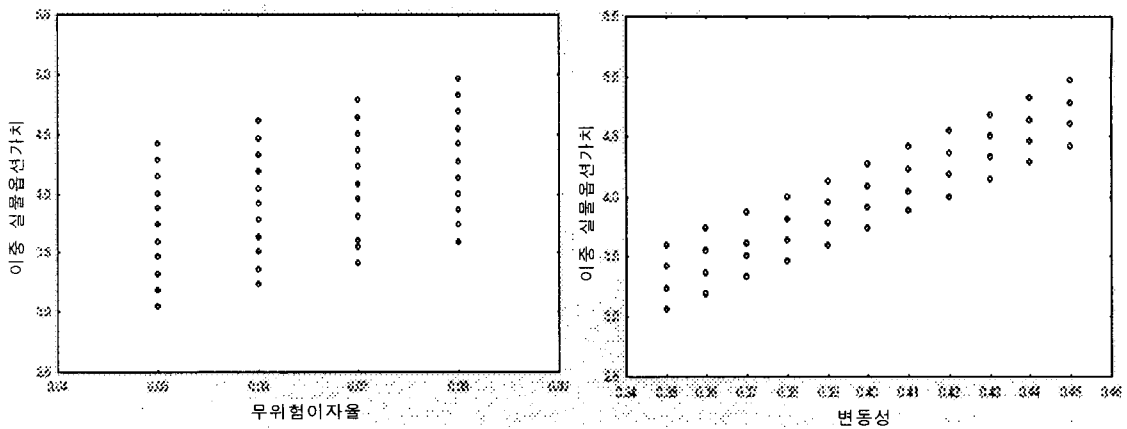
사례에서 이중실물옵션가치를 구할 때 장기자산에 대한 변동성 σ_v 과 무위험이자율 r_f 이 각각 0.4(40%)와 0.06(6%)로 가정하였다. 그러나 기술 및 신규 투자에 대한 불확실성이 높은 상황에서 장기자산의 변동성과 무위험이자율을 단일값으로 설정하여 이중실

물옵션가치를 평가하는 것보다는 가능한 구간 값들을 설정한 다음 반복적으로 그 가치를 평가할 필요가 있다. 예를 들면, 무위험이자율 r_f 의 가능한 범위 값을 0.05 부터 0.08 까지 설정하고, 장기자산 변동성 σ_v 의 가능한 범위 값을 0.35 부터 0.45 까지 설정한 다음, 반복적으로 계산된 이중실물옵션가치는 <표 2>와 같다. 분석결과에 의하면 이중실물옵션가치는 $r_f = 0.05$ 와 $\sigma_v = 0.35$ 의 조합에서 가장 낮은 3.05억원으로 나타났고, $r_f = 0.08$ 과 $\sigma_v = 0.45$ 의 조합에서 상대적으로 가장 높은 4.96억원으로 구해졌다. 이러한 결과는 변동성과 무위험이자율이 증가할수록 옵션가치가 증가한다는 이론과 일치된다.

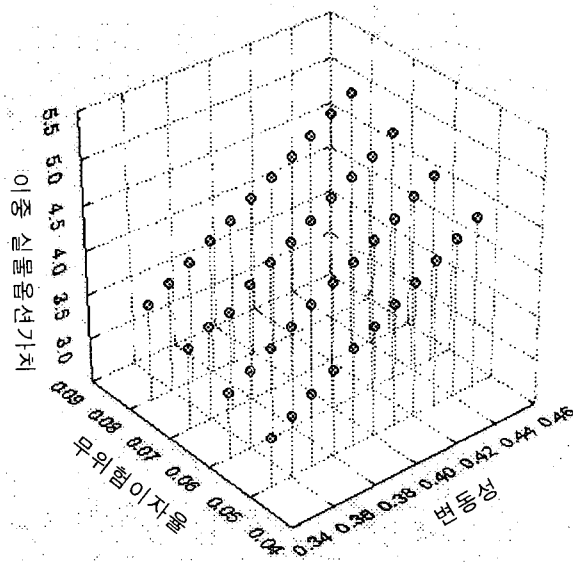
[그림 1]의 왼쪽 산점도에 의하면 무위험이자율이 일정할 때 변동성이 0.35 에서 0.01 간격으로 0.45 까지 증가함에 따라 이중실물옵션가치는 선형적인 추세로 증가하고 있다. [그림 1]의 오른쪽 산점도에 의하면 변동성이 일정할 때 무위험이자율이 0.05 에서 0.01 간격으로 0.07 까지 증가함에 따라 이중실물옵션가치는 선형적인 추세로 증가하고 있다. [그림 2]에 의하면 무위험이자율과 변동성의 조합에서 두변수값이 함께 증가할수록 이중실물옵션가치는 선형적으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

<표 2> 두가지 변수값에 대한 이중실물옵션가치 변화

$r_f \backslash \sigma_v$	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44	0.45
0.05	3.05	3.18	3.32	3.46	3.59	3.73	3.87	4.00	4.14	4.28	4.42
0.06	3.23	3.36	3.50	3.63	3.77	3.91	4.04	4.18	4.32	4.46	4.60
0.07	3.41	3.54	3.60	3.81	3.95	4.08	4.22	4.36	4.50	4.63	4.78
0.08	3.59	3.73	3.86	4.00	4.13	4.27	4.41	4.54	4.68	4.82	4.96



[그림 1] 개별변수 변화에 대한 이중실물옵션가치 변화



[그림 2] 두변수 변화에 대한 이중실물옵션가치 변화

위 결과에 의하면 무위험이자율과 변동성이 변화함에 따라 이중실물옵션가치에 미치는 추세는 각각 선형인 것으로 나타났다. 두변수의 효과가 모두 선형적인 추세를 가지고 있기 때문에 이중실물옵션가치에 미치는 부분효과를 분석하기 위해서, 이중실물옵션가치를 종속변수로 하고 무위험이자율과 변동성을

독립변수로 하는 다중선형회귀모형을 아래와 같이 설정하였다.

$$C_i = \beta_0 + \beta_1 (r_f)_i + \beta_2 \sigma_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, 44. \quad (7)$$

다중선형회귀모형을 <표 2>의 44개 자료에 적합시

킨 결과 추정된 다중선행회귀함수는 아래와 같다.

$$\hat{C} = -2.66427 + 17.93636(r_f) + 13.74091\sigma, R^2 = 0.999$$

(2.93 10⁻⁵¹) (5.310 10⁻⁶⁵)

회귀계수의 통계적 유의성을 평가하는 p -값(추정된 회귀계수 밑에 ()로 표시)이 0에 매우 근사한 값으로 나타났기 때문에, 무위험이자율(r_f)과 변동성(σ)은 이중실물옵션가치에 매우 유의한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 결정계수 R^2 가 0.999로 1에 근사하기 때문에, 이중실물옵션가치의 변동은 무위험이자율(r_f)과 변동성(σ)을 포함한 다중선행회귀모형에 의해서 거의 대부분이 설명되고 있다. 무위험이자율에 대한 회귀계수 추정값은 $\hat{\beta}_1 = 17.94$ 이기 때문에, 변동성이 일정한 수준일 때 무위험이자율이 1%(0.01) 증가함에 따라 이중실물옵션가치는 평균적으로 약 0.1794억원 만큼 증가할 것으로 예상된다. 또한 변동성에 대한 회귀계수 추정값은 $\hat{\beta}_2 = 13.74$ 이기 때문에, 무위험이자율이 일정한 수준일 때 변동성이 1%(0.01) 증가함에 따라 이중실물옵션가치는 평균적으로 약 0.1374억원 만큼 증가할 것으로 예상된다.

IV. 결 론

본고에서는 기업이 보유한 기존기술의 경쟁력을 강화하고 시장을 선점하기 위해서 초기투자과 후속투자로 구성된 기술투자의 가치를 평가하기 위해서 Geske와 Johnson(1984), Buraschi와 Dumas(2001)가 제안한 이중옵션을 활용하였다. 기술 및 시장의 불확실성이 높은 여건에서 단계별 투자에 대한 가치평가에서는 순현재가치방법보다 기희가치(혹은 전략가

치)를 고려할 수 있는 실물옵션을 적용하는 것이 적절하다. 특히 중단기에 걸쳐 초기투자과 후속투자로 구성된 투자인 경우에는 실무적으로 적용하기 쉬운 이중실물옵션을 활용하여 평가하는 것이 적절하고, 기술투자로 예상되는 가치의 증분은 이중실물옵션가치로 평가된다. 사례분석 결과 이중실물옵션가치는 순현재가치보다 상대적으로 높게 나타났다. 또한 본고에서는 무위험이자율과 장기자산의 변동성이 이중실물옵션가치에 미치는 영향을 평가하기 위해서 다중선행회귀모형을 이용하여 분석하였다.

참 고 문 헌

- 설성수·유창석(2002), "기술 및 투자 가치평가를 위한 실무형 실물옵션," 기술혁신학회지 제5권 제1호, pp. 44-58.
- 허은영(2000), "가치평가기법의 최근동향 -CVM, MAUA 그리고 Real Option Pricing-," 기술혁신학회지 제3권 제1호, pp. 37-54.
- Benaroch, M and Kauffman, R.J.(1999), "A Case for using Real Options Pricing Analysis to Evaluate Information Project Investment," *Information Systems Research*, Vol. 10, pp. 70-86.
- Black, F. and Scholes, M.(1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, Vol. 81, No. 3, pp. 637-654.
- Bowman, E.H. and Hurry, D.(1993), "Strategy through the Option Lens: An Integrated View of Resource Investments and the Incremental-Choice Process," *Academy of Management Review*, Vol. 18(4), pp. 760-982.
- Brennan, M.J. and Schwartz, E.S.(1985), "Evaluating

- Natural Resource Investment," *Journal of Business*, Vol. 58, pp. 135-157.
- Buraschi, A., and Dumas B.(2001), "The Forward Valuation of Compound Options," *The Journal of Derivatives*, Vol. 9, No.1, pp. 8-17.
- Clemons, E.K.(1991), "Evaluation of strategic investments in information technology," *Communication of the ACM*, Vol. 34, pp. 23-36.
- Clemons, E.K., and Weber B.K.(1990), "Strategic information technology investment: guidelines for decision making," *Journal of Management Information Systems*, Vol. 7, No.2, pp 9-30.
- _____ (1994), Segmentation, differentiation, and flexible pricing: experience with information technology and segment-tailored strategies," *Journal of Management Information Systems*, Vol. 11, No. 2, pp. 9-36.
- Geske, R.(1979), "The Valuation of Compound Options," *The Journal of Financial Economics*, Vol. 7, pp. 63-81.
- Geske, R., and Johnson, H.E.(1984), "The Valuation of Corporate Liabilities as Compound Options: A Correction," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 19, pp. 231-232.
- Grenadier, Steven R. and Weiss, Allen M.(1997), "Investment in Technology Innovations: An Option Pricing Approach," *Journal of Financial Economics*, Vol. 44, pp. 397-416.
- Kogut, B. and Kulatilaka N.(1994), "Options Thinking and Platform Investment: Investing in Opportunity," *California Management Review*, Vol. 36(4), pp. 52-72.
- McGrath, R.G.(1997), "A Real Options Logic for Initiating Technology Positioning Investments," *Academy of Management Review*, Vol. 22, No. 4, pp. 974-996.
- Luehrman, T.A.(1998), "Investment Opportunities as Real Option: Getting Started on the Numbers," *Harvard Business Review*, July-August, pp. 51-67.
- Sanchez, R.(1993), "Strategic Flexibility, Firm Organization and Managerial Work in Dynamic Markets: A Strategic Options Perspective," *Advances in Strategic Management*, Vol. 9, pp.217-237.
- _____ (1995), "Strategic Flexibility in Product Competition," *Strategic Management Journal*, Vol. 16, pp. 135-159.
- Santos, B.(1991), "Justifying Investment in New Information Technology," *Journal of Management Information Systems*, Vol. 7, No. 4, pp. 71-89.