

기술혁신학회 가을 학술대회 2001. 11.

# 스위칭 옵션을 고려한 IT 벤처 기업 가치 평가에 관한 사례 연구

이현정\*, 정종욱, 이정동, 김태유

서울대학교 기술정책대학원과정 석사과정, 박사과정, 조교수, 교수  
\*연락처 이현정 (hjlee938@plaza1.snu.ac.kr)

## 1. 서론

21세기에 들어선 세계의 경제 환경 변화를 살펴보면, 이른바 정보와 지식이 가치창출의 가장 중요한 요소로 자리매김을 하고 있으며, 따라서 이들의 가치가 전체 기업 혹은 산업 발전에 큰 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 이러한 변화에 발맞추어 정부에서는 IT 산업의 육성 및 전통 산업의 IT화를 지속적으로 추진하고 있으며, IT 기술 거래소를 신설하고, 최근에는 IT 기술을 BT, NT, ET와 함께 국가발전을 위한 전략적 기술로 지정하는 등의 IT 기술을 집중적으로 육성하고자 노력을 기울이고 있다.

그러나 국내 산업 발전과 국가 발전에 미치는 IT 기술의 파급효과를 고려할 때, 이러한 적극적인 정부정책과 더불어, 민간경제부문에서는 IT 기술벤처의 창업을 활성화하여 개발기술의 상품화를 통한 IT 기술개발에 대한 유인을 높일 수 있는 체제를 정착시킬 경우, 보다 빠른 IT 기술 발전을 도모할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 기술개발의 성과가 시장에서 정확하게 평가받을 수 있어야 하며, 따라서 IT 기술벤처에 관한 올바른 가치평가 방법의 정립은 IT 기술의 발전을 위해 선행되어야 할 과제라 할 수 있다. 본 연구에서는 이를 위하여 IT 기술의 특성과 신생벤처기업의 특성을 반영한 가치평가 방법을 제시하고자 한다.

보편적으로 가치평가의 실무현장에서는 현금흐름 할인법 (Discounted Cash Flow)이 사용되고 있는데, 이는 평가자산의 가치가 미래의 현금흐름으로부터 창출된다고 가정하고, 미래 현금흐름을 예측한 후 위험조정할인율(risk-adjusted discount factor)로 할인하여 현재가치를 구하는 방법이다.<sup>1)</sup> 따라서 신생벤처기업과 같이 현재 현금 흐름이 존재하지

1 Copeland, Koller and Murrin (1994) 참조

않거나 음수일 경우 혹은 향후 일정기간동안의 미래 현금 흐름이 불투명한 경우 등에는 적합한 방법이 될 수 없다. 또한 기업에게 있어서 위험은 단순히 회피해야 되는 요소가 아닌, 때로는 능동적으로 수용하고 대처하여 새로운 기회로 전환시킴으로서 가치를 창출할 수 있는 요소가 될 수 있으므로, 가치평가자는 기업이 직면하고 있는 위험을 단지 기업의 가치를 할인하는 데에만 이용할 것이 아니라, 기회로 전환되어 가치창출을 할 수 있는 가능성으로도 평가하여야 한다. 이러한 면에서 현금흐름 할인법은 유형가치만을 측정할 수 있는 한계를 갖고 있다.

한편, 최근 많은 연구자들에 의해 제안되고 있는 실물옵션 가치평가법은 기존의 방법에 비하여 크게 두 가지의 장점을 가지고 있다. 첫째는 현금흐름 할인법을 포괄하는 보다 일반적인 방법으로서 평가자산이 창출하게 될 미래 현금에 의한 유형적 가치 뿐 아니라, 기업에게 노출되어 있는 위험을 능동적으로 고려하고 있으며, 평가자산의 운영계획과 관련된 경영방식에 따라 창출될 수 있는 여러 전략적 경영가치(Strategic Value)<sup>2)</sup>, 투자 및 경영 계획안 자체의 신축성과 유연성(Operating Flexibility)에 따른 가치<sup>3)</sup> 등을 평가할 수 있다는 점이다. (Trigoergis, 1988) 이미 안정적인 영업활동을 하고 있어 유형자산가치가 높은 비중을 차지하고 있는 회사의 경우에는 이러한 전략적 가치와 유연성의 가치가 상대적으로 중요하지 않을 수 있으나, 유형가치의 비중이 낮은 신생 벤처기업일수록 더욱 중요하게 된다. 더구나 벤처기업의 경우 이러한 무형적인 가치 중의 하나인 성장가치가 전체 가치 중에서 차지하는 비중이 상당히 크다는 특징을 가지고 있으므로 유형적인 자산만을 평가할 수 있는 현금흐름 할인법을 사용하면 벤처기업의 가치를 왜곡하여 평가할 가능성이 높다.

두 번째는 실물옵션 접근법에 의해 기업이 보유하고 있는 다양한 기회(옵션)와 위험에 대한 체계적인 분석과 검토를 실시한 후 기업가치를 극대화할 수 있도록 기업의 위험수용 능력 하에서 옵션들을 재설계할 수 있다는 점이다. Amram and Kulatilaka(1999)는 이러한 점에서 실물옵션 접근법이 단순한 도구의 차원을 넘어서는 하나의 혁신적인 사고방식(The way of thinking)이라는 점을 지적하고, 기업의 투자전략 수정에 이러한 실물옵션 접근법을 사용하도록 권장하였다. 한편, 최적투자시점(Optimal Timing)의 결정에 관하여 Alvarez(1999), Cortazar and Casassus(1998), Martzoukos and Teplitz-Sembitzky (1992), Majd and Pindyck(1987), Dixit and Pindyck(1994), Farzin, Huisman, and Kort(1998) 등의 많은 연구들이 발표되었으며, 또한 Harvard Business Review에 발표된 Dixit and

2 미래의 불확실한 기술변화와 시장변화를 고려하여 앞으로 어떠한 경영전략을 계획하고 있는가는 바로 그 회사가 창출할 수 있는 가치와 밀접하게 연결되어 있다. 좋은 전략을 가지고 있는 회사가 그렇지 못한 회사에 비하여 더 많은 가치를 창출할 수 있는 것은 자명하다.

3 계획안의 유연성은 단계별 계획을 수립하고 한 단계의 계획이 실행된 이후 그 다음 단계의 계획은 시장상황의 변화나 경영여건의 변화 등에 따라 '계속 진행(to go)' 혹은 '포기(to stop)'을 할 수 있는 선택의 권리를 계획안속에 내재시킴으로서 커지게 된다. 유연성이 커질수록 위험에 대해 보다 능동적으로 대처할 수 있고, 초기 계획된 바대로 무조건적인 실행을 할 경우 발생할 수 있었던 손실을 예방할 수 있으므로 유연성으로 인한 가치창출이 가능하다.

Pindyck(1995), Luehrman(1998a, 1998b) 등의 논문들은 기업의 최고경영자나 관리자들이 실물옵션 접근법을 직접 실무에 적용시킬 수 있도록 소개하기도 하였다.

이러한 취지에서 본 연구에서는 실물옵션 가치평가법을 이용하여 IT 벤처기업의 특성을 고려한 기업 가치의 측정방법 및 기업의 투자계획안 분석을 통해 최적투자시점 도출과정을 제시하였다. 이를 위하여 다음의 2장에서는 여러 가지 전략적 상황에 따라 보유될 수 있는 개별 실물옵션들을 소개하고, 각 실물옵션의 가치평가방법을 설명하였으며, 3장에서는 여러 가지 실물옵션들을 동시에 존재하고 있을 경우에 사용되는, 옵션간의 상호작용을 고려한 복합옵션(Compound Option) 평가모형을 소개하였다. 4장에서는 실제로 기업의 가치평가를 위하여 실물옵션 가치평가모형이 어떻게 사용될 수 있는지를 보이기 위하여 가상적인 IT 벤처 기업 A사를 가정하여, 본문에 소개된 모형을 통한 기업의 가치평가 및 최적투자시점의 분석 사례를 제시하였다. 일반적인 IT 기술벤처기업의 가치평가에 그대로 적용할 수 있는 가치평가 모형을 구성하기 위하여, 신생벤처기업의 특성이라 할 수 있는 성장옵션 및 IT 기술 특성인 모듈성 (Modularity)에 의한 스위칭 옵션을 동시에 보유하고 있다고 가정하여 분석하였다.

본 논문에서는 기업의 유형적 가치만을 평가한 것이 아니라, 기업이 직면한 기술적, 상황적 특성을 반영하는 옵션들을 분석하여 무형적 가치를 포함한 전체 기업 가치를 평가하였다. 또한 다수 옵션들을 보유하였을 경우, 옵션간의 상호작용을 고려한 복합옵션모형을 이용하여 가치를 측정하고, 이를 간과했을 때의 평가 결과와 비교함으로써 그 중요성을 입증하였다.

## 2. 개별 실물옵션 평가방법

Trigeorgis(1996)는 개별 실물옵션으로써 성장옵션(Growth Option, Option to Expand), 연기옵션(Timing Option, Option to Defer, Option to Wait), 포기 옵션(Option to Abandon), 축소옵션(Option to Contract), 스위칭옵션(Option to Switch)을 소개하였다. 그러나 기업이 미래에 어떠한 전략적 선택을 할 수 있는가에 따라 더욱 다양한 종류의 실물옵션이 존재할 수 있으며, 따라서 기업 고유의 산업적, 기술적, 경영적 특성을 고려한 여러 가지 형태의 실물옵션들을 개발하고 그에 따른 평가모형을 제시하는 것도 앞으로 연구될 수 있는 부분 중의 하나라 할 수 있다.

위에 제시된 실물옵션들의 가치평가는 금융옵션에서 개발된 여러 가지 옵션가격모형을 이용할 수 있으나, 그 모형에 관한 정확한 이해 없이 사용할 경우 잘못된 결과를 제시할 수 있으므로 주의하여야 한다. 옵션가격을 구하려면 우선 그 옵션의 기초자산이 어떠한 확률과정(Stochastic Process)을 따르고 있는지에 관한 정보를 알아야 한다. 예를 들

어, 대표적으로 많이 사용되는 블랙-숄즈 모형(Black and Scholes, 1973)은 기초자산에 대한 확률과정을 기하 브라운 운동 (Geometric Brownian Motion, 이하 GBM)으로 가정하고 블랙-숄즈 확률 미분 방정식을 유도하여 그 해를 제시한 것이다. 그러나 GBM 이외에도 대표적인 평균회귀 확률과정(Mean-reverting Stochastic Process)에 속하는 펠러의 이중근 프로세스 (Feller's square root process)와 온슈타인-울렌벡 프로세스(Ornstein-Uhlenback process) 등 여러 형태의 확률과정이 존재하며, 따라서 정확한 옵션가격 평가를 위해서는 먼저 기초자산에 대한 확률과정을 명확히 규명하여야 한다.<sup>4)</sup> 어떻게 기초자산의 확률과정을 가정하느냐에 따라 옵션가격모형은 달라지며, 블랙-숄즈 모형과는 다르게 수치 해석 시뮬레이션 기법을 통해서만 그 해를 구할 수 있는 경우도 있다. 한편, 매우 혁신적인 기술을 가진 기업의 제품이 시장에 진입하는 경우 기초자산의 변동성이 더 커지게 되므로 기초자산의 확률과정 내에 점프 프로세스 (Jump Process)를 추가하여 모형화할 수 있다.<sup>5)</sup>

본 장에서는 지금까지 개발된 개별 옵션의 가치에 모형을 제시하기 위하여 기초자산의 가치가 GBM을 따른다고 가정하여 성장옵션, 연기옵션, 포기옵션, 스위칭옵션에 관한 가치평가 모형을 소개하기로 한다.<sup>6)</sup>

## 2.1 성장 옵션 (Growth Option)

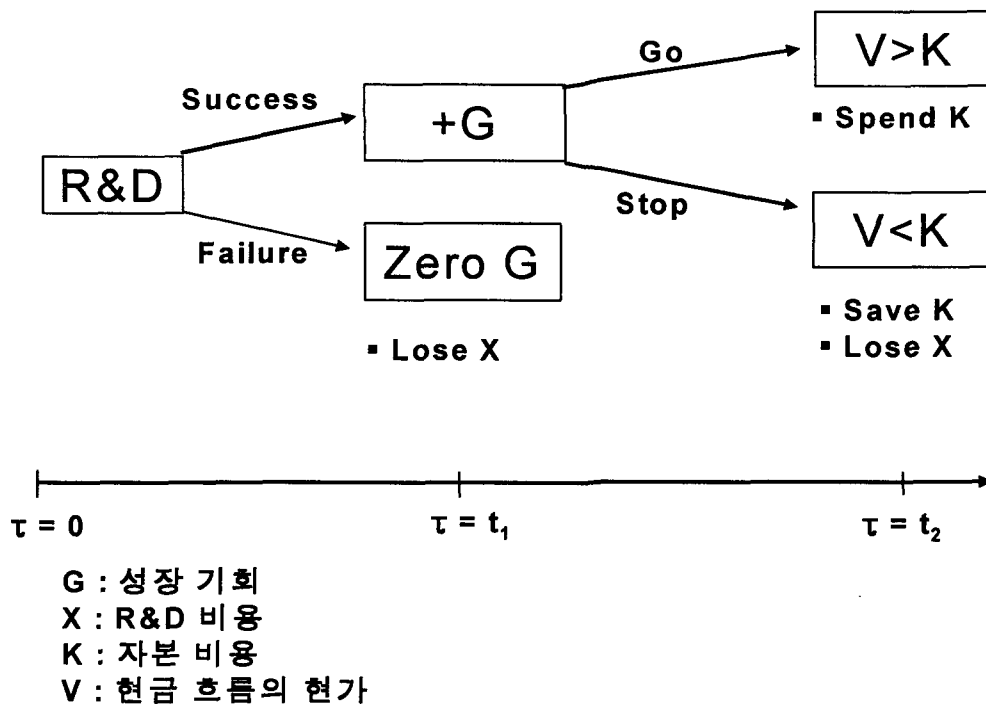
성장 옵션은 Myers(1977)가 처음으로 제시한 용어로서 초기의 작은 투자로 미래의 추가적인 투자(follow-on investment)가 가능해지고, 추가적인 투자를 통해 많은 수익을 얻을 수 있도록 하는, 즉 성장을 할 수 있도록 하는 권리라고 정의된다. 보통 추가적인 투자비용은 초기 비용보다 상당히 큰 경우가 대부분이다. 예를 들어, 그림 [2-1]에서처럼 2 단계 기술개발 투자안은 순수 기술개발단계(1단계)와 상용화단계(2단계)로 구분할 경우, 의사결정자는 기술개발완료시점에서의 시장 환경에 따라 상용화단계를 선택할 것인지를 결정할 수 있다. 이는 기술개발연구가 시작될 때부터 미리 상용화 단계까지의 투자를 확정적으로 결정하는 것이 아니라 일단 기술개발연구를 시작한 후 나중에 상용화 투자결정을 내릴 수 있도록 하는 것이다.<sup>7)</sup> 그렇게 함으로써 투자안의 유연성이 높아지고, 위험을 좀더 능동적으로 수용하게 되어 투자안 전체의 가치가 높아지게 된다. 현실적으로 기술개발시 적정 투자를 통해 가능성을 확인한 이후 그 가능성에 따라 개발과 포기를 결정하게 된다. 뿐만 아니라 개발이 결정되고 개발 비용이 투자되면 이후 다시 시장 상황에 따라 상용화 결정을 위한 선택의 단계를 가지게 된다.

4 확률과정에 관한 자세한 내용은 Dixit and Pindyck (1994)의 3장, Merton (1990)의 3장, Karatzas and Shreve (1988) 참조

5) Pennings and Lint (1997) 참조

6 기초자산의 확률과정에 대한 가정이 일치하므로 Black and Scholes (1973)에 제시한 옵션가격의 형태와 유사한 해들이 도출된다.

7 일반적으로 기술개발 투자비용은 상용화 투자비용에 비하여 상당히 작은 값이다.



[그림 2-1] 단계별 기술 개발 투자안<sup>8)</sup>

이러한 2단계 기술 개발 투자 모형의 성장옵션가치,  $GOV_s$  (Growth Option Value) 는 Black and Scholes (1973)가 제시한 유러피안 콜 옵션의 가격모형을 이용하여 식 (2-1) 과 같이 구할 수 있다.

$$(2-1) \quad GOV_s = Ve^{-r\tau}N(h) - Ke^{-r\tau}N(h - \sigma\sqrt{\tau})^9$$

여기서 파라미터의 값은 다음과 같이 정의된다.

$V$  = 기초자산의 가치(미래 현금 흐름의 현재가치)

$K$  = 투자 비용

$\tau$  = 만기 시점

$\sigma$  = 기초자산의 수익률의 변동률

$$h = \frac{\ln(V/K) + (r + 1/2\sigma^2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$$

$N(\cdot)$  = 표준 정규분포의 누적 확률 함수

8 Otto, R. E. (1998) 참조.

9 유도 방법은 3장에서 제시된 단일 옵션의 블랙-숄즈 모형 해와 유사하다.

## 2.2 연기 옵션 (Option to Delay)

현재 시점에서 미래의 투자시점 및 투자비용이 결정되었다 하더라도 실제 기업의 투자결정은 그 시점에서 직면한 기술적, 시장적 상황에 따라 달라질 수 있다. 초기에 예상한 것과 달리 투자시점이 되었을 때에도 기술적, 시장적 불확실성이 여전히 많이 남아 있는 상태라면, 불확실성이 어느 정도 해소된 후에 투자를 하기 위해 투자시점을 훗날로 연기하는 것이 바람직하다. 그러나 만약 시장에 진입하고자 하는 경쟁기업들이 다수의 경우, 혹은 시장에 처음 진입한 선점자의 이득이 큰 경우 등과 같은 상황에서는 투자를 연기함으로써 미래에 발생할 수도 있었던 손실을 예방할 수 있는 효과보다 시장에 일찍 진입하지 못함으로써 발생하는 손실이 더욱 클 수 있다. 이와 같이, 상황에 따라 기업은 투자를 연기할 수 있는 옵션을 갖기도 하지만, 그렇지 못한 경우도 있다. 이러한 옵션은 Option to Delay, Option to Wait (McDonald and Siegel, 1986)<sup>10</sup>, Timing Option(Kemna, 1993)과 같이 여러 가지 형태의 용어로 표현되는데, 이는 투자를 연기할 수 있는가, 투자시점을 기다릴 수 있는가, 어느 시점에서 투자를 하는 것이 최적인가, 이상의 3가지로 동시에 표현이 가능하기 때문이다.

McDonald and Siegel (1986)는 미래 수익이 식 (2-2)와 같은 위험 조정된 GBM을 따른다고 가정하고, 투자 비용 I보다 커지는 투자 임계 가치  $V^*$ 를 구하여 연속적인 투자 기회를 가지는 연기옵션 가치 R를 구하면 식 (2-3)과 같다.

$$(2-2) \quad \frac{dV}{V} = (a - D)dt + \sigma dz$$

$$(2-3) \quad R = (V^* - I) / (V / V^*)^b$$

여기서 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

$a$  = 기초자산가치 V의 성장률,  $\sigma$  = 기초자산가치 V의 수익률의 변동률

$$V^* = I \left( \frac{b}{b-1} \right)$$

$$b = \left( \frac{1}{2} - \hat{a} / \sigma^2 \right) + \sqrt{\left( \hat{a} / \sigma^2 - \frac{1}{2} \right)^2 + 2r / \sigma^2}$$

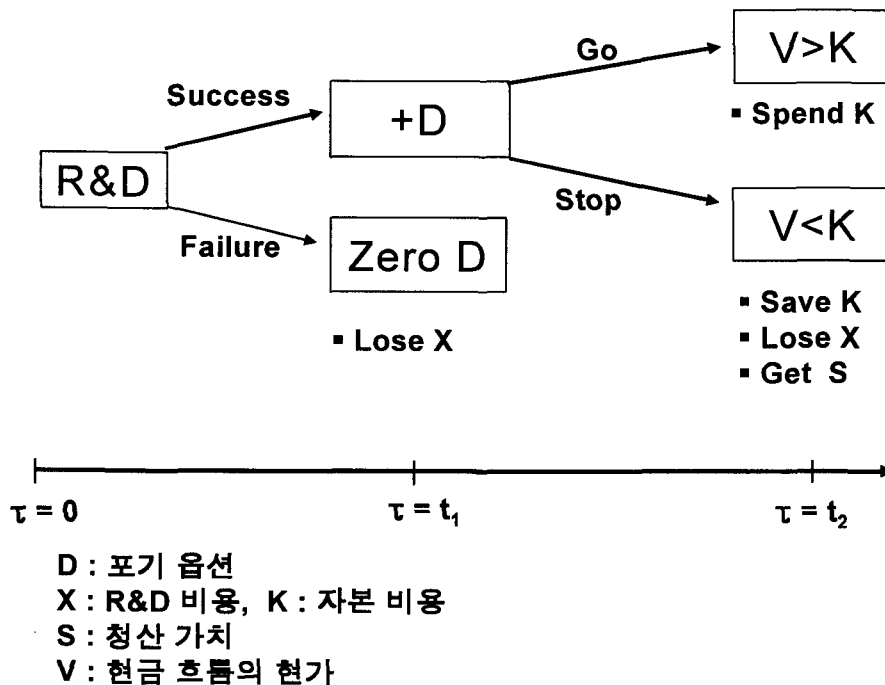
$$\hat{a} = r - D$$

$r$  = Risk-free Interest Rate,  $D$  = 보유수익률

10 McDonald and Siegel (1986)에서는 미래 수익과 초기 보유 수익률이 확률 과정을 따르는 철회할 수 없는 투자의 경우, 순현재가치 (Net Present Value, 이하 NPV)가 연기옵션의 가치 이상이 될 경우에만 초기 계획안대로 투자를 결정해야 한다는 것을 보였다.

## 2.3 포기 옵션 (Option to Abandon)

포기옵션은 McDonald and Siegel(1985) 연구에서 처음 제시되었으며, 시장 여건이 나빠지거나 기술적인 불확실성이 커질 경우 초기 계획을 포기하고 현재의 자산을 매각함으로써 이후 발생할 수 있었던 추가적인 손실을 막고 청산가치를 얻을 수 있는 권리라고 정의될 수 있다. 아래 [그림 2-2]와 같이 2단계 기술개발 투자안의 경우, 상용화 투자를 포기한다면, 개발된 기술 자산은 매각이나 라이선스를 통해 청산 가치를 지닐 수 있게 된다. 행사시점이 정해진 포기 옵션은 금융 자산의 유러피안 풋옵션 형태로서 블랙-숄즈 모형을 이용하여 구할 수 있다.



[그림 2-2] 청산 가치에 의한 포기 옵션

이를 바탕으로 포기옵션의 가치,  $AOV$ 를 구하면 식 (2-4)으로 주어진다.

$$(2-4) \quad AOV(S, X_0; t) = S e^{-rt} N(-(d - \sigma\sqrt{\tau}) - X_0) - X_0 N(-d)$$

여기서 변수 및 파라미터는 다음과 같이 정의 된다.

$S$  = 청산 가치

$X_0$  = R&D 비용의 현가

$r =$  Risk-free Interest Rate

$$d_1 = \frac{\ln(X_0/S) + (r + 1/2\sigma^2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$$

$$\tau = t_1$$

$\sigma =$  청산가치 수익률의 표준편차

그러나 위에서 제시한 것처럼 어떤 정해진 시점(만기)에서만 포기 옵션을 행사할 수 있다고 하기보다 옵션을 행사할 수 있는 시점의 한계가 정해져 있으며, 그 이전에는 아무 때라도 적합한 시점에서 옵션을 행사할 수 있다고 보는 것이 현실적이다. 이러한 경우 포기 옵션은 어메리칸 풋옵션의 형태를 띠게 되며, 아래와 같은 과정을 통하여 가치평가를 할 수 있다.<sup>11)</sup> 먼저 기술 자산의 총 가치,  $V$ 가 식 (2-5)와 같은 보유 편익률 ( $D = CF/V$ )을 고려한 GBM을 따른다고 가정하고 청산 가치를  $S$ <sup>12)</sup>, 변동율을  $\sigma$ 라 하면,

포기 옵션의 가치  $A(V, \tau)$ 는 식 (2-6)와 같은 확률 미분 방정식의 해로서 정의된다. 이러한 확률 미분 방정식은 블랙-숄즈 모델과 같이 Closed-Form 해를 주지 못하므로 수치 해석을 통해 그 해를 구하여야만 한다.

$$(2-5) \quad \frac{dV}{V} = (a - D)dt + \sigma dz$$

$$(2-6) \quad \frac{1}{2} \sigma^2 V^2 A_{VV} + (r - D)VA_V - A_\tau - rA = 0$$

$$\text{s.t.} \quad A(V, 0) = \max[S - V, 0]$$

$$A(0, \tau) = S$$

$$A(\infty, \tau) = 0$$

## 2.4 스위칭 옵션 (Option to Switch)<sup>13)</sup>

스위칭 옵션은 두 위험 자산의 가치의 변동에 따라 미래 보유 자산을 다른 자산으

11 Myers and Majd (1990) 참조

12 청산 가치 또한 확률 과정(Stochastic Process)을 따른다고 가정할 수도 있다.

13 Margrabe (1978) 참조



로 교환할 수 있는 권리로 정의된다. 두 위험 자산  $V, S$ 의 미래 현금 흐름이 각각 식 (2-7)과 식 (2-8)의 확률 과정을 따르고 있으며, 이들의 변동률을  $\sigma, \sigma'$ , 상관계수를  $\rho$ 이라면, 스왑 옵션의 가치  $SOV$ 는 식 (2-9)과 같이 주어진다.

$$(2-7) \quad \frac{dV}{V} = a dt + \sigma dz$$

$$(2-8) \quad \frac{dS}{S} = a' dt + \sigma' dz$$

$$(2-9) \quad SOV(V, S, \tau) = VN(d) - SN(d - s\sqrt{\tau})$$

위 식에 사용된 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

$$d = \frac{\ln(V/S) + 1/2s^2\tau}{s\sqrt{\tau}}$$

$$s^2 = \sigma^2 + \sigma'^2 - 2\rho\sigma\sigma'$$

### 3. 복합 실물옵션 가치측정법<sup>14)</sup>

일반적으로 기업의 계획안 내에는 투자 및 경영 전략에 따라 다양한 형태의 실물옵션들이 존재하게 되며, 따라서 위에서 소개한 개별 실물옵션의 가치평가 모형을 기업가치평가를 위해 그대로 적용하기 힘들다. 특히, 두 개 이상의 옵션들이 동시에 존재할 경우, 옵션간의 상호작용으로 인하여 전체 계획안의 가치가 각각 개별 옵션들의 가치들의 산술적인 합의 형태가 아닌 경우가 대부분이므로 이러한 경우 복합 옵션(Compound Option)의 가치평가 모형으로 평가해야 한다.

Kulatilaka(1995)는 다수의 실물옵션들이 존재할 경우 옵션간 상호작용을 대체성(substitutability)과 보완성(complementarity)으로 표현하고, 서로 보완적인 옵션들의 전체 가치는 개별적 가치의 합보다 더 크고, 서로 대체적인 옵션들은 그 반대의 경우라는 것을 밝히었다. 또한 Lose(1998)은 대규모의 인프라 사업은 사적인 자본 제공자와 정부 사이의 계약에 많은 체화된 옵션 상호 작용하는 옵션의 영향이 유의미하다는 것을 지적했으며, 계약 안에 체화된 옵션(Embedded Option)의 무시는 프로젝트 가치를 과소평가할 가능성이 있음을 보였다.

본 3장에서는 먼저 일반적인 콜옵션과 풋옵션, 콜옵션과 풋옵션의 복합 옵션 등의 가치를 구하는 수식을 보이고, 이를 기반으로 기본적인 복합 성장 옵션과 성장 옵션-스왑

14 Trigeorgis (1996) 및 Geske (1979) 참조

칭 옵션의 복합 옵션의 가치를 제시하기로 한다.

### 3.1 콜(풋)-콜(풋) 복합 옵션

복합 옵션의 가치평가모형을 소개하기 위하여 먼저 Black and Scholes (1973)에서 제시한 콜옵션과 풋옵션의 가격모형의 유도하여 보기로 하자. 시간  $t$ 에서 자산 가치  $V_t$ 가 식 (3-1) 과 같은 위험 조정된 GBM을 따른다고 가정하고, 자산의 위험 중립적 확률 밀도 함수를  $f(V_t | V_0)$ , 행사 가격을  $K$ 라고 할 때, 콜옵션이 내가격(in the money)을 가질 확률과 풋옵션이 내가격(in the money)을 가질 확률은 각각 식 (3-2)과 식 (3-3)로 주어진다.

$$(3-1) \quad \frac{dV_t}{V_t} = \hat{\alpha}dt + \sigma dz, \quad \hat{\alpha} = \alpha - \lambda\sigma = r - D$$

$$(3-2) \quad P_L \equiv \text{prob}(V_t \geq K) = \int_K^\infty f(V_t | V_0) dV_t = N(d - \sigma\sqrt{\tau})^{15)}$$

$$(3-3) \quad P_F \equiv \text{prob}(V_t \leq K) = \int_0^K f(V_t | V_0) dV_t \\ = 1 - N(d - \sigma\sqrt{\tau}) = N(-N(d - \sigma\sqrt{\tau}))$$

위의 내가격 확률을 통해 콜옵션의 내가격 기대값<sup>16)</sup> 과 풋옵션의 내가격 기대값<sup>17)</sup> 을 구하면 각각 식 (3-4)와 식 (3-5)이 되며, 따라서 위에 주어진 확률과 기대값을 통해 단일 유러피안 콜옵션과 풋옵션의 가치를 구하면 각각 식 (3-6)과 식 (3-7)과 같다.<sup>18)</sup>

$$(3-4) \quad \widehat{E}_0[V_t | V_t \geq K] \text{prob}(V_t \geq K) \equiv \int_K^\infty V_t f(V_t | V_0) dV_t = V_0 e^{r\tau} N(d)$$

$$(3-5) \quad \widehat{E}_0[V_t | V_t \leq K] \text{prob}(V_t \leq K) \equiv \int_0^K V_t f(V_t | V_0) dV_t = V_0 e^{r\tau} N(-d)$$

$$(3-6) \quad C_0(V_0, K; t) = e^{-r\tau} \int_K^\infty (V_t - K) f(V_t | V_0) dV_t = V_0 N(d) - Ke^{-r\tau} N(d - \sigma\sqrt{\tau})$$

$$(3-7) \quad P_0(V_0, K; t) = e^{-r\tau} \int_0^K (K - V_t) f(V_t | V_0) dV_t$$

15 자산 가치가 GBM을 따르면 그 로그값인 수익률의 밀도 함수는 정규 분포를 따르게 된다.

16  $V_t \geq K$  인 경우의 기대값

17  $V_t \leq K$  인 경우의 기대값

18 2장에서 주어진 개별 실물옵션 가치는 자산 가치와 행사가격이 달라질 뿐 기본적으로 (3-6), (3-7) 과 같은 도출 방법을 가진다.

$$= Ke^{-r}N(-(d-\sigma\sqrt{\tau}) - V_0N(-d))$$

복합 옵션의 가치를 구하는 방법도 앞서 도출한 단일 옵션의 가치를 구하는 방법과 그 내용은 본질적으로 일치한다. 따라서 t 시점에서의 자산 가치,  $V_t$ 에 대해 각각 행사 가격으로 K, E를 가지는 두 옵션을 고려할 경우, 앞선 풋옵션이 행사되지 않는 상황에서 후방 콜옵션이 내가격일 확률,  $P_{\bar{F},L}$ 과 앞선 풋옵션과 뒤의 콜옵션이 동시에 내가격일 확률  $P_{F,L}$ 을 구하면 각각 식 (3-8)과 식 (3-9)로 주어진다.

$$(3-8) \quad P_{\bar{F},L} = \int_{V^*}^{\infty} N(d_2) f(V_1 | V_0) dV_1$$

$$= \int_{V^*}^{\infty} \int_K^{\infty} f(V_2 | V_1) f(V_1) dV_2 dV_1 = B(d_2^*, d_2; \rho)$$

$$(3-9) \quad P_{F,L} = \int_0^{V^*} \int_K^{\infty} f(V_2 | V_1) f(V_1) dV_2 dV_1 = B(-d_2^*, d_2; -\rho)$$

위 식에 사용된 각 파라미터와 변수는 다음과 같이 정의된다.

$r =$  Risk-free Interest Rate

$$d_1 = \frac{\ln(V/K) + (r + 1/2\sigma^2)\tau_2}{\sigma\sqrt{\tau_2}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\tau_2}$$

$$d_1^* = \frac{\ln(V/V^*) + (r + 1/2\sigma^2)\tau_1}{\sigma\sqrt{\tau_1}} \quad (V^* \text{은 복합옵션이 행사되기 위한 임계 가치}^{19))$$

$$d_2^* = d_1^* - \sigma\sqrt{\tau_1}$$

$N(\cdot) =$  (Univariate) 표준 정규분포의 누적 확률 함수

$M(a, b, \rho) =$  Bivariate 정규 분포의 누적 확률 함수

(적분 상한과 하한이 각각 a와 b이고 상관계수가  $\rho (= \sqrt{\frac{\tau_1}{\tau_2}})$ )

그리고  $V_t N(d_1)$ 에 대한 적분의 결과가 식 (3-10)으로 주어지고  $V_1 \leq V^*$ 일 기대값을 구하면 식 (3-11)과 같다.

$$(3-10) \quad \int_{V^*}^{\infty} V_t N(d_1) f(V_t | V_0) dV_t = V_0 e^{r\tau} B(d_1^*, d_1, \rho),$$

---

19 Second Call Option 가치가 보다 크면 행사될 수 있으므로  $S(V^*) - K^* = 0$ 을 풀어서 구할 수 있다.

$$(3-11) \quad \widehat{E}_0[V_1|V_1 \leq V^*]P_{F,L} \equiv \int_0^{V^*} V_1 N(d_1) f(V_1|V_0) dV_1 \\ = V_0 e^{\pi_1} B(-d_1^*, d_1; -\rho)$$

같은 방법으로  $V_1 \geq V^*$ 일 기대값을 구하고 두 경우의 기대값의 현가를 구하면 각각 식 (3-12)과 (3-13)과 같다.

$$(3-12) \quad e^{-\pi_1} \widehat{E}_0[C_1(V_1, K; t_2 - t_1) | V_1 \geq V_1^*] P_{\bar{F},L} \\ \equiv e^{-\pi_1} \int_{V^*}^{\infty} C_1(V_1, K; t_2 - t_1) f(V_1|V_0) dV_1 \\ = V_0 B(d_1^*, d_1; \rho) - Ke^{-\pi_2} B(d_2^*, d_2; \rho)$$

$$(3-13) \quad e^{-\pi_1} \widehat{E}_0[C_1(V_1, K; t_2 - t_1) | V_1 \leq V_1^*] P_{F,L} \\ \equiv e^{-\pi_1} \int_0^{V^*} C_1(V_1, K; t_2 - t_1) f(V_1|V_0) dV_1 \\ = V_0 B(d_1^*, d_1; \rho) - Ke^{-\pi_2} B(-d_2^*, d_2; -\rho)$$

이 현가를 바탕으로 콜옵션-콜옵션의 복합 옵션의 가치와 풋옵션-콜옵션의 복합 옵션 가치는 각각 식 (3-14)와 (3-15)로 주어진다.<sup>20)</sup>

$$(3-14) \quad CC \equiv C_0(C_1(V_1, K; t_2 - t_1), E; t_1) \\ \equiv e^{-\pi_1} \int_{V^*}^{\infty} [C_1(V_1, K; t_2 - t_1) - E] f(V_1|V_0) dV_1 \\ = [V_0 B(-d_1^*, d_1; \rho) - Ke^{-\pi_2} B(d_2^*, d_2; \rho)] - Ee^{-\pi_1} N(d_2^*)$$

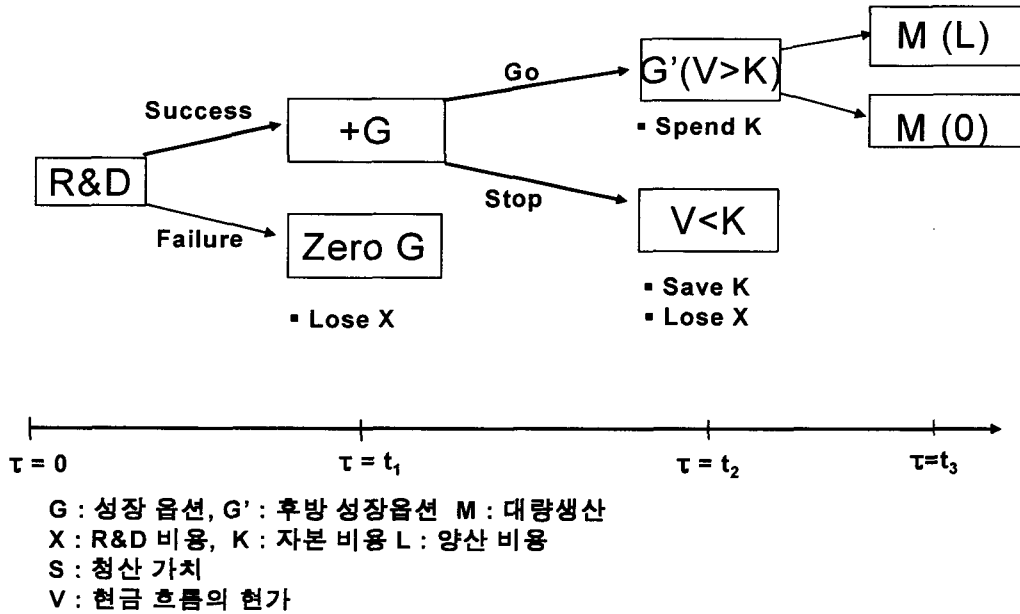
$$(3-15) \quad PC \equiv P_0(C_1(V, K; t_2 - t_1), E; t_1) \\ \equiv e^{-\pi_1} \int_0^{V^*} [E - C_1(V_1, K; t_2 - t_1)] f(V_1|V_0) dV_1 \\ = Ee^{-\pi_1} N(-d_2^*) - [V_0 B(-d_1^*, d_1; -\rho) - Ke^{-\pi_2} B(-d_2^*, d_2; -\rho)]$$

### 3.2 성장 복합 옵션

아래의 [그림 3-1]과 같이 R&D-상용화-양산의 3단계 기술 개발 투자안의 경우는 2

20 Geske, R. (1979) 참조

단계 투자안에서 적용되었던 단일 성장 옵션모형을 사용할 수 없으며, 대신 다음과 같은 복합 성장 옵션모형으로 평가하여야 한다.



[그림 3-1] R&D-상용화-양산 3단계 기술 개발 투자안

위의 단계별 투자안에는 (1) 선행되는 기초 연구 투자 시점에서 개발 투자 시점에서의 성장옵션이 존재하며, (2) 개발 투자 시점에서 양산 투자 시점에서의 성장 옵션이 동시에 나타나는 복합 성장 옵션이 나타난다. 이러한 경우 앞선 옵션의 행사 여부에 따라 후방 옵션이 행사되어 질 수 없는 경우가 발생하고, 앞선 옵션의 행사 여부는 후방 옵션의 가치에 의해 결정되어지므로 복합 성장 옵션의 가치는 단순한 두 성장 옵션의 합이 아니라 두 옵션 간의 상호 작용을 고려한 복합 옵션의 가치를 구하여야 한다.

이를 모델링하기 위해, 먼저 첫 번째 성장 옵션을 C, 두 번째 성장 옵션을 S라 하면 C의 가치는 앞서 2장에서 서술한 단일 옵션 가치가 아니라 S의 행사 여부에 따라 결정되는 복합 옵션의 가치는 식 (3-16)으로 주어진다.

$$(3-16) \text{GOV}_c(F, \tau) = Fe^{-r\tau}M(k, h, \rho)$$

위 식에 사용되는 파라미터와 변수는 다음과 같이 정의 된다.

$F$  = 양산 후 미래 수익(자산)의 가치

$K$  = 양산 투자 비용

$K^*$  = 상용화 개발 투자 비용

$\tau$  = 양산 투자 시점

$\tau^*$  = 상용화 개발 투자 시점

$r$  = Risk-free Interest Rate

$$h = \frac{\ln(F/K) + 1/2\sigma^2\tau}{\sigma\sqrt{\tau}}$$

$$k = \frac{\ln(F/F^*) + 1/2\sigma^2\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \quad (F^* \text{은 복합옵션이 행사되기 위한 임계 가치}^{21)})$$

$N(\cdot)$  = (Univariate) 표준 정규분포의 누적 확률 함수

$M(a, b, \rho)$  = Bivariate 정규 분포의 누적 확률 함수

(적분 상한과 하한이 각각  $a$ 와  $b$ 이고 상관계수가  $\rho (= \sqrt{\frac{\tau^*}{\tau}})$ )

### 3.3 콜옵션-스위칭 옵션의 복합 옵션

앞의 논의를 바탕으로 콜옵션과 스위칭 옵션의 복합옵션 가치를 구하여 보면, 스위칭 옵션에 대한 콜옵션의 가치  $C(S(V, I, \tau), E, \tau')$  는 식 (3-17)로 주어진다.

$$(3-17) \quad C(S(V, I, \tau), E, \tau') = [VB(d_1^*, d_1, \rho) - IB(d_2^*, d_2, \rho)] - EN(d_2^*)$$

여기서 각 변수는 다음과 같다.

$C(S(V, I, \tau), E, \tau')$  = 콜옵션-스위칭 옵션의 복합옵션의 가치.

$E$  = 만기가  $\tau'$  인 콜옵션의 행사 가격

$S(V, I, \tau)$  만기가  $\tau$  이고, 현재 가치가 각각  $V$  과  $I$  인 두위험 자산의 교환 가치 (상관계수가  $\rho$ , 각 자산의 표준편차가 )

---

21 Second Call Option 가치가

보다 크면 행사될 수 있으므로

을 풀어서 구할

수 있다.

$$d_1 = \frac{\ln(R) + \frac{1}{2}s^2\tau}{s\sqrt{\tau}}, \quad d_2 = d_1 - s\sqrt{\tau}, \quad R = \frac{V}{I}, \quad s^2 = \sigma^2 + \sigma'^2 - 2\rho\sigma\sigma'$$

$$d_1^* = \frac{\ln\left(\frac{R}{R^*}\right) + \frac{1}{2}s^2\tau'}{s\sqrt{\tau'}}, \quad d_2 = d_1 - s\sqrt{\tau'}, \quad \rho = \sqrt{\frac{\tau'}{\tau}} \quad (22)$$

#### 4. 실증 사례 연구

실물옵션 가치평가법을 이용한 기존의 연구 사례를 살펴보면, Ottoo(1998)는 R&D 성공률이 지수 분포를 따른다는 가정하에서 생명공학(Biotechnology) 벤처의 기업 가치를 성장 옵션 가치평가 모형을 이용하여 분석하였으며, Schwartz and Moon(2000)은 재무제표와 주가를 바탕으로 파라미터를 추정한 뒤 포기 옵션 가치평가 모형으로 아마존닷컴(Amazon.com)의 기업 가치를 측정하였다. Herath and Park(1999)는 Gillette사의 MACH 3 면도기 프로젝트의 가치를 성장옵션 가치평가 모형을 이용하여 분석하였으며, Krumm and Rolle(1992)는 실물옵션모형을 이용하여 듀퐁(Du Pont)사의 투자안 및 위험분석을 통한 경영 전략을 제시하였다. 한편, Jäle(1999)은 기술 중심 기업의 단계별 기술 개발 단계에서 얻어지는 옵션 가치와 DCF를 통해 얻어지는 가치를 비교하여 그 차이점을 지적하였다. 위와 같이 옵션 가치 평가 기법은 기업 가치 평가 뿐 아니라 연구개발 프로젝트의 가치평가, 기업 경영 전략 분석 등 다양한 분야에 응용되고 있다.

본 연구는 위에서 소개한 실물옵션 가치평가모형이 실제 기업가치 평가에 어떻게 사용될 수 있는지를 제시하기 위하여 가상적인 IT 벤처 기업 A사를 설정하고, 이 회사의 투자계획안내에 일반적인 IT 벤처 기업이 가질 수 있는 성장 옵션과 스위칭 옵션이 내재되어있다고 가정하여, 3.3절에서 소개한 콜옵션-스위칭옵션의 복합옵션 가치평가모형을 이용하여 기업가치 및 최적 투자시점을 분석하였다.

22  $E = qI, R^*N(d_1(R^*)) - N(d_2(R^*)) = q$  을 통해  $R^*$ 을 구한다.

## 4.1 가상적 기업 분석<sup>23)</sup>

A사는 홈네트워킹<sup>24)</sup> 시장에서 ADSL 등의 공용망과 홈 네트워크를 연결시키는 홈 게이트웨이(Residential Gateway, 이하 RG)를 만드는 제조업체이다. 이미 개별 홈 네트워크 기술인 PLC<sup>25)</sup>, HomePNA<sup>26)</sup> 등의 유선 네트워킹 기술에 대한 집적화를 완성하였으며, 기존의 적외선 무선 통신 기술인 IrDA가 탑재된 시제품을 완성하였다. 다만 IrDA 기술이 저속인 문제점 때문에 무선 홈 네트워킹 기술을 보안을 위해 블루투스 및 무선랜(IEEE 802.11b) 기술을 통한 연결 기술을 개발에 착수하였다. 그러나 무선 네트워킹 분야의 기술 표준이 아직 확정적이지 않은 기술적 불확실성이 매우 큰 분야이므로, 한 기술만을 선택하여 개발하면 미래에 아주 위험한 상황에 놓일 수 있다. A사는 이러한 위험을 회피하기 위한 제품의 모듈화 전략<sup>27)</sup>을 가지고 있다. 따라서 A사는 무선랜 중심으로 기술을 개발하되, RG의 모듈화를 통해 블루투스로의 기술 표준 확정이 있을 때에도 쉽게 대응할 수 있도록 하였다. 이는 미래에 무선랜 기술과 블루투스 기술을 교환할 수 있는 스위칭 옵션을 갖고 있는 것과 동일하다.

또한 2003년 이후 홈 네트워킹 시장의 성장과 더불어 급속히 확장될 다양한 콘텐츠 분야 시장을 대비하여, A사는 RG 제조에만 머무르지 않고 RG를 통한 각종 기기의 웹 방식 제어 방법을 기반으로 한 소프트웨어 분야를 추가함으로써 엔터테인먼트 부분을 강화할 계획을 갖고 있으며, 궁극적으로 게이트웨이를 Set-Top Box 형태를 하여 홈서버(Home Server, 이하 HS) 시장으로의 확장을 모색하고 있다. 따라서 A사는 RG 시장과 HS 시장 각각에서의 성장옵션을 가지고 있다.

아래의 그림 [4-1]을 통하여 A사의 향후 3년까지의 투자계획안을 간단하게 나타내었다. 위에서 언급한 A사가 보유한 옵션에 대하여 정리를 하면 다음과 같다.

- (1) 무선 네트워크 기술 개발을 통해 RG에 대한 성장 옵션
- (2) 2002년 7월에 계획되어 있는 Set-top Box 기술 개발 투자로 HS 시장으로의 확장에 대한 성장 옵션
- (3) RG 및 HS 시장 각각에서 무선랜과 블루투스 기술에 대한 스위칭 옵션

그러므로 A사의 기업 가치,  $AFV$ 는 식 (4-1)처럼 RG 시장의 성장-스위칭 복합옵션,

23 본 장에 서술되어 있는 A사의 기술 및 투자 분석 내용은 현실에 존재하지 않는 가상적인 시나리오를 바탕으로 한 것임.

24 가정내 모든 기기를 네트워크화 함으로써 외부 제어 및 정보 교류를 가능케 하는 기술

25 전력선을 이용한 홈 네트워킹 기술

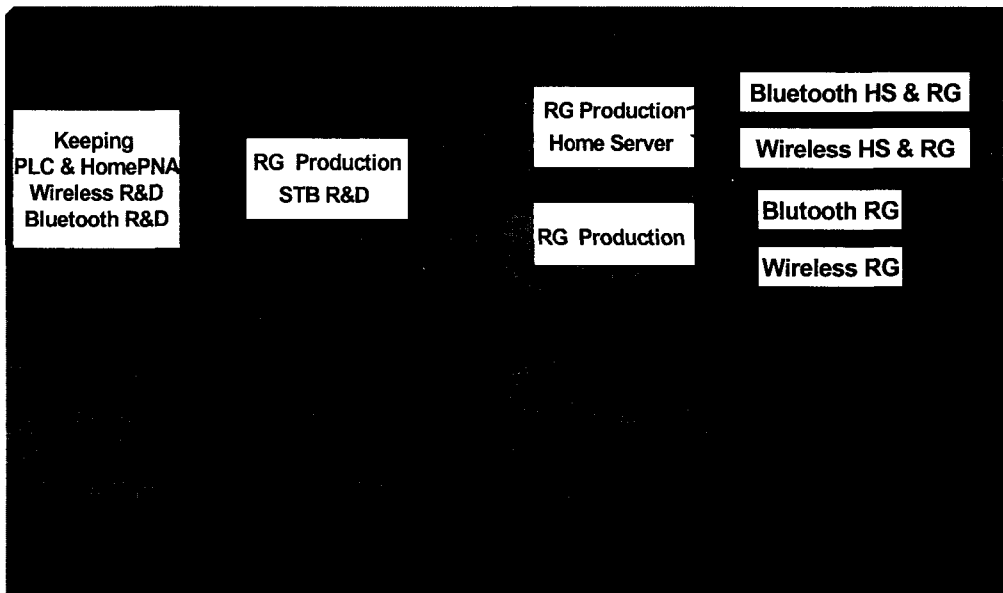
26 전화선을 이용한 홈 네트워킹 기술

27 기술 표준의 바뀔 때 제품내의 모듈만을 교체함으로써 별 다른 비용 없이 기술 표준에 대한 위험을 헷징할 수 있으며, 또한 더 나아가 계속되는 기술 혁신에 따른 용이한 업그레이드의 가능성을 열어 줄 수 있다.



RGGSOV(Residential Gateway Growth-Switching Option Value)와 HS 시장의 성장-스위칭 옵션 HSGSOV(Home Server Growth-Switching Option Value)의 합으로 정해질 수 있다.<sup>28)</sup>

$$(4-1) \quad AFV = RGGSOV + HSGSOV$$



[그림 4-1] 가상적 IT 벤처기업 A사의 단계별 기술 개발 투자안 및 내재 옵션

#### 4.2 분석 자료 및 가정<sup>29)</sup>

서론에서 언급하였듯이 실물옵션의 가치평가법을 이용하기 위해서는 기초자산의 확률과정에 대한 규명이 필요하다. 본 연구에서는 기초자산, 즉 미래 매출규모의 확률과정이 GBM이고 가정하였으며, GBM의 파라미터 중에서 성장률의 경우 세계 게이트웨이 시장의 성장률로부터 추정했으며, 변동률의 경우 코스닥의 네트워크 업체들의 주가지수 변화에 대한 시계열 자료로부터 최우도추정법 (Maximum Likelihood Estimation)으로 추정했다. GBM의 경우 확률 밀도함수가 로그정규 분포이므로 파라미터에 대한 추정치는 식 (4-2)과 같이 얻어진다.

28 두 복합 옵션간의 상호 작용을 피하기 위해 홈서버 시장의 경우 가치 증가분만을 기초 자산으로 정의하여 기초 자산을 분리했다. 따라서 단순한 두 복합 옵션의 합으로 기업 가치가 정의될 수 있다.

29 실제 기업가치 분석을 할 경우는 기술 예측 자료, 시장규모 예측 자료, 평가회사의 재무제표, 기업 CEO를 비롯한 경영진과의 인터뷰 자료, 기술전문가와의 인터뷰 자료 등을 사용하여야 한다. 본 절에서는 분석을 위하여 임의로 자료를 가정하였다.

$$(4-2) \quad \hat{\alpha} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right), \quad \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left(\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) - \hat{\alpha}h\right)^2$$

(여기서 S는 주가, h는 시간간격을 의미한다.)

아래의 표 <4-1>은 식 (4-2)를 이용하여 RG 시장 및 HS 시장 각각에 대하여 무선랜과 블루투스 기술탑재 제품들의 미래 매출액 확률과정의 모수들을 측정한 결과를 비롯하여 모형에 사용된 파라미터의 값을 나타낸 것이다.

<표 4-1> RG 시장과 HS 시장 각각에서의 파라미터값

|                      | <u>RG 시장</u>   |                      | <u>HS 시장</u>   |                  |
|----------------------|----------------|----------------------|----------------|------------------|
|                      | 무선랜 기술<br>탑재제품 | 블루투스 기술<br>탑재 제품     | 무선랜 기술<br>탑재제품 | 블루투스 기술<br>탑재 제품 |
| 월별 성장률               | 2%,            | 1%                   | 10%            | 5%               |
| 월별 변동률               | 24.70%         | 29.64% <sup>1)</sup> | 24.70%         | 29.64%           |
| 초기 매출액               | 3.0억원          | 1.5억원                | 1.0억원          | 0.5억원            |
| 매출대비<br>가변비용 비율      | 0.6            |                      |                |                  |
| 무위험이자율 <sup>1)</sup> | 4%             |                      |                |                  |
| 위험조정 할인율             | 40%            |                      |                |                  |

### 4.3 분석 결과

위와 같이 A사의 기업 고유의 기술적, 경영적 환경을 분석하여 얻은 자료를 이용한 복합옵션 평가모형을 1000번의 시행횟수로 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation)을 한 결과 다음과 같이 기업가치 및 최적 투자 시점을 분석할 수 있었다.

#### 4.3.1 기업가치 분석

다음의 <표 4-2>에서 나타내듯이 RG 시장에서 스위칭 옵션을 고려하지 않고 RG 성장옵션만을 평가하면 성장옵션의 행사시점에 따라 기업가치는 약 9십 2만 달러에서 2백 1십 3만 달러로 나타났으며, 대부분의 경우 NPV는 음으로 나타났다. 그러나 스위칭 옵션의 가치를 고려할 경우 기업 가치는 약 3배 정도로 가치가 상승하여, 행사시점의 변화에 따라 약 2백 2십 4만 달러에서 1천 1백 8십 5만 달러 사이로 나타났다.

<표 4-2> 홈게이트웨이 시장에서의 옵션 가치와 NPV

| \$10000 | Jul-02 | Aug-02 | Sep-02 | Oct-02 | Nov-02 | Dec-02 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jul-02  |        |        |        |        |        |        |
| Aug-02  | 517    |        |        |        |        |        |
| Sep-02  | 636    | 604    |        |        |        |        |
| Oct-02  | 554    | 611    | 537    |        |        |        |
| Nov-02  | 224    | 387    | 505    | 473    |        |        |
| Dec-02  | 444    | 509    | 553    | 339    | 467    |        |
| Jan-03  | 414    | 752    | 245    | 383    | 411    | 459    |
| Feb-03  | 620    | 484    | 642    | 399    | 454    | 324    |
| Mar-03  | 567    | 368    | 770    | 652    | 508    | 439    |
| Apr-03  | 546    | 357    | 488    | 389    | 530    | 442    |
| May-03  | 580    | 507    | 483    | 490    | -29    | 548    |
| Jun-03  | 345    | 246    | 507    | 636    | 489    | 441    |
| Jul-03  | 560    | 456    | 592    | 435    | 1185   | 400    |

| Without<br>Option to<br>Switch | \$10000          | Jul-02 | Aug-02 | Sep-02 | Oct-02 | Nov-02 | Dec-02 |
|--------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                | Growth<br>Option | 190    | 140    | 92     | 112    | 213    | 140    |
|                                | NPV              | -180   | -57    | -41    | -23    | -117   | 19     |

<표 4-3> 홈 서버 시장에서의 옵션 가치와 NPV

| \$10000 | Mar-03 | Apr-03 | May-03 | Jun-03 | Jul-03 | Aug-03 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Mar-03  |        |        |        |        |        |        |
| Apr-03  | 1794   |        |        |        |        |        |
| May-03  | 1963   | 1720   |        |        |        |        |
| Jun-03  | 2125   | 1862   | 1936   |        |        |        |
| Jul-03  | 2838   | 1710   | 1770   | 1654   |        |        |
| Aug-03  | 1952   | 1464   | 1340   | 1568   | 1384   |        |
| Sep-03  | 1939   | 1867   | 1666   | 2181   | 1178   | 1624   |
| Oct-03  | 1781   | 2288   | 1372   | 1301   | 900    | 1012   |
| Nov-03  | 1851   | 2109   | 979    | 1601   | 1093   | 1208   |
| Dec-03  | 1695   | 1680   | 1972   | 1720   | 1565   | 746    |
| Jan-04  | 2411   | 1346   | 1371   | 1138   | 1306   | 1090   |

| Without<br>Option to<br>Switch | \$10000          | Mar-03 | Apr-03 | May-03 | Jun-03 | Jul-03 | Aug-03 |
|--------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                | Growth<br>Option | 576    | 570    | 519    | 472    | 444    | 465    |
|                                | NPV              | 117    | 213    | 204    | 206    | 221    | 305    |

마찬가지로, <표 4-3>를 보면, HS 시장에서의 스위칭 옵션을 고려하지 않은 경우, 성장옵션 가치는 행사시점에 따라 4백 4십 4만 달러에서 5백 7십 6만 달러 사이로 나타

나고, 이 때 NPV는 성장 옵션 가치의 50%에 불과하다. 그러나 스위칭 옵션의 가치를 고려할 경우, 기업 가치는 2배 이상 증가하여 7백 4십 6만 달러에서 2천 8백 3십 8만 정도로 나타난다.

따라서 NPV만으로 기업 가치를 나타낼 경우 크게 저평가될 수 있으며 충분한 가치를 지닌 사업도 포기하는 경우 또한 발생할 수 있다. 또한 옵션 분석시 산업 특성에 따른 특이성에 의한 옵션 가치<sup>30)</sup>를 간과할 경우, 기업 가치가 상당히 저평가 될 수 있음을 보여준다.

#### 4.3.2 최적 투자 시점 분석<sup>31)</sup>

본 절에서는 계획된 투자시점을 변화시켜 현재의 기업가치가 최대가 되도록 하는 최적 투자시점을 제시하였다. 먼저, RG 성장옵션의 행사시점이 A사에서 계획한 RG의 양산 투자 시점 '2002년 7월'에서 늦어도 '2002년 12월'까지 RG를 양산해야 한다는 조건으로 바꾸었으며, RG 스위칭 옵션은 양산 후 1개월 후부터 행사가 가능하다고 가정하였다. 그 결과 <표 4-4>에서 나타나듯이 2002년 11월에 RG를 양산하여 2003년 7월에 스위칭 옵션을 행사할 경우 기업가치는 최대 1천 1백 8십 5만 달러 정도로 나타난다.

HS 성장옵션의 행사시점은 원래 계획된 행사시점인 '2003년 3월'에서 늦어도 '2003년 8월'까지 셋탑박스를 양산해야 한다는 조건으로 바꾸고, HS 스위칭 옵션은 위와 마찬가지로 양산 후 1개월 후부터 행사가 가능하다고 가정하였다. 그 결과 최적투자시점은 셋탑박스 양산의 경우 원래 계획된 2003년 3월이며, 스위칭 옵션은 2003년 7월이다. 이때의 기업가치는 2천 8백 3십 8만 달러 정도로 분석되었다.

따라서 전체 기업가치는 4천 2십 3만 달러 정도로서 투자 시점을 변경함에 따라 원래 계획된 투자안으로 평가한 경우인 3천 4백 7십 4만 달러 정도보다 5백 5십만 달러 정도로 증가하게 된다.

30 A사의 경우 모듈화(Modularity)에 의한 스위칭 옵션

31 본 절에서 제시한 투자 시점 및 기업가치는 가상적인 시나리오에 근거한 것이므로 현실과 무관함.


NPV의 값 역시 원래의 투자계획으로 평가한 경우인 - 6십 3만 달러에서 최적 투자 시점으로 평가하게 되면 - 6천 달러로 약 6십 2만 5천 달러만큼 증가하게 된다.

<표 4-4> 최적 시점에 따른 NPV, 성장옵션가치, 복합옵션 가치

|                               | Market Segment     | Time   | NPV          | Growth Option Without Option to Switch | Growth Option With Option to Switch |
|-------------------------------|--------------------|--------|--------------|--|-------------------------------------|
| Planned Production Investment | RG Market          | Jul-02 | -179.6       | 189.7                                  | 635.8                               |
|                               | HS Market          | Mar-03 | 116.6        | 575.7                                  | 2838.5                              |
|                               | <b>Total Value</b> | -      | <b>-63.1</b> | <b>765.4</b>                           | <b>3474.3</b>                       |
| Optimal Production Investment | RG Market          | Nov-02 | -117.2       | 212.5                                  | 1185.4                              |
|                               | HS Market          | Mar-03 | 116.6        | 575.7                                  | 2838.5                              |
|                               | <b>Total Value</b> | -      | <b>-0.6</b>  | <b>788.3</b>                           | <b>4023.9</b>                       |

|                               | Market Segment | Optimal Switching Timing |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|
| Planned Production Investment | RG Market      | Sep-02                   |
|                               | HS Market      | Jul-03                   |
| Optimal Production Investment | RG Market      | Jul-03                   |
|                               | HS Market      | Jul-03                   |



이상의 내용을 바탕으로 결과를 정리하면, 다음과 같다.

첫째, A사의 계획된 투자 시점 하에서 얻은 기업 가치와 최적 투자 시점 하에서 얻은 기업 가치를 비교하여 보았을 때, 상당한 가치가 증가했음을 알 수 있다. 이는 기업이 보유한 옵션들의 재배치를 통하여 기업가치의 증가가 가능함을 나타내는 것으로, 미래 투자 시점을 선택할 경우 실물옵션 접근법을 통하여 정량적이고 체계적인 방법으로 기업이 직면한 불확실성을 고려할 수 있었음을 의미한다.

### 4.3 민감도 분석<sup>32)</sup>

본 장에서는 가치평가 분석결과의 신뢰도를 알아보기 위하여 추정된 파라미터나 가정한 변수에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 위에서 구한 모든 시점의 평균 옵션 가치를 1로 두고, 추정된 파라미터나 가정한 변수가  $\pm 10\%$  변화할 때<sup>33)</sup> 옵션 가치가 어느 정도 변화하는지 구하였다. 마찬가지로, 모든 시점의 NPV 평균 가치를 1로 두고, 그 변화량을 측정하였으며, 결과가 음의 값을 가질 경우 변화량의 절대치로 표시하였다. 다만 NPV의 경우 대부분이 음의 값 근처의 낮은 값을 가지므로 그 변화량에 있어서는 상대적으로 큰 값을 지니는 옵션 가치보다 크게 나타나고 있다.

<표 4-5> 할인율 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

| 할인율(40%) |       | 20%   | 30%   | 36%   | 44%   | 50%   | 60%   |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RG       | 옵션 가치 | 1.655 | 1.313 | 1.095 | 0.978 | 0.843 | 0.598 |
|          | NPV   | 3.395 | 2.340 | 1.468 | 0.681 | 0.626 | 0.576 |
| HS       | 옵션 가치 | 1.862 | 1.758 | 1.108 | 0.761 | 0.750 | 0.490 |
|          | NPV   | 35.42 | 11.95 | 3.738 | 0.772 | 0.472 | 0.479 |

<표 4-6> 가변비용 비율 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

| 가변비용 비율 q (0.6) |       | 0.5   | 0.54  | 0.66  | 0.7   |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RG              | 옵션 가치 | 0.888 | 0.936 | 1.019 | 0.838 |
|                 | NPV   | 1.069 | 3.109 | 1.376 | 0.643 |
| HS              | 옵션 가치 | 1.061 | 1.128 | 0.948 | 1.034 |
|                 | NPV   | 13.21 | 3.96  | 0.450 | 0.430 |

위의 <표 4-5>에서 보이듯 할인율의 10% 변화에서 옵션 가치는 약 10% 정도의 변화가 있었으나 NPV의 경우 30% 이상 변화할 정도로 더 민감한 것으로 나타났다. 또한 할인율의 변화량을 더 크게 했을 때에도 NPV의 값이 더 크게 변동하였다. <표 4-6>에서 제시되어 있는 60%로 추정된 가변 비용 비율의 민감도 분석에서도 10% 변화에 옵션 가치는 5% 내외의 변화를 보였으나 NPV의 경우 30% 이상의 변화를 보였다. 특히,

32 몬테카를로 분석에서는 시행 반복 횟수가 작을수록 결과의 변화가 파라미터 변화의 영향에서 온 것인지, 매회 반복 시행시 나타나는 무작위성에서 온 것인지 구분하기 힘들다. 본 연구에서는 1000번의 반복 시행을 하였으나, 보다 더 정확한 민감도 수치를 얻기 위해서는 반복횟수를 증가시키는 것이 바람직하다. 혹은 민감도 분석 자체를 반복적으로 시행한 후 그 평균값을 구할 경우에도 보다 정확한 값을 얻을 수 있을 것이다.

33 보다 정확한 민감도 분석은 전문가 의견을 바탕으로 파라미터별 현실적으로 변동 가능한 범위(plausible range)를 구하고, 파라미터가 그 범위 내에서 변동할 때 분석결과는 어느 정도 변하는가를 나타내는 것이다.

가변비용이 낮아지는 경우, NPV의 증가가 두드러지게 나타났다. 따라서 할인율이나 가변 비용 비율이 낮게 추정되는 경우 분석결과가 실제가치보다 크게 나타날 수 있음을 의미하며, NPV 분석시 무엇보다도 올바른 할인율 추정이 보다 정확한 가치 평가 결과를 가져올 수 있음을 알 수 있다.

<표 4-7> 무선랜 변동성 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

| 무선랜 변동성(24.7%) |       | 20%   | 22.3% | 27.1% | 30%   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RG             | 옵션 가치 | 0.598 | 0.961 | 1.08  | 1.37  |
|                | NPV   | 0.610 | 0.844 | 1.027 | 0.931 |
| HS             | 옵션 가치 | 0.876 | 1.098 | 1.153 | 1.848 |
|                | NPV   | 0.666 | 0.977 | 1.006 | 2.070 |

<표 4-8> 블루투스 변동성 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

| 블루투스 변동성(1.2*24.7%) |       | 1     | 1.1   | 1.3   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| RG                  | 옵션 가치 | 0.965 | 0.902 | 1.18  |
|                     | NPV   | 0.947 | 0.997 | 0.794 |
| HS                  | 옵션 가치 | 0.921 | 1.042 | 0.883 |
|                     | NPV   | 1.040 | 1.994 | 1.675 |

<표 4-7>과 <표 4-8>에서 나타내듯이 각각 무선랜과 블루투스의 변동성의 10% 변화에 대해서 옵션 가치와 NPV는 모두 10% 내외의 변화를 보이고 있다. 또한 변동성의 변화량을 보다 늘렸을 경우에도 측정된 가치의 변화량이 상대적으로 적어 앞에서 보여준 할인율이나 가변비용 비율의 경우보다 덜 민감한 것으로 나타났다.

한편, 이론적으로 옵션 가치는 미래 기초자산 수익률의 변동성으로부터 기인한다고 할 수 있으므로 옵션 가치는 이들 파라미터 값에 가장 민감할 것으로 예상되었으나 민감도 분석 결과 변동성은 옵션 가치에 대하여 그다지 영향을 주지 못하였다. 이는 추정된 무선 네트워크 기술의 변동성이 20%가 넘는 큰 값이었으므로 옵션 가치가 변동성 변화에 상대적으로 적게 반응한 것이라 볼 수 있다.

<표 4-9> RG 시장에서의 월 성장률 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

|               |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 무선랜 월성장률 (2%) |       | 1%    | 1.8%  | 2.2%  | 3%    |
| RG            | 옵션 가치 | 0.59  | 0.849 | 0.910 | 1.56  |
|               | NPV   | 3.89  | 1.186 | 0.677 | 0.718 |
| 블루투스 월성장률(1%) |       | 0.5%  | 0.8%  | 1.2%  | 2%    |
| RG            | 옵션 가치 | 1.10  | 1.065 | 0.960 | 1.562 |
|               | NPV   | 0.879 | 0.858 | 0.995 | 0.995 |

<표 4-10> HS 시장에서의 월 성장률 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

|                |       |       |       |       |       |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 무선랜 월성장률 (10%) |       | 5%    | 8%    | 12%   | 15%   |
| HS             | 옵션 가치 | 0.124 | 0.517 | 2.487 | 6.985 |
|                | NPV   | 0.163 | 0.867 | 5.244 | 45.08 |
| 블루투스 월성장률(5%)  |       | 3%    | 4.5%  | 5.5%  | 8%    |
| HS             | 옵션 가치 | 1.204 | 1.175 | 0.916 | 0.609 |
|                | NPV   | 1.061 | 0.590 | 1.561 | 1.309 |

<표 4-11> RG 시장에서의 초기 매출액 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

|                  |       |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 무선랜 초기매출액(3억)    |       | 2억    | 2.7억  | 3.3억  | 4억    |
| RG               | 옵션 가치 | 0.274 | 0.810 | 1.119 | 1.554 |
|                  | NPV   | 2.225 | 0.969 | 0.877 | 0.758 |
| 블루투스 초기매출액(1.5억) |       | 1억    | 1.35억 | 1.65억 | 2억    |
| RG               | 옵션 가치 | 1.168 | 1.101 | 0.893 | 0.709 |
|                  | NPV   | 1.121 | 0.934 | 0.971 | 1.059 |

<표 4-12> HS 시장에서의 초기 매출액 변화에 따른 옵션 가치와 NPV의 가치 변화

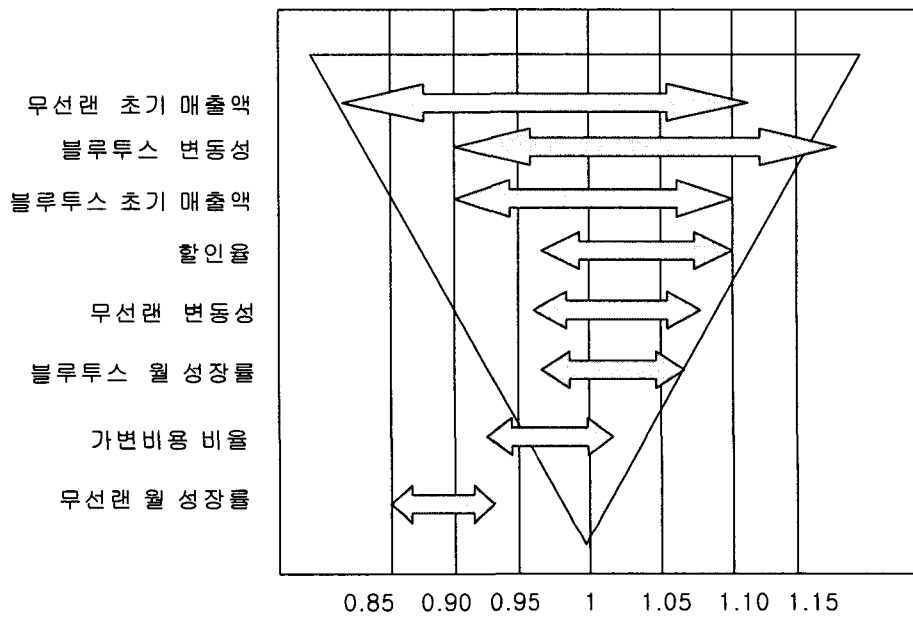
|                  |       |       |        |       |       |
|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 무선랜 초기매출액(1억)    |       | 0.5억  | 0.9억   | 1.1억  | 2억    |
| HS               | 옵션 가치 | 0.434 | 1.098  | 1.074 | 2.388 |
|                  | NPV   | 1.069 | 1.55   | 2.02  | 3.758 |
| 블루투스 초기매출액(0.5억) |       | 0.3억  | 0.45억  | 0.55억 | 0.8억  |
| HS               | 옵션 가치 | 1.221 | 0.9549 | 1.072 | 1.065 |
|                  | NPV   | 0.492 | 1.501  | 0.242 | 2.476 |

<표 4-9>, <표 4-10>, <표 4-11>, <표 4-12>에서 보면, 초기 매출액과 월별 성장률의 변화에서는 HS 시장의 값이 RG 시장에서의 값보다 더 민감한 것으로 나타났으며, 특히 높은 값의 파라미터의 값이 높은 경우 그 변화량이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 파라미터 추정치가 과대 평가될 경우 평가된 가치의 정확성에 큰 영향을 끼칠 수 있음을 알 수 있다. 올바른 옵션가치를 얻기 위해서는 매출액, 월별 성장률의 정확한 추정이 선행되어야 한다.

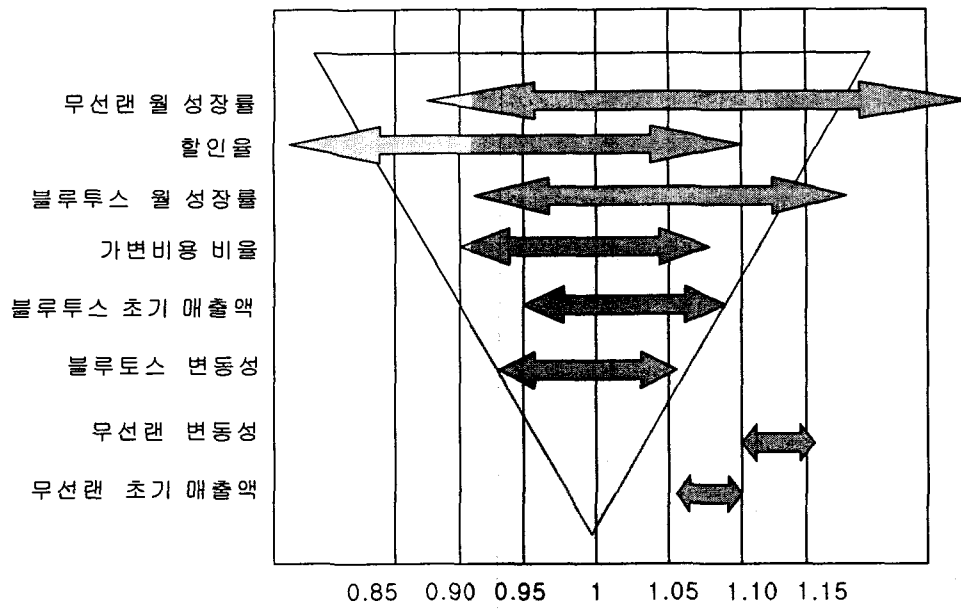
다음의 [그림 4-3]과 [그림 4-4]는 모형 안에서 사용된 파라미터 값들을 각각 10% 변화시켰을 때 RG 시장과 HS 시장에서의 옵션 가치 변화를 나타낸 것이다. 시장의 특성에 따라 민감하게 반응되는 파라미터도 다르게 나타났는데, 무선랜의 초기 매출액에 대



하여 RG 시장에서의 옵션가격은 매우 민감한 반응을 보였으나, HS 시장에서의 옵션가격을 가장 적은 민감도를 나타내었다. 반대로 무선랜의 월 성장률에 대하여 RG 시장에서의 옵션가격은 가장 낮은 민감도를 보이고 있으나, HS 시장의 옵션가격은 가장 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있다. 따라서 각 시장에서의 옵션 가격을 측정할 경우, RG 시장에서는 무선랜 초기 매출액, 블루투스 변동성과 같은 파라미터의 선정에, HS 시장에서는 무선랜 월성장률, 할인율과 같은 파라미터 선정에 보다 신중을 기해야 할 것이다. 민감도 분석 결과, NPV의 결과가 할인율과 가변 비용 비율과 같은 비용구조에 훨씬 민감한 것을 알 수 있고, 옵션 가치는 이에 비해 변동성이나 수익 구조에 더 민감한 것을 알 수 있다. 또한 변동성 변화에 대하여 HS 시장의 경우가 RG 시장에서 보다 상대적으로 민감한 것으로 나타났다.



[그림 4-2] RG 시장에서의 옵션가치 민감도 분석



[그림 4-3] HS 시장에서의 옵션 가치 민감도 분석

## 5. 결론

올바른 IT 벤처기업에 대한 가치평가방법의 정립은 우수한 IT 기술벤처들을 시장에서 적합하게 평가를 받도록 하여, IT 벤처기업의 창업이 활성화됨과 동시에 기술개발의 유인을 높이고, 개발기술의 상품화율을 높여 연구개발의 생산성을 증가시키는데 큰 도움이 된다. 따라서 IT 기술에 대한 단독적인 개발노력 못지않게 현 시점에서는 IT 기술벤처들이 올바르게 가치를 평가받을 수 있는 토양을 정착시키도록 노력하여야 한다.

본 연구는 그러한 취지에서 기업의 가치가 미래 현금흐름으로부터 오는 유형가치뿐만 아니라 기업 고유의 산업적, 기술적, 경영적 특성을 분석하여 얻은 전략적인 무형가치까지 포함하고 있다는 점을 고려하였다. 따라서 최근 많은 관심을 받고 있는 실물옵션 가치평가법을 이용하여 IT 벤처기업의 가치평가모형을 제시하였으며, 특히, IT 벤처기업의 투자계획안 내에는 벤처기업의 특성인 성장옵션과 IT 기술의 특성인 제품의 모듈화에 의한 스위칭 옵션이 존재할 수 있음을 고려하였다. 가상적 기업의 시나리오하에서 기업가치평가 분석 및 최적 투자시점에 대한 시사점을 제시하였다. 대부분의 경우 기업의 투자계획안내에는 2개 이상의 다수 옵션들이 동시에 존재할 경우이므로 옵션간의 상호작용을 고려한 복합 옵션 가치평가 모형을 이용하여야 하며, 만약 두 가지 옵션 중에서 하나를 놓치고 분석할 경우 전체 기업가치에 큰 왜곡을 가지고 올 수 있다. 한편, 실물옵션 접근법은 기업의 가치평가 목적 이외에도 기업의 가치를 최대한으로 이끌어내는 최적 투자 시점의 결정과 같이, 보다 나은 경영 전략을 이끌어낼 수 있다는 점에서 앞으로도 다양한 범위의 응용이 가능할 것이다.

## ABSTRACT

**Hyun-Jung Lee, Jong-Wook Jeong, Jeong-Dong Lee and Tai-Yoo Kim**

Techno-Economics and Policy Program

Seoul National University

\* Corresponding author (hjlee938@plaza1.snu.ac.kr)

In this paper, we propose the valuation frame of the IT(Information Technology) ventures using ROV(Real Options Valuation) model. Generally, ROV can comprises the traditional valuation method such as DCF(Discounted Cash Flow), which can measure only the tangible value of a firm from the expected future earnings, in that ROV can additionally measure the intangible value such as the strategic value of a firm in the uncertain environment.

We set up the hypothetical IT venture future investment plan and assume that there are a

growth option and a switching option consequently along the investment time horizon, which are caused by each characteristics of ventures and IT technologies, especially modularity. In the case that there are several embedded real options in the firm's investment plan in a row, we should apply the compound option pricing model as a real option valuation model in order to consider the value interaction between real options. In an addition, we present the results of optimal investment timing analysis using real options approach and compare them with those of the original assumed investment timing.

From the results of hypothetical IT venture valuation analysis, we found that firstly, by moving the original investment timing into optimal solution, the firm's value can increase by an about 30% maximumly. Secondly, the IT venture's value might be undervalued when we use only discounted cash flow methods for NPV or omit the value of switching options for the value of modularity, whose ad hoc value forms over 50% of the entire firm's value.

## 참고문헌

- Alvarez, L.H.R., "Optimal Exit and Valuation Under Demand Uncertainty: A Real Options Approach," *European Journal of Operational Research* 114, 1999, 320-329
- Amram, M. and N. Kulatilaka, "Real Ooptions," Harvard Business School, 1999
- Black, F. and M. Scholes, "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political economy*, Vol. 81, 1973, 637-659
- Boer, F. P., "The valuation of technology- Business and Financial Issues in R&D," John Wiley & Sons, Inc. 1999
- Copeland, T., Koller, T. and J. Murrin, "Valuation", McKinsey & Company, Inc., 1994
- Cortazar, G. and J. Casassus, "Optimal Timing of a Mine Expansion: Implementing a Real Options Model", *Quarterly Review of Economics and Finance* 38, Special Issue, 1998, 755-769
- Dixit, A. K. and R. S. Pindyck, "Investment under Uncertainty," Princeton University Press, 1994
- Dixit, A. and R. S. Pindyck, "The Options Approach to Capital Investment." *Harvard Business Review*, May-June 1995, 105-118
- Farzin, Y.H., Huisman, K.J.M. and P.M.Kort, "Optimal Timing of Technology Adoption," *Journal of Economic Dynamics and Control* 22, 1998, 779-799

- Geske, R. "The Valuation of Compound Options", *Journal of Financial Economics*, March 1978, 169-176
- Herath, H. S. B. and C. S. Park, "Economic Analysis of R&D Projects : An Options Approach", *The Engineering Economist*, Norcross, 1999
- Jäle, A. J., "Shareholder Value, Real Options, and Innovation in Technology-Intensive Companies", *R&D Management* 29, No.3, 1999, 271-287
- Karatzas, I., and S.E.Shreve, "Brownian Motion and Stochastic Calculus," Springer-Verlag, 1988
- Kemna, A. G. Z., "Case Studies on Real Options". *Financial Management* 22, No.3, 1993, 259-270
- Krumm, F. V. and C. F. Rolle, "Management and Application of Decision and Risk Analysis in Du Pont", *Interfaces* 22, No.6, 1992, 84-93
- Kulatilaka, N., "The Value of Flexibility: A General Model of Real Options," *Journal of Applied Corporate Finance*, 1995, 92-100
- Lose, S., "Valuation of Interacting Real Options in a Tollroad Infrastructure Project," *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38 special issue, 1998, 711-723
- Luehrman, T.A., "Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers" *Harvard Business Review*, July-August 1998a, 51-67
- Luehrman, T.A., "Strategy as a Portfolio of Real Options," *Harvard Business Review*, September-October 1988b, 89-99
- Majd, S. and R. S. Pindyck, "Time to Build, Option Value, and Investment Decisions", *Journal of Financial Economics* 18, 1987, 7-27
- Margrabe, W., "The Value of an Option to Exchange One Asset for Another", *Journal of Finance* 33, No.1, 1978, 177-186

- Martzoukos, S.H. and W. Teplitz-Sembitzky, "Optimal Timing of Transmission Line Investments in the Face of Uncertain Demand. An Option Approach", *Energy Economics* 14, January 1992, 3-10
- McDonald, R. and D. Siegel, "Investment and the Valuation of Firms when There Is an Option of Shut Down", *International Economic Review* 28, No.2, 1985, 331-349
- McDonald, R. and D. Siegel, "The Value of Waiting to Invest," *Quarterly Journal of Economics*, November 1986, 707-727
- Merton, "Continuous-Time Finance," Cambridge, Basil Blackwell, 1990.
- Myers, S. C., "Determinants of Corporate Borrowing", *Journal of Financial Economics* 5, November 1977, 147-175
- Myers, S. C. and S. Majd, "Abandonment value and project life", *Advances in Futures and Options Research* 4, 1-21
- Otto, R. E., "Valuation of Internal Growth Opportunities: The Case of a Biotechnology Company", *The Quarterly Review of Economics and Finance* 38, Special issue, 1988, 615-633
- Pennings, E. and O. Lint, "The Option Value of Advanced R&D", *European Journal of Operational Research* 103, 1997, 83-94
- Schwartz, E. and M. Moon, "Rational Pricing of Internet Companies", *Financial Analysts Journal*, May-June 2000, 62-75
- Trigeorgis, L., "A Conceptual options framework for capital budgeting", *Advances in Futures and Options Research* 3, 145-167, 1988
- Trigeorgis, L., "Real Options; Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation," The MIT Press, 1996.