

전자 스프레드시트의 시뮬레이션 의사결정지원 도구로의 활용
(Using an Electronic Spreadsheet as a
Simulation Decision Supporting Tool)

김 기수 (영남대학교 상업교육과)

1. 의사결정과 의사결정 지원 시스템

많은 경우 짧은 시간에 의사결정이 이루어져야 하거나 또는 어떤 기업 활동의 구체적인 일부분에 알맞는 정보를 필요로 하지만 그와 같은 정보를 만들어냄으로써 얻는 이익이 그와 같은 분석에 투입되는 시간과 비용을 정당화 할 수 없는 경우가 있다.

예를들면, 어떤 중·소 가구 제조업체는 의자의 골격 부분을 만드는데 사용되는 목재를 얼마나 많이 창고에 재고로 보유해야 할 것인가를 결정하고자 할 것이다. 이 업체는 원자재를 잘 관리함으로써 주당 약 \$100내지 \$200정도의 비용만 절감할 수 있기 때문에 적절한 재고 수준에 대한 대략적인 아이디어만 원한다고 하자. 이 정도의 비용 절감으로는 어떤 특정 목적 (예를들면 재고관리) 소프트웨어를 구입하고 그것을 사용할 수 있도록 직원을 훈련하는데 드는 비용을 정당화 할 수 없을 것이다. 그러나 만약 잠정적인 재고 수준을 평가 및 결정 해 줄수 있는 상대적으로 가격이 저렴하고 사용하기 쉬운 수단이 있다면 그것을 사용해서 의사결정을 개선할 수는 있을 것이다.

그 한가지 예가 전자 스프레드시트를 사용하는 것이다. 전자 스프레드시트는 대부분의 기업에서 이미 다른 목적으로 사용하고 있고 또한 많은 사람들이 익숙하게 사용할 수 있는 소프트웨어 프로그램이다. 본 논문에서는 이와 같은 전자 스프레드시트를 사용해서 불확실성을 내포하고 있는 의사결정에 필요한 정보를 시뮬레이션기법을 사용해서 손쉽게 얻을 수 있는 하나의 방법을 제시하려고한다.

오늘날의 의사결정은 대부분이 불확실성하에서 이루어지고, 그 내용이 복잡하고, 비정형적(비구조적)인 의사결정의 비중이 커짐에 따라 의사결정에 필요한 데이터를 단순히 컴퓨터로 처리할 뿐만 아니라 컴퓨터를 사용해서 전반적인 의사결정 과정을 지원해주는 의사결정 지원 시스템의 개념이 일반화되어 있다. 의사결정 지원시스템에 대한 많은 견해들이 있으나 Scott Morton의 “의사결정지원 시스템은 의사결정자들이 비정형적 문제 해결에 있어서 데이터와 모델을 이용할 수 있도록 도와 주는 대화식의 컴퓨터를 기반으로 하는 시스템(Interactive computer-based system)이다.”라는 정의가 일반적으로 받아들여지고 있다 (Sprague, 1980). 이와 같은 의사결정지원 시스템은 일반적으로 모델 관리 서브시스템, 데이터 관리 서브시스템, 대화지원 서브시스템등으로 구성된다 (Turban, 1988). 이와 같은 의사결정 지원시스템은 일반적으로 그 프로그래밍이 복잡하고, 지루하고, 경험있는 전문프로그램머들에 의해 수행되어야 한다. 따라서 그렇게 만들어진 소프트웨어는 일반적으로 가격이 비싸다. 그러나 보다 단순한 의사결정 문제들은 기존의 소프트웨어로도 분석이 가능할 경우가 많이 있다.

본 논문에서는 이와 같은 통합적이고 일반적인 의사결정 지원시스템을 구축하는 것이 아니라 의사결정 지원시스템의 기능 중 일부를 어떤 구체적인 상황에서 실현시켜서 의사결정에 필요한 정보를 제공해 주는 예를 제시하고자 한다. 여기에는 구체적인 의사결정 상황에 필요한 수학적 모델과 그 모델을 이용해서 많은 가능한 대안들을 분석해서 그 결과들을 예측하고, 가장 적절한 선택을 할 수 있도록 정보를 제공해 주는 기능을 포함하고 있다.

그리고, 또한 중요한 것은 입력변수 값의 변화에 따른 민감도 분석과 “what-if”형태의 분석이 쉽게 이루어질 수 있다는 것이다.

2. 시스템 모델과 시뮬레이션

많은 시스템 모델들은 불확실성의 효과를 반드시 포함해야 한다. 추계적 (확률적, stochastic) 모델이라고 총체적으로 불려지는 이와 같은 모델들은 재고, 생산(제조), 및 다른 서어비스 시스템들에서 쉽게 찾아 볼수 있다. 추계적 모형은 많은 경우 어떤 종류든 대기행렬 시스템과 관련되어 있다. 이와 같은 모델의 특징은 시스템을 묘사 (describe) 하기는 상대적으로 쉽지만 아주 특수한 경우에만 수학적으로 분석이 가능하다는 것이다. 예를 들면, 여러개의 bay들을 가진 loading dock의 대기행렬모델은 쉽게 묘사(표현)될 수 있지만 도착시간과 서어비스 시간들이 지수 분포를 하지 않으면 평균대기시간을 쉽게 구할 수 없다.

컴퓨터 시뮬레이션은 이와 같은 한계를 극복하기 위한 모델분석 기법으로 사용되고 있다. 시뮬레이션을 사용해서 어떤 모델을 분석할때는 시스템 모델로 부터 직접 성능 특성(performance characteristic)들을 계산하는 대신 시뮬레이션 모델로 부터 필요한 데이터를 발생시켜 관심있는 성능특성들의 추정치를 계산한다. 예를 들면, loading dock의 대기행렬 모델에서 시뮬레이션은 그 모델을 사용해서 트럭들의 대기 시간들을 만들어 내고 그 값들을 사용해서 트럭 한 대당 평균 대기시간의 추정치를 계산한다. 그 과정은 상대적으로 단순하고 모델의 복잡성에 관계없이 적용될 수 있다. 그러나 시뮬레이션의 이와 같은 유연성의 반대 급부는 시스템 성능의 추정치 밖에 구할 수 없다는 사실과 그 추정치는 만약 발생된 데이터의 양이 충분하지 않으면 상당히 부정확할 수 있다는 점이다. SLAM II, SIMAN, SIMSCRIPT II.5, GPSS등과 같은 많은 시뮬레이션 전용 소프트웨어 패키지들이 현재 복잡한 시스템을 정교하게 모델화 하기 위해 사용되고 있다. 이와 같은 패키지들은 시스템의 구성요소들을 나타낼 수 있는 특수한 기능들을 가지고 있고 더 중요한 것은 소위 이산사건 시뮬레이션 (discrete event simulation)이라 불리는 시뮬레이션에 있어서 정교한 시간 advancing 을 위한 mechanism을 제공해 준다. 대부분의 이들 패키지들은 대화식(interactively)으로 모델을 개발하고 여러 상황하에거 시뮬레이션이 반복 실행될 수 있게 해 주고, 그 결과들을 그래프 등의 비교 이해하기 쉬운 형태로 보여주는 기능을 가지고 있어서 의결정 지원 시스템의 일부로 볼 수 있다. 그러나 복잡한 시스템의 어떤 구체적인 일부분만 분석해야 할 경우 혹은 필요한 모델들이 상대적으로 단순한 경우에는 완전한 (full-blown) 시뮬레이션 언어의 능력(성능)들이 모두 필요하지는 않을 것이다. 또한 대부분의 시뮬레이션 전용 패키지들은 상당히 고가이고, 사용하기 위해서는 상당한 훈련이 필요하며, 시뮬레이션을 포함하지 않는 다른 종류의 의사결정에는 크게 도움이 되지 않기 때문에 중·소 기업체 내지 소규모 판매업체 등에서는 사용하기 어려울 수가 있다. 이와 같은 경우에 전자 스프레드시트는 상대적으로 가격이 저렴하고 거의 대부

분의 업체들에서 이미 다른 목적으로 구입해서 사용하고 있기 때문에 상당히 편리한 의사결정 지원 도구로 사용될 수 있을 것이다.

3. 재고 관리 의사결정 지원의 예

여기서는 전자 스프레드시트를 사용해서 재고관리 시뮬레이션모델을 실행시키는 과정과 그 결과를 의사결정에 사용하는 방법에 대해서 설명하고자 한다. 예를 들어 어떤 창고에서 자동차에 사용되는 특수 베어링(bearing)을 저장했다가 유통업자들에게 판매한다고 하자. 이 창고의 경영자는 어느정도의 베어링 재고를 유지하는 것이 가장 경제적인가에 관심이 있을 것이다. 이때 다음과 같이 일반적인 재고관리 정책을 이용한 시뮬레이션 모델을 사용해서 그와 같은 의사결정을 할 수 있다. 상당기간 (예를들면, 500일간) 동안 매일매일의 random한 수요량을 조사해서 빈도분포(frequency distribution)와 확률 분포를 작성한다. 이 추정 수요 확률분포를 사용해서 매일매일의 수요량을 시뮬레이션으로 발생시킨다.

그리고 다음과 같은 기준에 의해 매일 매일의 재고 운영이 이루어진다. 그날의 수요량이 그날의 재고량 보다 적으면 그수요는 완전히 만족시키고 그 수요량 만큼 재고량은 줄어든다. 반면에 만약 그날의 수요량을 충분히 만족시킬 만큼의 재고가 없을 때는 모자라는 만큼은 다른 곳에서 더 비싼 가격에 구입해 와서 수요를 충족시키거나 아니면 모자라는 만큼의 수요를 상실하게 된다. 재고 보충을 위한 정책은 다음과 같은 일반적인 (S, s) 정책이 사용된다. 매일 그 날이 끝나는 시점에서 재고량이 재주문점 보다 작으면 창고의 최대 용량(capacity, order up to level)까지 채우기에 충분할 만큼의 양을 주문한다.

그날이 끝나는 시점에서 주문된 양은 밤동안 운송되어서 다음날 시작할때 판매가 가능하게 된다. 즉, 편의상 즉각적인 운반(no lead-time)을 가정한다. 이 재고 시스템에는 몇가지 비용들이 고려된다. 매일 팔리지 않고 남은 양에는 단위당 일정액수의 재고 유지비용이 수반된다. 이 비용은 창고 바닥 공간사용, 보험, 경비, 유지수리, 사무처리 등에 드는 비용과 제반 간접비용을 포함한다. 매번 주문할때 마다 주문처리와 수송에 드는 비용을 포함하는 고정 주문비용과 주문량의 단위당 일정액수의 변동주문비가 발생한다. 이 변동비는 단위당 추가되는 수송비, 보험, 사무처리 등의 비용과 기타 경비를 포함한다. 그러나 변동주문비는 구입가격을 포함하지는 않는다. 마지막으로 창고에 남아있는 재고로 충족되지 못하는 수요에 대해서는 단위당 일정액수의 비용이 수반된다. 이것은 수요를 충족시키기 위해서 다른 곳으로 구입해와야 하기 때문에 드는 추가적 비용이거나 충족시킬수 없는 수요를 잃어버림으로써 발생하는 수요상실비용으로 생각할 수 있다.

이와같은 비용들과 매일의 추정 수요 확률 분포하에서 하루 평균 총 비용이 최소화 되는 재주문점을 발견하는 것이 이 창고 경영자의 목적이다. 위의 재고 시스템을 전자 스프레드시트에서 모델화하고 실행하였다. 여기에서는 구체적으로 Lotus 1-2-3 V.2.0

이 사용되었으나 Quattro나 EXCEL과 같은 유사한 전자 스프레드시트를 사용할 수도 있을 것이다. 설명하기 쉽게 하기 위해서 전자 스프레드시트를 3부분으로 나누었다. 첫부분은 모델의 변수(parameters)들과 일일 수요의 확률분포에 대한 입력 데이터를 포함하고 있다. 이 데이터를 사용해서 random한 일일 수요량을 발생시킨다.

둘째 부분에서는 0 과 1 사이의 난수들을 발생시키고, 그것을 사용해서 매일의 수요량에 대한 변수값(random variate)들을 발생시키고, 매일의 재고 수준과 비용들을 계산한다.

셋째 부분에서는 둘째부분에서 발생시킨 데이터를 분석해서 각각 다른 재주문점에서의 일일 평균총비용의 추정치들을 비교해서 최적 주문점을 찾는 데 도움이 되는 정보를 제공해준다. 이제 이들 각 부분에 대해 보다 자세히 설명하도록 하자.

이 모델에는 네개의 비용 변수가 있고 그 입력 값들이 <그림 1>의 E28에서 E31 사이에 나타나 있다. 전자 스프레드시트의 일부를 담고 있는 각 그림은 두부분으로 나누어져 있다. 윗부분은 사용자에게 보이는 그대로의 전자 스프레드시트이고, 아랫부분은 그 값들을 위해서 입력된 공식을 나타낸다. 두개의 재고 보충 (replenishment) 변수들은 C35와 C36셀에 그 구체적인 값들(values)로 입력된다. <그림 1>은 또한 수요에 대한 확률분포를 담고 있다. 일일 수요에 대한 데이터는 0 - 24, 25 - 49, 50 - 24, 등의 구간과 각 구간의 상대빈도(확률)가 D, E, F열에 각각 하한 (lower limit), 상한 (upper limit) 그리고 구간확률 (interval prob.)이라는 레이블(label)아래 입력된다.

구간 폭은 C열에 들어간다. 각 구간의 하한과 상한 값으로 부터 그 구간의 구간폭을 계산할 수 있다. 따라서 수요의 확률 분포에서 각 구간의 폭이 서로 다르게 입력되면 거기에 따른 각 구간폭이 자동으로 계산되게 된다. random한 일일 수요량을 발생시키는데 사용될 누적확률들은 F열에 있는 구간확률로 부터 계산되어 B열에 나타나있다.

마지막으로, 각 구간의 중간점(mid-point)은 그 구간의 하한과 상한의 평균값이고 이것과 구간확률을 사용해서 일일 수요 분포의 평균을 구한 값이 H22에 나타나있다.

<그림 2>와 <그림 3>에 나타나 있는 스프레드시트의 둘째 부분에서는 우선 시뮬레이션에서의 첫 몇일 동안의 random한 수요를 발생시키는 계산이 나타나 있다. random 변수들을 발생시키는 여러가지 방법에 대해서는 Banks and Carson (1984)과 Law and Kelton (1991)을 참조하기 바란다. 여기서는 그중 가장 단순하고 일반적인 Inverse Transform 방법을 사용하였다. 이 방법은 먼저 0 과 1 사이의 일양분포 (uniform distribution)로 부터 random변수(난수, U)를 발생시켜서 $F(X) = U \Rightarrow X = F^{-1}(U)$ 의 관계를 이용해서 원하는 random변수(random variate) X의 값을 구하는 방법이다. 여기서 F(X)는 random변수 X의 누적 확률밀도 함수이다. 여기에서는 전자 스프레드 시트 Lotus 1-2-3의 내장함수인 @RAND를 사용해서 0 과 1 사이의 난수(일양분포 random 변수)들을 발생시켜서 우리가 원하는 수요량의 random 변수 (X)에 대한 누적확률분포함수 값을 각 구간의 상, 하한 값들을 사용해서 linear interpolation 방법으로 구하였다. 여기서 사용된 Inverse Transform 방법은 두 단계로 설명될 수 있다. 먼저 발생된 U를 포함하는 구간을 누적 확률 분포 함수로 부터 구한다. 그 다음 이 구간의 상, 하

한점 사이를 interpolate해서 X의 값을 구한다. 전자 스프레드시트(예, Lotus 1-2-3)에서는 수직 참조 (Vertical lookup)함수 (@VLOOKUP)를 사용해서 그 구간의 하한점(L), 구간폭(w), 그 구간의 하한점에 대한 누적 확률(F), 그리고 그 구간의 구간확률(f)를 찾아낸다 (Stark, 1991, p.29-30). 그리고 interpolate된 X의 값은 다음과 같은 공식으로 구해진다.

$$X = L + w/f(U-F)$$

예를 들면, 만약 발생된 U가 0.21이라면 누적 확률 분포 함수에서 0.21을 포함하는 구간은 50 - 75 이고, 그 구간의 하한점 (L)은 50이고, 그 구간폭 (w)은 25이고, 그 구간 하한점의 누적 확률 (F)은 0.18이고, 그 구간 확률 (f)은 0.22이다. 따라서 $X = 50 + (25 / 0.22) (0.21 - 0.18) = 53.5$ 이다. 따라서 발생된 일일 수요량은 약 54가 된다.

<그림 3>에는 시뮬레이션 첫날에 대해 필요한 모든 공식들이 나타나있다. 일단 첫째 날에 필요한 공식들이 입력되면, 다음날들에는 그 내용을 그대로 복사하면 된다. U, L, w, F, f, X 들은 각각 전자 스프레드 시트의 I, J, K, L, M, N열에 계산된다. Lotus 1-2-3 를 사용하면 /Worksheet /Global /Recalculation /Manual 메뉴를 선택했을 때 F9(Recalc) 키를 누를 때 마다 새로운 U가 발생되고 따라서 새로운 일일 수요량이 발생된다. 만약 발생된 몇일 동안의 일일 수요량의 분포를 그래프로 볼려면 Lotus 1-2-3의 /Data / Distribution 명령과 그래프 기능들을 사용해서 쉽게 분포형태를 눈으로 볼 수 있다. 이렇게 발생된 일일 수요량을 사용해서 매일의 재고수준과 그 변화 그리고 일일 총비용들이 계산된다. <그림 2>의 각행은 하루를 나타낸다. 첫째 열 B에는 시뮬레이션 시작부터 매일의 번호가 시뮬레이션에서 발생시킨 일수 만큼 나타나고 열 C에는 매일 시작할 시점에서의 재고수준이 들어있다. 열 D에는 매일 그날의 수요량을 담고 있다. 이 D열의 각 셀은 <그림 2>의 열 N에 들어있는 random하게 발생된 수요량 X 값들을 받아들이면 된다. 그날의 수요를 충족시킨 뒤의 나머지 재고수준은 열 E에 계산된다. 만약 그날의 수요량이 그날의 시작 재고량 보다 작을 때는 열 E에는 그 시작 재고수준과 주요량의 차이가 들어가게 되고, 그렇지 않으면 영이 되게 된다. 열 F에는 충족되지 못한 수요량이 나타나있다. 만약 E열에 있는 나머지 재고량의 값이 영보다 크면 그날의 수요가 모두 충족되었다는 뜻이므로 F열의 판매상실량은 영이 된다. 그러나 만약 나머지 재고 수준이 영이면 F열의 판매 상실량은 그날의 수요와 시작 재고수준의 차이가 된다. 매일 나머지 재고 수준 (E열)이 재주문점보다 작으면 창고용량 (<그림 1>의 셀 C35) 과 E열의 나머지 재고수준의 차이만큼 주문을 하게 된다. 그렇지 않으면 주문량은 영이다. 이 주문량이 G열에 나타나 있다.

이 예에서 사용된 입력 변수들의 값 아래서는 대략 4일에 한번 꼴로 주문이 이루어지며 주문량은 400단위에 일반적으로 가깝다. 그것은 재주문점이 50으로 비교적 낮고 일일 평균 수요가 100이기 때문이다. B열에 나타나 있는 다음날의 시작 재고수준은 그 전날의 나머지 재고 수준(E열)과 주문량(G열)의 합이다. 마지막으로 H열에 그날의 총비용이 나타나 있다. 이것은 E열의 나머지 재고 수준에 단위당 하루 재고 유지비용

(〈그림 1〉의 E28)을 곱한 다음 만약 주문량 (F열)이 영보다 크면 고정 주문비용 (〈그림 1〉의 E29)과 변동 주문비용 (〈그림 1〉의 E30)에 G열의 주문량을 곱해서 더하고 마지막으로 판매상실 비용(〈그림 1〉의 E31)에 F열의 판매상실량을 곱한 값을 더한 것이다. 〈그림 3〉에는 LOTUS 1-2-3공식을 사용해서 첫번째 날에 대한 계산공식과 두번째 날의 시작 재고 수준 계산공식을 보여 주는 부분이 또한 나타나 있다. 일단 이와 같은 공식들이 입력된 다음에는 더 많은 날들의 재고 수준과 비용들을 발생시키기 위해서는 이 공식들을 다음 열들에 복사하면 된다. (/Range/Copy 메뉴를 선택해서) 시뮬레이션 시작 하는 첫날의 시작 재고수준은 400단위(창고 용량)로 고정 되어 있고 그 전날의 값들로 부터 계산되는 것이 아니기 때문에 첫날의 시작 재고 공식은 다음날들의 공식과는 다르다.

이제 각 재고보충 정책의 성능을 평가하기 위해서 구체적인 재주문점을 사용하여 평균일일 총비용의 추정치를 계산하여야 한다. 일반적인 재고 보충정책은 (S,s)정책으로 두개의 결정변수를 가지고 있다. 여기서 s는 재주문점이고 S는 어느 수준까지 주문할 것인가를 나타낸다. 본 예에서는 편의상 이 두 결정 변수중 S는 창고 용량으로 고정되어 있다고 가정하고 s(재주문점)만을 결정 변수로 취급한다. 물론 보다 현실적인 분석을 위해서는 두 결정 변수의 2차원적인 분석이 필요할 것이다. 그것은 각 고정된 S 아래서 최적의 재주문점을 찾아서 서로 다른 S값들 아래서 최적 평균 일일 총비용 추정치들을 비교함으로써 쉽게 최적점을 구할 수 있을 것이다.

시뮬레이션을 사용해서 추정평균을 구할 때는 일반적으로 다음과 같은 두가지 문제가 발생한다. 얼마나 오랫동안 (혹은 많은) 데이터를 발생시킬 것인가와 어떻게 평균의 추정치를 계산할 것인가 하는 것이다. 시뮬레이션이 시작할 때의 초기 조건이 어느 정도의 시뮬레이션 기간동안 재고 활동에 영향을미치게 된다. 따라서 그 초기의 조건에 대한 영향이 미약해 질 때까지 일정기간 동안은 데이터를 수집하지 않고 그냥 시뮬레이션이 돌아가도록 해야 한다. 이것을 일반적으로 warm-up기간이라고 부른다. 본 예에서는 첫 10일 동안은 warm-up기간으로 정해서 그 기간의 비용은 계산에 넣지 않았다. 〈그림 3〉에서 볼 수 있듯이 평균적으로 10일동안 적어도 두 번의 재고 보충이 있었기 때문에 10일간은 이 wram-up기간으로 적당할 것 같다.

매일의 수요량은 random하다. 따라서 이 매일의 수요량으로 부터 계산되는 모든 값들도 또한 random하다. 특히 매일매일의 비용들도 random하다. 이와 같은 이유때문에 통계적 방법을 사용해서 평균총비용에 대한 신뢰구간을 계산해야 한다. 일반적으로 단순 무작위 추출 (simple random sample)에 사용되는 보통 신뢰구간계산 방법을 시뮬레이션에 적용할 수도 있다. 그러나 불행하게도 우리의 재고관리 모델의 경우에는 매일의 비용이 단순 무작위 추출의 결과가 아니다. 매일의 재고수준, 판매상실량, 주문량들은 그 전날의 값들에 강하게 의존(dependent) 하기 때문에 매일의 비용들은 통계적으로 독립하지 않다. 다행히도 이와 같은 문제점을 극복할 수 있는 방법들이 몇가지 있다. (Law and Kelton, 1991, P.544-565 참조) 그 중에서 상당히 간단하고 신뢰할 만한 배치 평균 방법(batch means method)을 사용할 수 있다. 이 방법을 사용하면 매일

의 비용들을 몇개씩의 배치로 그룹을 지어서 각 배치의 평균을 계산하고 이 배치 평균 값들을 하나의 단순 무작위 추출로 취급한다. 배치의 크기가 적당히 크면 각 배치 평균(batch means)들은 서로 독립하다는 것이 이론적으로 또 실증적으로 증명되어 있다.

우리 예에서 410일 동안 시뮬레이션을 실행하였다. 첫 10일은 warm-up기간으로 버리고, 나머지 400일을 20일씩 20개의 배치로 그룹 지었다. 410일간의 시뮬레이션 데이터들은 두번째 날의 random변수와 일일 재고 계산공식을 포함하는 <그림 2>의 I열에서 N열과 <그림 3>의 B열에서 H열을 다음 408행에다 복사하면 된다. 매일의 random변수 계산과 재고 계산들이 같은 행에서 이루어지게 전자스프레드시트가 조직되어 있다. 따라서 한번의 복사로 408일간의 매일 비용들을 모두 얻을 수 있다.

배치 평균들은 <그림 4>의 L열의 9행에서 29행 사이에 계산되어 나타난다. 셀 L9에 있는 값은 Lotus 1-2-3의 @AVG 함수를 사용해서 H59에서 H78범위의 20일 간의 일일 총비용들을 평균한 값이다. 셀 L10에 있는 값은 H79과 H98사이의 그 다음 20일 간의 일일 총비용들을 평균한 것이다. 같은 방법으로 L열의 다른 배치 평균들도 계산된다. 이 공식들은 각각 개별적으로 입력되거나 편집되어야 한다. 처음 셀 L9의 공식만 입력시키고 나머지는 복사함으로써 나머지 19셀의 값을 한꺼번에 얻을 수는 없다. 20개의 배치평균들이 계산된 뒤에는 이것들을 단순 무작위 추출 표본으로 간주해서 일상적인 평균, 분산, 표준편차, 그리고 신뢰구간을 구하는 공식을 적용할 수 있다. 일일평균 총비용에 대한 90% 신뢰구간을 구하는 과정이 12행의 R열과 W열 사이에 나타나 있다. 셀 V12와 W12에 들어 있는 값들이 재주문점이 50단위 일때 일일 평균 총비용에 대한 90% 신뢰구간의 하한과 상한 값을 나타낸다. 이렇게 해서 어떤 특정한 재주문점과 참고 용량에서의 일일 평균총비용의 추정치(신뢰구간)를 구할 수 있다. 만약 다른 재주문점과 참고 용량에서의 추정치를 구하려면 단지 입력 변수부분의 재주문점과 참고용량 변수의 값만 바꾸어 입력시키고 F9(Recalculation) 키를 누르면 모든 계산이 자동으로 이루어지게 된다.

지금까지는 단 하나의 재주문점과 참고용량에 대해서만 평가하였다. 그러나 일반적으로 참고 경영자의 목적은 많은 선택가능한 재주문점 가운데 가장 적은 일일 평균 총비용을 나타내는 재주문점을 찾는 것이다.

따라서 참고 용량이 400단위로 정해져 있다면 0과 399단위 사이의 몇개 점들 (예를 들면, 0, 40, 80, ..., 360)을 선택하여 각각의 경우에 일일 평균 총비용을 계산해서 그 값들과 재주문점과의 관계를 그래프로 표시해 보고 가장 적은 일일 평균 총비용을 나타내는 재주문점을 근사하게 찾을 수 있다. 그 과정은 다음과 같다. 먼저 평가하고자 하는 재주문점들을 하나의 열(여기서는 R14열부터)에 나열한다. 그 다음 각 재주문점을 재고 변수의 재주문점을 받아들이는 셀 C36에 하나씩 입력 하게 되고, F9키를 사용해서 전자 스프레드시트를 매번 재계산해서 새로운 일일 평균 총비용의 추정치를 얻게 된다. 일단 신뢰구간의 형태로 계산된 추정치를 얻게 되면 이 값들은 그 재주문점과 같은 행에 복사되게 된다. 각 재주문점에 대해 반복되는 각각의 움직임들을 매크로(macro)로 만들어서 "what-if" 형태의 계산 결과는 <그림 4>의 M13...S32 범위에 나타

나 있다. 그 값들을 사용해서 <그림 11>에 그래프로 표현하였다. 평가되어질 재주문점들이 R열의 14행에서 23행사이에 있고 각 재주문점에 대한 일일 평균 총비용의 추정치, 표준편차 90%신뢰구간의 반폭(half-width), 90% 신뢰구간의 하한 및 상한에 해당하는 값들이 V열과 W열에 계산된다.

첫번째 평가될 재주문점에서의 값들을 얻기 위해서는 셀 R14에 있는 첫번째 재주문점(여기서는 0)이 재고 변수입력 부분의 셀 C36에 복사되고 스프레드시트의 두번째 부분과 세번째 부분에 재계산되어 평균, 표준편차등의 값이 S12에서 W12사이에 계산되어 진다. 이 값들은 그 재주문점에 해당하는 행인 14행의 S열에서 W열 사이의 5셀에 그 값을 (공식이 아니라) 복사한다.

이과정이 14행과 23행사이의 각행에 반복되어 진다.

<그림 11>에는 0열의 13행에서 32행사이에 있는 일일평균 총비용의 추정치들(R14에서 R23사이에 있는)이 각 해당 재주문점에 대비하여 Plot되어 있다. 이것을 보면 확실히 최소 비용은 재주문점이 약 100일때 일어난다는 것을 알 수 있다. 더욱이 재주문점에 대한 평균비용의 함수는 재주문점이 60과 120사이에서는 상대적으로 편평(flat)한 것으로 나타나 있기 때문에 최적 재주문점이 80인지 110인지를 정확하게 알려고 할 필요는 없을 것 같다. 만약 창고 용량(oder up to lever)이 의사결정 부분이라면 셀 C35에 있는 창고용량을 의사결정 변수로 보거나 재주문점과 창고용량을 동시에 의사결정 변수들로 간주해서 같은 계산들을 수행할 수 있을 것이다. 재주문점과 창고용량을 동시에 의사결정 변수로 할 때는 평가되어질 각 창고용량에서 최적 재고점들을 찾아서 그 가운데서 가장 적은 일일 평균총비용을 나타내는 창고 용량과 재주문점을 찾으면 된다. 3차원의 그래프 기능이 있으면 두 의사결정 변수와 일일 평균 총비용의 추정치 사이의 관계를 그래프로 볼 수도 있다.

4. 일인 대기 행렬 시스템의 성능 추정(performance estimation)에의 응용 예

여러가지 형태의 대기행렬을 포함하는 경영 및 생산 관리 시스템을 우리는 많이 찾아 볼수 있다. 대기행렬 시스템의 분석에 대한 많은 이론들이 개발되어 있지만 대부분 정확한 성능들을 계산하기 위해서는 엄격한 가정들 (예를 들면, 도착들 사이의 시간이나 서비스 시간이 지수 분포라는 가정)을 필요로 한다. 따라서 많은 경우 일반적인 상황하에서는 시뮬레이션을 이용해서 대기행렬 시스템을 분석한다. 본 장에서는 의사결정에 유용한 정보로 활용될 수 있는 일인서브 대기행렬 시스템(single-server queueing system)의 성능들을 전자 스프레드시트를 사용해서 시뮬레이션 모델로 추정하는 과정을 설명하고자 한다.

여기서도 대기 행렬 모델을 전자 스프레드시트 상에서 3부분으로 나누어서 실현시키고 있다. 첫번째 부분에서는 입력변수(input parameter)인 도착들사이의 시간(interarrival time)과 서비스 시간(service time)의 확률분포가 나타나 있다 (<그림 6>). 이 확률분포들은 시스템의 관찰을 통한 데이터 수집과 분석으로 부터 얻을 수 있

을 것이다. 두번째 부분에서는 난수들을 발생시키고 첫번째 부분에서 입력된 확률분포들을 이용해서 도착들 사이의 시간들과 서비스 시간들(event times)을 발생시키고 (<그림 7>), 각 고객들의 도착시간, 서비스 시간, 서비스 종료시간, 대기시간, 시스템 체류시간들을 계산한다 (<그림 8>). 고객들의 도착시간은 바로 앞의 고객의 도착시간에 random하게 발생하는 도착들 사이의 시간을 더함으로써 얻을 수 있다.

각 고객의 서비스 시작시간은 그 고객의 도착시간에 서버(server)가 다른 사람을 서비스하고 있느냐 쉬고 있느냐에 따라 다르다. 만약 고객이 도착했을때 서버가 쉬고 있다면 그 고객의 서비스 시작시간은 바로 그 고객의 도착시간이 된다. 그러나 그렇지 않을 경우에는 그 고객의 서비스 시작 시간은 그 바로 전에 도착한 고객의 서비스 종료시간이 된다. 각 고객의 서비스 종료시간은 그 고객의 서비스 시작 시간에 서비스 시간을 더한 시간이다. 각 고객의 대기 시간은 그 고객의 서비스 시작 시간에서 그 고객의 도착시간을 뺀 시간이다. 시스템 체류시간은 각 고객의 서비스 종료 시간에서 그 고객의 도착시간을 뺀 시간이다. 이와같은 관계를 이용해서 각 시간들을 전자계산지의 함수들로 표현하였다 (<그림 8>).

평균 대기시간과 평균 시스템 체류에 대한 추정치는 재고 관리 모델에서와 같이 초기의 warm up 부분을 제외하고 배치 평균 방법으로 구할 수 있다. 이 값들은 전자 스프레드시트의 세째부분인 <그림 9>와 <그림 10>에 그 공식과 함께 나타나 있다. 평균 대기 고객수와 평균 시스템내의 고객수는 각 시점에서의 대기 고객수와 시스템내의 고객수를 관찰해서 누적시간 (cumulative time)을 곱해서 총 시뮬레이션 시간으로 나눈 값이다. 다시말해서,

$$L_q = \frac{\int_0^T Q(t)dt}{T}$$

$$L = \frac{\int_0^T (A(t)-D(t))dt}{T}$$

여기서 L_q 는 평균대기 고객수를 나타내고 L 은 시스템 내의 평균고객수를 나타낸다. 그리고 $Q(t)$ 는 시간 t 에서의 대기 고객수 이고 $A(t)$ 는 시간 t 까지 도착한 누적고객수이고 $D(t)$ 는 시간 t 까지 서비스를 마친 고객의 수이다. T 는 총 시뮬레이션 시간을 나타낸다. 그러나 이런 방법으로 평균대기 고객수와 평균시스템내의 고객수를 구하려면 각 시점에서의 대기 고객수와 시스템내의 고객수를 연속적으로 추적(trace)해야 하는 번거로움이 따른다.

다행히 다음과 같은 관계를 이용해서 보다 쉽게 평균대기 고객수와 평균시스템내의 고객수의 추정치를 구할 수 있다 [(Law and Kelton, 1991) 과 (Wolf, 1989) 참조].

$$\int_0^T Q(t) = \sum W_i = \text{총 대기시간 (도착한 모든 고객의)}$$

$$\int_0^T (A(t)-D(t)) = \sum (S_i + W_i) = \text{총 시스템 체류시간}$$

(도착한 모든 고객의)

여기서는 W_i 는 각 고객의 대기 시간이고 S_i 는 각 고객의 서비스 시간이다. 따라서 평균 대기 고객수의 추정치는 시뮬레이션 기간동안 도착한 모든 고객들의 대기시간들을 합쳐서 총 시뮬레이션 시간으로 나누어서 얻을 수 있다. 같은 방법으로 평균 시스템 내의 고객수에 대한 추정치는 시뮬레이션기간동안 도착한 모든 고객들의 시스템내 체류시간(대기시간 더하기 서비스 시간)을 합쳐서 총 시뮬레이션 시간으로 나누어서 얻을 수 있다. (각 고객의 대기 시간과 시스템 체류시간은 전자 스프레드시트의 두번째 부분인 <그림 8>에 계산되어 있다.)

입력 변수인 도착률사이 시간과 서비스 시간의 확률분포에 변화가 생기면 변화된 확률분포를 전자 스프레드시트의 첫번째 부분에 재입력시키고 F9(Recalculation)키를 누르면 나머지 모든 부분들이 재계산되어 새로운 성능 추정치들을 즉시 얻을 수 있다.

또한 만약 서비스 시간 확률분포가 각각 다른 선택 가능한 여러가지 서브들이 있을 때 각 서브의 사용 비용을 고려해서 어느 서브를 선택하는 것이 가장 적절한지에 대한 정보도 이 모델을 통해서 얻을 수 있을 것이다. 즉 각 선택 가능한 서브의 서비스 시간 확률분포를 가지고 시스템 성능 추정치를 계산하고, 그 성능 추정치와 서브 사용비용을 고려해서 하나의 비용합수를 만들어 선택가능한 모든 서브들을 비교함으로써 최적 서브를 선택할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 두가지 확률적인 시스템 (재고관리 시스템과 일인 대기행렬 시스템)을 전자 스프레드시트를 사용하여 상당히 단순하게 시뮬레이션 모델로 구현하여 의사결정에 유용한 정보를 얻는 과정을 설명하였다. 물론 보다 복잡하고 규모가 큰 시스템은 시뮬레이션 전용 패키지를 사용해서 모델화하여 의사결정에 필요한 여러가지 정보를 얻는 것이 효과적일 것이다. 그러나 중,소기업의 경우 그 의사결정 상황이 상당히 단순한 경우가 많이 있고, 때로는 어떤 전체 시스템의 일부분에 대한 의사결정을 내려야 할 경우도 있다. 이와같은 경우에는 고가의 시뮬레이션 전용 패키지나 의사결정 지원 시스템과 같은 고가의 소프트웨어를 사용하는 대신 이미 널리 일반적인 목적으로 사용되고 있는 전자 스프레드시트와 같은 소프트웨어를 사용해도 의사결정에 도움이 되는 정보들을 얻을 수 있다. 그 예로서 전자 스프레드시트를 시뮬레이션 의사결정 지

원 도구로 사용하는 방법을 간단한 재고 관리 시스템과 대기 행렬 시스템 모델을 사용해서 자세히 설명하였다. 이와같은 방법은 그외에도 현금관리, 설비투자 결정, 장비대체 및 품질관리와 같은 의사결정에도 사용될 수 있다. 비록 이와같은 방법이 대규모 시스템에 사용되는 시뮬레이션 전문 소프트웨어나 전반적인 의사결정 지원 시스템을 대체할 수는 없지만 상당히 저렴한 비용으로 많은 비교적 간단한 의사결정에 분석 및 지원 도구로 사용될 수 있을 것이다. 어떤 모델은 상당히 복잡해서 정확하게 실행시키기 위해서는 상당한 전문적인 기술이 필요할 수도 있다. 그러나 일단 모델이 정의되고 공식들이 전자 스프레드시트에 입력되면 전자 스프레드시트를 사용할 줄 아는 사람이라면 누구나 쉽게 시뮬레이션을 수행하고 대체안들을 평가할 수 있다. 앞으로 의사결정자들이 단순히 적절한 입력변수값만 입력시키면 모든 과정이 자동으로 수행되어 의사결정자가 원하는 형태의 정보를 즉각 제공해 줄 수 있는 형태로 사용자 인터페이스를 강화시키는 방향으로 연구가 진행될 수 있을 것 같다. 전자 스프레드시트는 현재 입력값들을 신속히 변화시키고 종속변수들의 값을 재계산 할 수 있는 기능, 수학적 및 재무적 계산에 필요한 많은 내장함수, 회귀분석과 행렬조작 기능, 그리고 매크로를 정의함으로써 반복적 작업을 자동화 할 수 있는 기능들을 가지고 있다. 그리고 윈도우용 전자 스프레드시트에는 3차원 그래프를 비롯한 여러가지 형태의 그래프 기능을 포함하고 있어서 대체안들을 비교 평가할 수 있는 유용한 도구로 사용될 수 있다. 따라서 이와같은 전자 스프레드시트는 많은 의사결정 상황에 편리하게 지원 도구로 사용될 수 있을 것이다. 특히 개인용 컴퓨터의 속도와 용량변화의 추세와 그에따른 소프트웨어의 정교화 추세에 비추어 볼때, 앞으로 이와같은 방법이 더욱 매력적일 것은 의심의 여지가 없는 것 같다.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								

<그림 1> Input Model Parameters

I J K L M N

41

42

Part 2: Inventory Model Calculations

43

Random Variate Generation

44

45	Unifrom	Interval	Interval	Cumulative	Interval	Final
46	R. V.	L. Limit	Width	Prob.	Prob.	R. V.
47	(U)	(L)	(w)	(F)	(f)	(X)
48	0.9046	175	25	0.88	0.05	187.3021
49	0.4063	75	25	0.4	0.18	75.87646
50	0.9586	200	25	0.93	0.04	217.8447
51	0.8482	150	25	0.8	0.08	165.0678
52	0.9237	175	25	0.88	0.05	196.8678
53	0.0288	0	25	0	0.06	11.98602
54	.	.	.	.	.	.
55	.	.	.	.	.	.
56	.	.	.	.	.	.

Formulas used in Random Variate Generation

I48: @RAND
 J48: @VLOOKUP(I48,\$B\$12..\$F\$22,2)
 K48: @VLOOKUP(I48,\$B\$12..\$F\$22,1)
 L48: @VLOOKUP(I48,\$B\$12..\$F\$22,0)
 M48: @VLOOKUP(I48,\$B\$12..\$F\$22,4)
 N48: +J48+K48/M48*(I48-L48)
 I49: @RAND
 J49: @VLOOKUP(I49,\$B\$12..\$F\$22,2)
 K49: @VLOOKUP(I49,\$B\$12..\$F\$22,1)
 L49: @VLOOKUP(I49,\$B\$12..\$F\$22,0)
 M49: @VLOOKUP(I49,\$B\$12..\$F\$22,4)
 N49: +J49+K49/M49*(I49-L49)

<그림 2> Random Variate Generation

A B C D E F G H

40

41

Part 2: Inventory Model Calculations

42

43

Daily Inventory Level and Cost Calculations

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

55

56

57

Day	Starting Level	Random Demand	Remaining Level	Lost Sales	Amount Ordered	Daily Cost
1	400	187	213	0	0	426
2	213	75	138	0	0	276
3	138	217	0	79	400	1230
4	400	165	235	0	0	470
5	235	196	39	0	361	479
6	400	11	389	0	0	778
.
.
.

Formulas used in Daily Inventory Level and Cost Calculations

B48: 1

C48: +\$E\$36

D48: @INT(N48)

E48: @IF(D48>C48, 0, C48-D48)

F48: @IF(D48<C48, 0, D48-C48)

G48: @IF(E48>\$E\$37, 0, \$E\$36-E48)

H48: +\$F\$28*E48+@IF(G48>0, \$F\$29+\$F\$30*G48, 0)+\$F\$31*F48

B49: +B48+1

C49: +E48+G48

<그림 3> Daily Inventory Level and Cost Calculations

K L ... Q R S T U V W

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29

Part 3: Data Analysis and Decision Evaluation:

This Run:

Batch
Batch Means

Evaluation of Alternative Decisions:

Run:	ROP	Mean	St.Dev.	H.	W.	LCL	UCL
This run: 50	499.05	49.31	19.17	479.89	518.22		
1	0	524.33	48.92	19.01	505.32	543.34	
2	40	511.46	58.49	22.73	488.73	534.19	
3	80	491.45	41.27	16.04	475.41	507.49	
4	120	510.86	27.68	10.76	500.10	521.62	
5	160	529.32	27.27	10.60	518.72	539.92	
6	200	572.35	14.17	5.505	566.85	577.86	
7	240	610.97	14.45	5.614	605.35	616.58	
8	280	661.85	12.30	4.782	657.07	666.04	
9	320	693.67	14.59	5.671	688.00	699.34	
10	360	731.71	12.84	4.988	726.72	736.70	

Formulas used in Data Analysis and Decision Evaluation

- L9 : @AVG(H58..H77)
- L10: @AVG(H78..H97)
- L11: @AVG(H98..H117)
- S12: @AVG(\$L\$9..\$L\$28)
- T12: @STD(\$L\$9..\$L\$28)
- U12: 1.738*T12/@SQRT(@COUNT(\$L\$9..\$L\$28))
- V12: +S12-U12
- W12: +S12+U12

<그림 4> Data Analysis and Decision Evaluation

	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1							
2							
3							
4		Macro Area					
5							
6		\R	{GOTO}R14~				
7			{FOR Y2,1,10,1,RECAL}			loop 10 times	
8							
9		RECAL	/C~\$E\$37~{CALC}			recalculate for	
10			/RV\$\$12..\$\$12~{RIGHT}.~			different reorder	
11			{DOWN}			points	

<그림 5> Mecro for Recalculations

	A	B	C	D	E	F
1						
2		MODEL OF A SINGLE SERVER QUEUEING SYSTEM				
3						
4		Part 1: Model Parameters				
5						
6		Probability Distribution of Time				
7		Between Customer Arrivals				
8						
9		Cumulative	Interval	Limits:	Interval	Interval
10		Prob.	Lower	Upper	Prob.	Width
11		0	0	0	0.3297	2
12		0.3297	2	4	0.2210	2
13		0.5507	4	6	0.1481	2
14		0.6988	6	8	0.0993	2
15		0.7981	8	12	0.1112	4
16		0.9093	12	16	0.0907	4
17		1	16			

	G	H	I	J	K	L
5						
6		Probability Distribution				
7		of Service Times				
8						
9		Cumulative	Interval	Limits:	Interval	Interval
10		Prob.	Lower	Upper	Prob.	Width
11		0	0	2	0.4512	2
12		0.4512	2	4	0.2476	2
13		0.6988	4	6	0.1359	2
14		0.8347	6	8	0.0746	2
15		0.9093	8	10	0.0409	2
16		0.9502	10	14	0.0498	4
17		1	14			

Formulas used in Probability Distributions

B11: 0	F11: +D11-C11
B12: +B11+E11	H11: 0
L11: +J11-I11	H12: +H11+K11

<그림 6> Model Input Parameters

	A	B	C	D	E	F	G
45							
46		Part 2: Simulation Model Data Generation					
47		Random Variates Generation					
48							
49		(1) Time between customer arrivals					
50		Uniform	Interval	Interval	Cumulative	Interval	Final
51		R.V.	L. Limit	Width	Prob.	Prob.	R.V.
52		(U)	(L)	(w)	(F)	(f)	(X)
53		0.7228	6	2	0.6988	0.0993	6.4838
54		0.5285	2	2	0.3297	0.2210	3.7992
55		0.9239	12	4	0.9093	0.0907	12.645
56		0.8351	8	4	0.7981	0.1112	9.3318
57		0.7972	6	2	0.6988	0.0993	7.9810
58		0.7012	6	2	0.6988	0.0993	6.0492
59	
60	
61	

	H	I	J	K	L	M	N
48							
49		(2) Service Times					
50		Uniform	Interval	Interval	Cumulative	Interval	Interval
51		R.V.	L. Limit	Width	Prob.	Prob.	R.V.
52		(U)	(L)	(w)	(F)	(f)	(X)
53		0.8653	6	2	0.8347	0.0746	6.8204
54		0.0504	0	2	0	0.4512	0.2236
55		0.9246	8	2	0.9093	0.0409	8.7490
56		0.0095	0	2	0	0.4512	0.0419
57		0.8554	6	2	0.8347	0.0746	6.5538
58		0.7074	4	2	0.6988	0.1359	4.1271
59	
60	
61	

Formulas Used in Random Variates Generation

B53: @RAND
 D53: @VLOOKUP(B53, \$B\$11..\$F\$17, 4)
 F53: @VLOOKUP(B53, \$B\$11..\$F\$17, 3)
 I53: @RAND
 K53: @VLOOKUP(I53, \$H\$11..\$L\$17, 4)
 M53: @VLOOKUP(I53, \$H\$11..\$L\$17, 3)
 C53: @VLOOKUP(B53, \$B\$11..\$F\$17, 1)
 E53: @VLOOKUP(B53, \$B\$11..\$F\$17, 0)
 G53: +C53+D53/F53*(B53-E53)
 J53: @VLOOKUP(I53, \$H\$11..\$L\$17, 1)
 L53: @VLOOKUP(I53, \$H\$11..\$L\$17, 0)
 N53: +J53+K53/M53*(I53-L53)

<그림 7> Randon Variates Generation

O P Q R S T U V

45

46

Part 2: Simulation Model Data Generations (continue)

47

48

Simulation data for each customer

49

50

Customer	Arrival Time	Service Time	Time Service Begins	Time Service Ends	Waiting Time in Queue	Time Spent in Syst
1	6.4838	6.8204	6.4838	13.3042	0	6.8204
2	10.2830	0.2236	13.304	13.5278	3.0212	3.2448
3	22.9283	8.7490	22.9283	31.6774	0	8.7490
4	32.2601	0.0419	32.2601	32.3020	0	0.0419
5	40.2412	6.5538	40.2412	46.7950	0	6.5538
6	46.2904	4.1271	46.7950	50.9221	0.5046	4.6317
.
.
.

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

Formulas used in Simulation Data Generation

P53: 1

Q53: +G53+0

R53: +N53

S53: +Q53

T53: +S53+R53

U53: +S53-Q53

V53: +U53+R53

P54: +P53+1

Q54: +Q53+G54

R54: +N54

S54: @IF(Q54<T53, +T53, +Q54)

T54: +S54+R54

U54: +S54-Q54

V54: +U54+R54

<그림 8> Simulation Data Generation for Each Customers

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

Part 3: Data Analysis and Performance Estimations

Batch	Batch Means		
	Waiting Time	Time Spent	Avg. No. of
	in Queue	in System	customers
1	28.3493	32.5921	in queue: 1.6894
2	7.2200	10.2404	
3	2.3193	5.3771	Avg. No. of
4	2.2692	5.0637	customers
5	15.6192	19.7027	in system: 2.3698
6	32.9668	36.6347	
7	2.4799	5.4706	
8	1.2362	4.4837	
9	0.9822	3.0357	
10	7.8318	11.4554	
11	7.5437	10.8624	
12	1.2475	4.6524	
13	3.3392	6.7711	
14	8.8193	12.0908	
15	2.6137	6.0555	
16	2.5948	6.2439	
17	22.4417	26.8650	
18	4.9730	8.0780	
19	6.2605	9.4017	
20	4.9538	7.8650	

Formulas used in Data Analysis and Performance Estimations

- Q7: @AVG(U73..U102)
- Q8: @AVG(U103..U132)
- U7: @SUM(U73..U672)/T672
- R7: @AVG(V73..V102)
- R8: @AVG(V103..V132)
- U11: @SUM(V73..V672)/T672

<그림 9> Data Analysis and Performance Estimations

V W X Y Z AA AB

19

20 Performance Estimation (continue)

21

22 Mean Waiting Time in Queue:

23

	Mean	St. Error	H. W.	LCL	HCL
	8.0331	9.0590	3.5206	4.7825	11.8237

26

27 Mean Waiting Time in System:

28

	Mean	St. Error	H. W.	LCL	HCL
	10.5000	5.7663	2.2409	8.2591	12.7409

30

Formulas used in Performance Estimations

X25: @AVG(Q7..Q26)

Y25: @STD(Q7..Q26)

Z25: 1.738*Y25/@SQRT(@COUNT(Q7..Q26))

AA25: +X25-Z25

AB25: +X25+Z25

X30: @AVG(R7..R26)

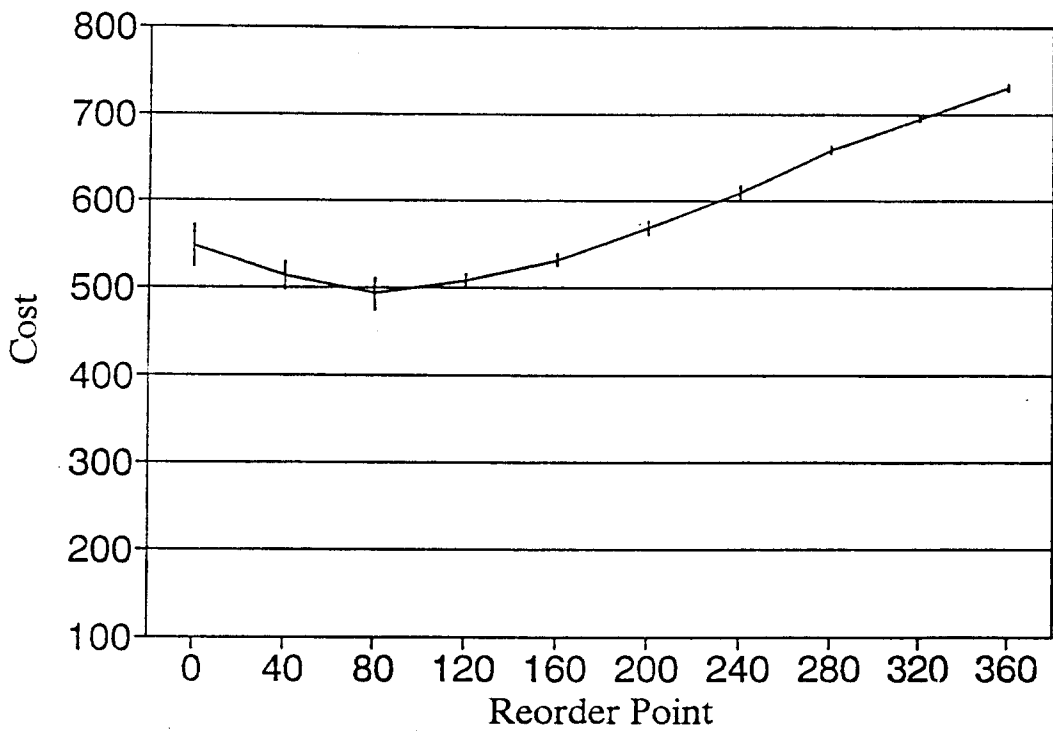
Y30: @STD(R7..R26)

Z30: 1.738*Y30/@SQRT(@COUNT(R7..R26))

AA30: +X30-Z30

AB30: +X30+Z30

<그림 10> Performance Estimations (2)



<그림 11> 평균 일일 비용(Mean Daily Cost)

참고 문헌

- Banks, J. and Carson, J. S., Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, Englewood Cliff, N.J., 1984.
- Hoover, S. V. and Perry, R. F., SIMULATION: A Problem-Solving Approach, Addison-Wesley, Reading, M.A., 1989.
- Law, A. M. and Kelton, W. D., Simulation Modeling and Analysis, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 1991.
- Pritsker, A. A. B., Introduction to Simulation and SLAM II, 2nd Ed., John Wiley, New York, 1984.
- Sprague, R. H., Jr., A Framework for the Development of Decision Supporting System, MIS Quarterly, 4, 4, Dec. 1980.
- Stark, R., The Complete Textbook of Lotus 1-2-3, Macmillian, New York, 1991.
- Turban, E., Decision Support and Expert Systems, Macmillian, New York, 1988.
- Special Edition Using 1.2.3 developed by Que Company, Que, Carmel, Indiana, 1987.

情報處理要員의 職業倫理 意識實態 比較分析
- 專門要員 및 大學生 中心으로 -

김 영건 (계명대학교 경영대학 경영정보학과 교수)
박 상호 (영천여자상업고등학교 교사)

I 序論

1. 研究의 目的

1946년 세계 최초로 ENIAC이란 컴퓨터가出現한 이후 情報産業은 괄목할만한 발전을 해 왔고, 그 活用結果나 영향도 대단하다. 그 結果로 情報處理 分野에서 새롭고 다양한 職務도 생겨났는데, 이것을 一般的으로 情報處理職務(Information Processing Job : IPJ) 또는 情報管理職務(Information Management Job : IMJ)라고 한다. 이러한 職務는 15가지 以上の 內容으로 細分化 및 專門化¹⁾되어 발전되고있고, 이 分野에 종사하는 專門要員들의 숫자도 날로 增加해 가고 있는 實情이다. 이러한 가운데 情報處理 分野의 專門職에 從事하는 專門要員들에게 사회적인 職業문제가 提起되고 있다. 이 문제는 크게 情報處理機器의 취급상의 경우 倫理問題와 情報處理상의 職業倫理問題로 분류된다. 職業倫理問題는 1985년 1월에 公表된 日本通産省의 EDP監査基準²⁾에서 처음으로 공식적으로 논의한 바있는데, 이것은 제도적인 측면과 個人的 양심적 측면, 즉 성실성과 도덕성에 기초를 둔 양심적 행동의 측면이다. 그러나 이 論文에서는 情報處理 職務상의 倫理問題에 초점을 두어서 연구를 하고자 한다. 이 측면의 倫理問題는 1954년 美國 GE社에서 처음 컴퓨터를 活用한데서 시작되었고, 이 문제의 심각성은³⁾ 컴퓨터 활용이 보편화 되는데 있다. 특히 정보의 오류와 오사용으로 인한 엄청난 피해나 재해를 가져올 수 있다는데서 情報處理要員의 직무수행상 倫理問題는 그 심각성을 더 해 갈것으로 전망된다. 이러한 문제들을 사전에 예방하고, 피해를 최소화하기 위한 제도적 대책 마련의 일환으로 현재 情報處理분야에 종사하는 專門要員과 準情報處理要員(교육중인 자)의 職業倫理意識 實態를 調査·分析하고, 그 結果에 따라 문제해결을 위한 對策方案과 情報處理要員의 倫理教育方向을 提示하고 健全한 情報社會 建設을 위한 基礎를 마련하는데 본 研究의 目的을 두고 있다.

2. 研究의 方法과 範圍

本 研究의 目的達成을 위해서 職業倫理나 情報倫理와 관련된 文獻研究를 先行하고 論理實證的 研究方法인 設問紙 調査法에 의해서 情報處理要員의 職業倫理意識實態를 調査 및 分析結果를 통해서 結論을 유도하고자 한다.

本 研究의 範圍로는 微視的 觀點에 입각하여

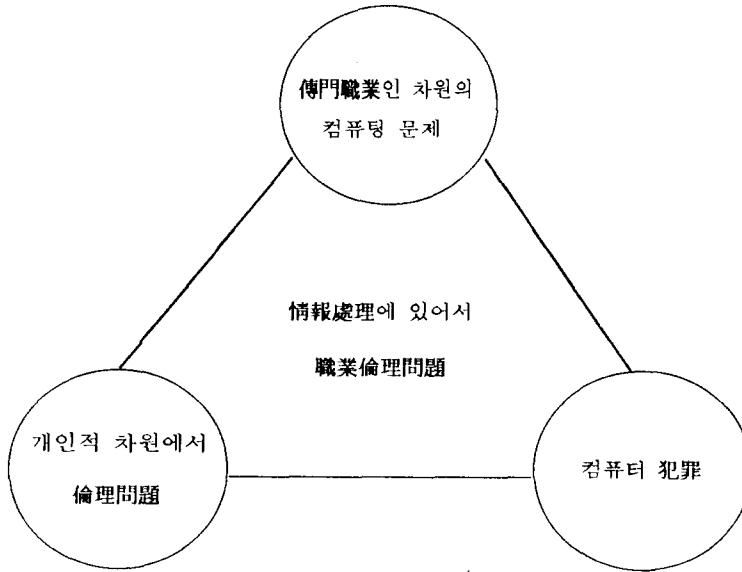
첫째, 情報處理要員의 個人的 倫理問題

둘째, 컴퓨팅 專門家(專門職業人)의 倫理問題

세째, 컴퓨터 犯罪과 경영정보의 보호와 공개

등을 研究範圍로 하고, 設問紙 調査對象으로는 크게 專門要員과 準專門要員(情報處理 관련 피교육자)으로 구분하여 實施하고자 한다. 이러한 研究範圍를 도식화하면 <그림 1>과 같다.

<그림 1> 研究方法의 範圍



II 情報處理要員의 職業倫理와 情報倫理

1. 職業倫理의 形成 背景

人類가 自己生存을 위해서 自己生産과 自給自足 生活을 할 때는 職業의 發展이나 分化는 이루어지지 않았으나 資本主義 發展과 經濟活動의 自由化에 의해서 職業分化와 선택이 自由스러워 졌다.⁴⁾ 이러한 變化는 그 時代의 技術發展과 밀접한 關係가 있다. 오늘날은 技術革命의 時代이고, 또 情報戰爭時代 내지는 情報化 社會이고, 새로운 많은 職務를 생성케 하는 다양한 社會이다. 여러가지 職務 가운데 情報處理分野의 이런 職務遂行過程에서 새로운 社會的 職業倫理問題가 제기된다. 즉 企業組織에서 컴퓨터에 의한 情報處理업무가 一般化됨으로서 情報處理要員의 職業倫理問題는 날로 그 심각성을 더 해 가고 있는 實情이다.

職業倫理의 生成 背景의 根本的인 思想은 멀리로는 Calvinism과 Protestantism의 諸敎派의 自由主義思想에서 찾을 수 있고, 그 精神은 金木주의, 근면, 절약에 있다. Max Weber는 Calvin의 이러한 資本主義 精神⁵⁾을 企業家의 精神이라고 했고, 여기에 企業倫理의 根源이 있다고 보았다. Calvin과 Protestant의 倫理德目은 오늘날 企業倫理의 發展原因이 되었다고 본다.

Jeffery Gands와 Nadine Hayes⁶⁾는 企業倫理(Business Ethics)란 道德的 價値와 關聯있는 經營者의 意思決定과 企業 經營에 관한 學問 또는 利害關係者 集團에 利가 되도록 責任을 다하는 것이라고 정의했는데, 여기에서 企業倫理의 重要性을 찾을 수 있겠다. 企業倫理의 重要性으로는

첫째, 企業倫理의 準수는 社會적 正當성을 얻을 수 있는 기반이 된다.

둘째, 企業倫理의 준수를 통해서 質的 經營成果 혹은 組織의 有効성을 기대할 수 있다.

셋째, 企業倫理는 組織구성원의 행동규범을 제시 해 줄 뿐만 아니라 인간 또는 건전한 정보사회 시민으로서 構成員의 倫理的 성취감을 충족시켜 준다.

이러한 企業倫理의 重要性은 職業倫理의 德目⁷⁾을 組織 構成員이 갖도록 要求한다. 또한 職業倫理의 德目은 職業의 專門化와 分業化가 심화될 수록 그 내용이 특수화 되어가고 다양화 되어가는 것이 오늘 날의 現實이다.

2. 情報倫理性의 必要性

情報에 관한 研究는 1954년 처음으로 미국 GE社에 컴퓨터를 情報處理手段으로 導入 活用한 때부터 시작되었다고 보며, 本格的인 研究는 1960년대 제3세대 컴퓨터의 活用이 보편화 됨으로서 여기에 관한 研究가 활기를 띠게 되었는데, 그 중에 한 分野는 情報의 倫理性(Information Ethics)⁸⁾에 관한 研究라 하겠다.

情報處理業務가 초기단계에는 내적 단순업무처리가 중심이었을 때는 별로 情報倫理性이 認識되지 못했지만, 그 範圍의 大規模化, 地理的으로 擴大化, 그리고 情報處理의 경제적, 사회적 영향력이 크다는 점에서 情報의 倫理性이 問題가 되고 情報處理 關聯者에게 道德的 問題가 제기되고, 職業上의 倫理問題란 精神的 規範이 필요하게 되었다.⁹⁾ 職業上의 規範이란 人間의 精神的 價値로서 重要한 의미를 갖는 것은 人間과 自然과의 關係를 規定하는 自然秩序이기 때문이다. 自然은 人間의 當爲(sollen)를 초월하며, 人間은 自然의 한 Mechanism으로 順應 해야 한다는 關係에서 學問, 道德, 藝能, 宗教 등의 構成이 形成되기 때문이다. 또한 人間에 의한 自己規律로서 自律秩序와 社會秩序가 형성되기 때문에 중요하다.

이런 自律的 要因으로서 倫理, 道德을 통해서 意識的 無意識的으로 社會的 秩序가 形成되고 사회 구성원인 人間은 價値觀을 갖게되며 그 價値觀을 升华시키기 위해서 道德教育을 받거나 宗敎生活을 하게 된다.

이와 마찬가지로 情報處理 實務分野에서도 社會的 秩序形成의 次元에서 倫理가 必要한 것이다. 情報化 社會가 情報倫理를 職業倫理의 次元에서 必要로 하는 次要인¹⁰⁾은 몇가지로 요약이 가능하다.

첫째, 情報특성이 갖는 情報의 倫理性

情報특성은 크게 4가지 次元에서 分類된다.

a. 質에 관한 特性

- 適格性 : 適用可能하고 도움이 되며 必要하고 重要함.

b. 適格性 關聯 要素

- 正確性 : 正確·信賴 可能한 것
- 事實性 : 事實, 眞實
- 量的 特性 : 完全, 有效

- 信賴性과 適時性 : 새롭고 信賴, 適時 受給
- c. 形成關聯性
 - 配列 : 造成, 順序, 精度, 解明, 便宜, 單純
- d. 意味의 質的 特性
 - 納得 : 論理的, 感覺的

이러한 情報의 特性 때문에 情報의 倫理性이 強하게 要求되고 이 分野에 從事하는 情報處理要員이나 關係者에게는 情報에 대한 倫理觀이나 職業倫理가 당연히 要求된다.

둘째, 危險性의 發生原因과 專門要員의 情報化에 따르는 危險性에 있어서는 誤謬, 事故 등의 發生要因이 많은 것은 情報處理 專門要員의 업무에 대한 便令感의 缺如, 不注意, 經驗不足, 未熟에 있다. 情報處理技術이나 習熟度의 不足에 있어서는 再教育과 公히 情報倫理(Information Moral)의 教育이 必要하다.

세째, 專門要員에 의한 컴퓨터 犯罪

컴퓨터 犯罪의 發生原因, 그 犯罪의 장본인은 內部處理要員이나 關係者에 의한 경우가 많다. 內部事情에 精通하고 그 立場에서의 利用과 技術力을 가진자가 쉽게 誘惑을 排除하는 것이 當然하나 때때로 排除가 容易하지 않은 경우가 있다. 그것을 排除하는 것은 誘惑을 초월할 수 있는 價値觀, 다시 말해서 倫理觀이 情報處理의 專門要員에게 要求된다.

네째, 危險性 發生防止의 貢獻

개발, 구축된 System의 構造的 弱點, 節次順序의 弱點이 犯罪發生의 要因을 쉽게 제공한다. 모든 시스템을 開發·設計하는데 있어서 시스템 운영 과정상 危險性이 發生하는 것을 事前에 意識하고, 그 發生을 未然에 防止하는 배려와 개발기술 노력에 의한 System 구축에 공헌하는 情報處理要員, 특히 SE의 役割에 달려있으므로 그 設計의 精神的 前提가 되는 것은 職業意識과 職業的 倫理觀이라 하겠다.

다섯째, 모든 기술문제에 공통되는 倫理的 前提條件

情報處理를 포괄한 모든 기술문제에 공통되는 倫理的 前提條件이 있다. 그것은 기술의 진보가 공통적으로 갖는 危險性으로서 What can be done, will be done, 특히 기술력을 가진 專門要員이 그의 能力을 정당히 발휘하는 것은 당연하며 그것을 부정, 부당하게 발휘하는 것을 허용해서는 안된다. 어떤 가능한 職業에 그 職務특성에 대응하는 規範이 職業倫理이다.

여섯째, 情報價値의 主觀性¹¹⁾

정보는 主觀的 및 客觀的인 價値를 가지고 있으므로 利用者나 使用者에게 有用할 수 있도록 정확성, 신뢰성, 공정성이 保障되어야 한다.

일곱째, 複製의 容易性¹²⁾

情報技術發展에 따라서 S/W나 情報의 複製가 容易하고, 複製된 情報의 확산이 광역적이므로, 情報處理職務에 종사하는 情報處理要員에게 情報複製에 의한 被害와 惡影響이 크므로 조직상의 책임과 職業倫理性이 要求된다.

여덟째, 情報의 不滅性

기록된 情報은 반영구적으로 保存됨으로 情報處理要員에게 責任있고, 注意깊은 作業 態도와 職業的 倫理觀이 要求된다.

아홉째, 情報의 不可逆性

한번 외부에 노출된 情報은 원상태로 회복될 수 없으므로 情報은 항상 正確性和 信賴性이 保證되는 職業的 倫理性이 要求된다.

열째, 情報의 擴散性

情報은 많은 Channel이나 Mechanism을 통해서 수시로 廣域的으로 擴散됨으로 公적, 社會적으로 미치는 영향이 크다. 따라서 情報은 본래적으로 倫理性을 수반한다는 것을 情報處理要員들이 인식하도록 할 필요가 있다.

情報處理面에서 職業的 倫理的 關聯을 보면 다음 <表1>과 같이 要約할 수 있다.

<表1> 情報倫理的 關聯 一覽表¹³⁾

情報供給 側	專門技術者 및 關係者 (倫理道德의 主任)				
	컴퓨터 및 設備	通 信	정보화기술	入·出力技術	
	誤謬	事故	災害	컴퓨터犯罪	私生活侵害
企 業	<ul style="list-style-type: none"> ○ 업무상의 지장 ○ 경제적·사회적불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 업무상의 지장 ○ 기업에의 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 업무상의 지장 ○ 회복곤란성 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경제적 손실 ○ 기업신용 상실 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정보제공자의불신
社 會	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신뢰성 상실 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기업에 대한 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 危險性的 노출 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사회적 혼란 ○ 정보화에 대한 불안 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정보불신 ○ 사회적 불신
個 人	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관계자에 대한 불신 ○ 기업에 대한 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관계자의 손실 ○ 정보화에 대한 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관계자 불신 ○ 정보화에 대한 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관계자 불신 ○ 컴퓨터 불신 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인권의 침해

3. 情報處理上의 職業倫理 問題

앞에서도 言及한 바와 같이 情報處理에 있어서 情報處理上의 倫理的인 問題는 심각성을 더해가고 있고, 그에 따라 사회적 대응책 또는 법적인 제도적 장치를 마련해야 한다는 주장들이 대두되고 있다. 情報處理面에서 職業倫理 問題¹⁴⁾가 여러 가지 측면에서 취급할 있겠지만 本 論文에서는 情報處理 專門 職業人의 倫理問題는 첫째, 개인적 차원에서의 倫理問題, 즉 컴퓨팅 專門家의 倫理問題 둘째, 컴퓨터 犯罪 그리고 프로그램과 情報의 소유권의 측면에서 倫理問題를 들 수 있다.

情報處理에 있어서 倫理問題는 개인적 차원에 근거를 두고 있지만 倫理問題의 결과는 결국 컴퓨터의 犯罪와 직결되는 문제로서 다음과 같이 제시될 수 있다.

첫째, 專門職業人으로서의 컴퓨팅 專門家의 倫理問題

둘째, 컴퓨터 프로그램에 있어서 법적 책임에 관한 倫理問題

셋째, 컴퓨터 犯罪

넷째, 컴퓨터 프로그램의 소유권 문제

다섯째, 컴퓨터를 이용한 감사와 파생된 침해문제 등을 들 수 있다.

그리고 컴퓨팅 專門家의 倫理的인 문제는 專門인 인간관계에서 要求되는 倫理問題와 專門家의 도덕성, 정직성 내지 인격적인 관점에서의 倫理問題를 들 수 있겠다.

Ⅲ 컴퓨터 犯罪의 發生原因과 類型

1. 컴퓨터 犯罪의 개념

컴퓨터 犯罪의 概念에 대한 정의는 광의와 협의로 정의를 내릴 수 있다. 광의로 컴퓨터 犯罪 개념을 정의하는 학자들로는¹⁵⁾ Kaiser, Von zur Mühlen, Lampe, Zyban, T.Fischer 및 Rohner 등을 들 수 있는데, 이들에 의하면 犯罪 수행에 있어서 어떤 방법이나 형태와 관계없이 컴퓨터를 利用하여 犯罪가 구성된다는 관점에서 정의를 내리고 있다. 즉 “컴퓨터를 행위의 수단이나 목적으로 형사처벌되거나 처벌할 만한 가치가 있는 행위의 총체”라고 컴퓨터 犯罪의 개념을 정의하고 있다.

한편 컴퓨터 犯罪의 概念을 협의로 정의하는 대표적인 학자로는 Ulrich Sieber 들 수 있다.¹⁶⁾ Ulrich Sieber는 컴퓨터 犯罪의 개념을 「컴퓨터 자료와 관련하여 발생하는 재산적 침해 행위를 야기시키는 故意的인 犯罪 행위의 총체」라고 정의하고 있다.

광의의 컴퓨터 犯罪 개념은 H/W, 공Tape, 자기디스크의 절취 또는 횡령 뿐만 아니라 컴퓨터 특수성이 게재하지 않는 犯罪를 포함하며, 협의의 컴퓨터 犯罪 개념은 피해 범위를 재산침해 행위로만 파악하고 한정적으로 사생활 영역에 있어서 인격적 침해까지도 컴퓨터 犯罪의 영역으로 규정하고 있으므로 상당히 설득력 있는 컴퓨터 犯罪의 개념을 정의하고 있다.

2. 컴퓨터 犯罪發生의 原因과 類型

1) 컴퓨터 犯罪發生의 原因

컴퓨터 犯罪 發生의 原因은 두가지 側面에서 기인한다고 본다. 첫째 原因으로써 企業組織이나 社會 여러分野의 組織에서 情報化가 進展에 따라 컴퓨터에 의한 危險性과 또 하나는 誤謬 또는 意圖의인 컴퓨터에 의한 危險性을 들 수 있다. 兩者의 경우 컴퓨터 適用分野가 一般的으로 擴大되고, 그 處理內容이 高度로 複雜化 됨과 동시에 通信回線의 利用을 통한 IS의 보급에 따라 나타나는 컴퓨터에 의한 危險性의 廣域化이다.

<表2> 컴퓨터에 의한 危險性 分類

대분류	중분류	소분류
자연재해 (災害)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 지진, 풍수해, , 설해, 낙뢰 ◦ 동물해 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 도괴, 단선, 파괴, 침수, 화재 ◦ 정전
事故 (故障)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 시설, 부대시설기기 장애 ◦ 환경불량, 전기적 장애 ◦ H/W장애 (본체, 주변기기, 통신회선) ◦ S/W장애 ◦ System장애(대규모 System) 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 재해, 누수 ◦ 전압전류의 변화 ◦ 고주파 변동, 정전기 영향, 정전 ◦ 제조불량, 설계 및 시공불량
운영관리상의 에러 미스(過失)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Data작성, 보관 및 입력단계에서 에러-미스 ◦ 조작단계에서의 에러 미스 ◦ 출력단계 및 출력관리단계에서 에러-미스 ◦ 프로그램 유지 단계에서의 에러-미스 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 조작 미스, 지시 미스 ◦ Data작성미스, 프로그래밍미스 ◦ 분실, 정비불량
犯罪	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 파괴, 절취, 사기, 횡령 ◦ 기밀누설, Privacy침해 ◦ 부정사용 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 파괴행위 ◦ DB, Program 출력, Data절취, 횡령 ◦ Machine Time 도용 ◦ DB, Program의 copy ◦ 기밀누설 ◦ 인권침해 ◦ 부정공개, 부정사용