

품질보증데이터의 분석방법에 대한 고찰

백재욱¹

¹한국방송통신대학교 정보통계학과

접수 2010년 4월 14일, 수정 2010년 5월 20일, 게재확정 2010년 6월 2일

요약

품질보증데이터는 제품의 신뢰성평가에 귀중한 자료이므로 기업에서는 이를 분석하여 제품의 개선전략을 세운다. 하지만 기업에서는 제품의 수명을 고려하지 않고 통상 월별 또는 분기별 클레임건수를 1000제품 당으로 나타낸 품질보증회수율을 구하여 표나 그림으로 나타낸다. 본 연구에서는 그런 데이터를 통상적으로 어떻게 분석하는지 살펴보고 수명까지 고려한 분석이 효과적임을 설명한다. 아울러 이런 분석의 결과는 신뢰성추적시스템에 들어가야 됨을 설명한다.

주요용어: 1000 제품당 고장수, 신뢰성추적시스템, 컴퓨터 하드드라이브, 품질보증데이터, 품질보증회수율.

1. 서론

근래 기업들은 시장점유를 위하여 공격적인 품질보증정책을 내놓고 있다. 또한 근래에 기업들은 기본적인 품질보증정책이외에 소비자들로 하여금 추가적으로 비용을 지불하게 하는 추가품질보증을 들도록 권유하고 있다. 하지만 기업은 자신의 제품에 대한 클레임 데이터를 분석하여 이들 품질보증정책에 대한 올바른 평가 없이는 공격적인 품질보증정책이 오히려 부담이 될 수 있다 (Murthy 등, 2008).

품질보증데이터는 때로는 사용기간과 사용량 (예를 들어 mileage)과 같이 2차원으로 나타난다. 이 경우 클레임수를 모델링하는 방법은 백재욱 (2010)에 제안되었으며, 품질보증기간이 끝난 후의 비용을 최소화하는 방법에 대해서는 정기문 (2006, 2008)이 살펴보았다. 하지만 품질보증데이터는 통상 월별 클레임건수를 1000제품 당으로 나타낸 품질보증회수율 (Warranty Call Rate, WCR)을 구하여 표나 그림으로 나타낸다 (Kuper, 2008; Petkova 등, 2000). 하지만 이때 기업에서는 개개 클레임을 야기하는 제품이 수명이 얼마나 되었는지 고려하지 않고 데이터를 분석하므로 신뢰성향상이라는 목적을 효과적으로 달성하기 어렵다.

본 연구에서는 원래의 품질보증기간이 1년, 추가비용으로 구입하는 3년간의 품질보증기간인 컴퓨터 하드드라이브에 대한 고장정보를 수집하여 분석하면서 품질보증데이터의 분석방법에 대해 살펴보고자 한다. 우선 품질보증데이터의 분석이 신뢰성추적시스템의 차원에서 이루어져야 하므로 2절에서는 신뢰성추적시스템에 대해 알아보고, 3절에서는 품질보증데이터에 대한 여러 가지 분석방법을 살펴보고, 4절에서는 현 분석방법의 허점을 살펴보고 품질보증기간과 제조에서 판매까지의 기간을 고려한 WCR에 대해 살펴보고, 마지막으로 5절에서 정리하며 결론을 내린다.

¹ (110-791) 서울 중로구 동승동 169번지, 방송통신대학교 정보통계학과, 교수. E-mail: jbaik@knou.ac.kr

2. 신뢰성추적시스템

필요한 데이터를 수집할 수 있는 프로세스를 수립하는 것은 대부분의 신뢰성분석에서 종종 간과되지만 가장 중요한 요소에 속한다. 이런 신뢰성분석에 이용되는 품질보증데이터를 분석하는 이유는 해당 제품에 대한 품질 또는 신뢰성이 시간 별, 라인 별, 위치 별 어떻게 변하는지, 품질개선활동이 효과를 거두고 있는지 등이다. 이를 통틀어 신뢰성추적시스템이라고 할 수 있는데, 이 시스템은 다음 사항들을 포함할 수 있도록 해야 한다.

- 제품과 제품의 핵심구성요소 파악 (제품 제조과정에서 핵심요소 포함)
- 제품의 고장 그 근본원인 및 고장징후에 대한 일관적인 보고
- 제품의 구입일자, 운반된 지역, 사용환경 등
- 수리 구성요소 및 수리환경 등에 대한 정보

구체적으로 여기서 원하는 신뢰성추적시스템은 추가 품질보증기간인 4년이 지난 후에 제품에 대한 신뢰성을 평가하기 보다는 품질보증기간 중 그때그때 신뢰성을 평가하여 제조상의 결함을 적출하는 데 그 유용성이 있다. 이 시스템은 또한 제품은 물론 주요 구성요소에 대한 고장모드는 물론 최신 신뢰성 추정치를 제공하는데 그 목적이 있다. 예를 들어 어느 설계공학자는 이 시스템을 통해 첫 3년간 제조된 컴퓨터 하드드라이브의 고장 데이터를 이용하여 특정 고장모드에 기인하는 고장수가 3개월, 1년, 3년 및 5년 후에는 어떻게 나올 것인지 추정하고 싶을 수 있다. 물론 3년 동안의 고장 데이터로 5년 후의 신뢰성 추정치를 구하기 위해서는 와이블분포나 로그정규분포와 같은 모수적 모델을 가정해야 할 것이다.

또한 이 시스템은 담당 엔지니어로 하여금 서브시스템, 구성요소, 특정 고장모드에 대한 1000 제품당 추정된 고장수가 일정한 경계치를 넘었는지 점검할 수 있어야 하며, 품질관리에서 관리도와 같이 신뢰성이 이전의 생산결과와 크게 달라졌는지 확인할 수 있어야 한다.

마지막으로 이 시스템은 다음에 설명하는 바와 같이 표나 그림과 같은 보고서를 경영진에게 정기적으로 제공하여 품질보증정책을 올바르게 세우는데 이용할 수 있도록 해야 한다.

3. 품질보증데이터의 분석방법

3.1. 데이터와 잘못된 분석

우선 표 3.1은 기본 품질보증기간이 1년, 추가로 구입하는 3년간의 품질보증기간인 컴퓨터 하드드라이브에 대해 분기로 나타낸 연령과 제조분기 별 1000 단위 당 관측고장수를 나타낸다. 참고로 추가 3년간의 품질보증을 선택한 사람들은 모든 구매자들의 랜덤포본이 아니라고 본다. 대신 이들은 아마 제품을 많이 사용하는 사람들일 것이므로 고장도 더 많이 겪게 될 것이다. 따라서 이들 제품에 대한 분석결과는 다소 비관적일 수 있으므로 첫 해의 분석결과와 견주어 필요하다면 조정해야 할 것이다. 표 3.1은 매 분기마다 제조된 제품에 대해 1000 제품당 하드드라이브의 고장수를 나타내는 것으로, 예를 들어 Year 1의 4분기에 제조된 제품은 6분기에 이르면 1000 제품 당 6.38건의 고장이 발생한다. 표 3.1과 같은 데이터가 있을 때 통상 그림 3.1과 그림 3.2와 같은 방식으로 데이터를 요약할 수 있다. 그림 3.1은 제조연도 및 분기에 상관없이 분기로 나타낸 제품의 연령별 1000 제품 당 하드드라이브의 필드 고장수를 나타내고 (따라서 그림 3.1의 14번째 값은 $(11.20+8.50+10.58)/3=10.09$ 를 나타내고), 그림 3.2는 제품의 연령에 상관없이 분기로 나타낸 제품의 제조연도별 1000 제품 당 하드드라이브의 필드 고장수를 나타낸다 (따라서 그림 3.2의 14번째 값은 $(9.53+7.33+7.13)/3=8.0$ 을 나타냄).

그림 3.1이나 그림 3.2에서 각 점은 해당 분기 동안 일어난 총 고장수를 해당 분기 동안 품질보증하에 있는 총 제품수로 나누어 1000을 곱한 것으로 엔지니어는 이를 이용하여 수리부품수를 예측한다 (때로

표 3.1 제품의 제조 분기별 1000 단위 당 분기별 펠드 고장수

연령 (분기로 표시)	제 1년도				제 2년도			
	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
1	24.63	18.75	13.65	11.88	10.73	10.73	12.68	11.05
2	17.73	12.65	10.53	8.28	8.83	8.63	8.35	8.95
3	9.08	8.43	8.83	7.60	8.25	6.60	8.65	8.18
4	11.13	11.35	10.05	9.20	10.05	8.88	7.45	7.20
5	7.73	9.08	8.33	8.35	6.40	6.43	5.25	7.65
6	7.90	8.60	7.60	6.38	6.80	5.73	5.68	6.30
7	8.38	7.83	7.90	7.15	8.20	6.80	5.45	5.43
8	10.00	8.83	7.03	6.08	6.08	8.03	5.30	7.48
9	8.70	6.80	8.65	7.40	5.58	5.80	6.08	7.73
10	8.93	8.83	7.98	7.43	5.55	8.00	7.20	
11	10.05	8.40	7.15	7.10	8.05	7.98		
12	8.73	9.88	9.30	7.30	7.50			
13	10.40	8.08	9.20	8.93				
14	11.20	8.50	10.58					
15	11.10	11.55						
16	12.15							

연령 (분기로 표시)	제 3년도				제 4년도			
	1분기	2분기	3분기	4분기	1분기	2분기	3분기	4분기
1	10.93	10.45	11.68	11.50	9.83	9.53	10.68	10.90
2	7.15	8.70	7.43	7.05	7.23	7.33	6.90	
3	6.75	6.10	5.93	6.03	6.00	7.13		
4	6.88	7.30	8.50	7.30	6.55			
5	5.58	7.05	5.33	5.55				
6	5.53	6.28	4.58					
7	5.68	6.40						
8	6.63							
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

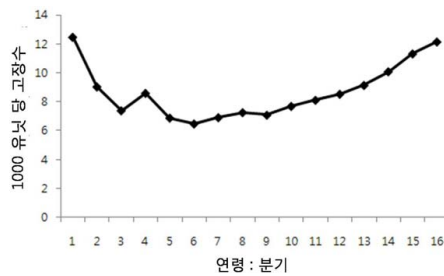


그림 3.1 제품의 분기별 연령으로 나타낸 1000 제품 당 하드드라이브의 펠드 고장수

는 이런 그림이 현장의 신뢰성에 대한 정보로 사용되는 전부이기도 함). 그림 3.1과 그림 3.2를 보면 현장의 신뢰성이 시간이 지난다든지 제조연도가 지나면서 나아지다가 다시 나빠지는 것으로 보인다. 하지

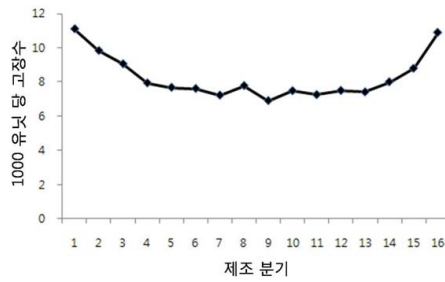


그림 3.2 제품의 제조 분기별로 나타낸 1000 제품 당 분기 하드드라이브의 필드 고장수

만 그림 3.1과 그림 3.2는 신뢰성향상을 위한 분석도구로는 심각한 결함이 몇 가지 있다. 우선 서비스 상에 있는 제품의 연령이 섞여 있다는 것을 무시한다. 1년이 지난 후의 제품은 1년 또는 그 이하 동안 서비스된 것인데 반해 4년이 지난 후의 제품은 서비스기간이 아주 짧은 것도 있지만 거의 4년이 된 것도 있다. 그림 3.1과 그림 3.2는 여러 분기에 걸쳐 제조된 제품의 분기별 고장의 변화와 한 제품의 수명주기에 걸친 고장의 변화를 구분하지 못한다. 따라서 이 두 요소를 구분할 수 있는 방법이 필요하다.

3.2. 보다 적절한 분석

그림 3.1과 그림 3.2에서 문제점은 그림 3.1에서는 제조분기를 구분하지 않았다는 것이며, 그림 3.2에서는 제품의 연령을 구분하지 않았다는 점이다. 반면 그림 3.3은 제품의 제조분기 별 수명에 따른 1000 제품 당 고장수를 나타내고, 그림 3.4는 제품의 수명 별 제조 연도 및 분기에 따른 1000 제품 당 고장수를 나타낸다.

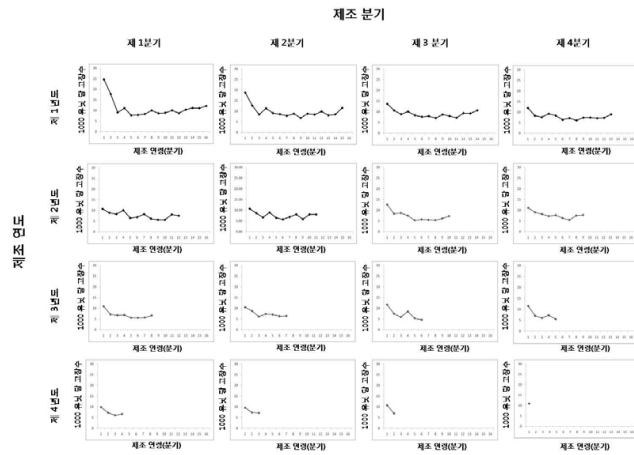


그림 3.3 컴퓨터 하드드라이브의 제조분기 별 수명에 따른 1000 제품 당 필드 고장수

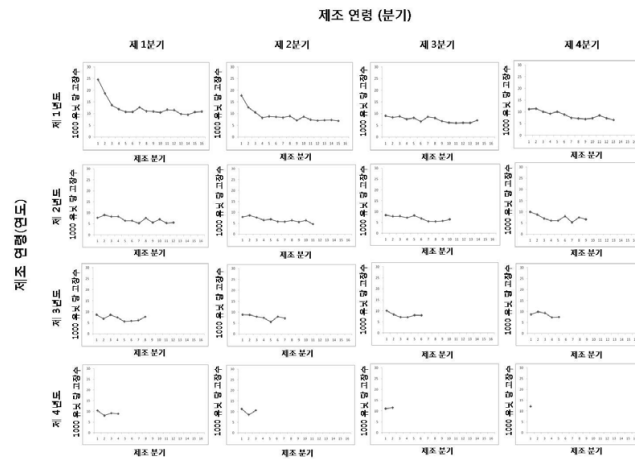


그림 3.4 컴퓨터 하드드라이브의 수명별 제조분기에 따른 1000 제품당 펠드 고장수

그림 3.3으로부터 다음과 같은 것을 알 수 있다.

- 첫 번째 분기에 제조된 제품의 경우 1000 제품 당 고장수는 제품 사용 첫 분기 동안에는 아주 높았으나, 이 수치는 두 번째 분기에 크게 떨어지고 세 번째 분기에도 떨어졌다. 이런 결과는 초기 제품의 경우 제조상 심각한 결함이 있었음을 나타내고, 네 번째 달부터 생산되는 제품에 대한 재설계로 결함이 제거됐음을 나타낸다.
- 두 번째 분기에 제조된 제품의 경우에도 1000 제품 당 고장수는 제품 사용 첫 번째 분기에 가장 높았으며, 두 번째 분기에 떨어졌으며, 세 번째 분기에도 계속 떨어졌다. 이 또한 초기의 제조 결함에 의한 초기고장으로 판단된다.
- 대부분의 제조분기에 걸쳐서 1000 제품 당 고장수는 네 번째 분기에는 작지만 일관적으로 높은 값을, 다섯 번째 분기에는 다시 내려간다. 4번째 분기에는 높은 값은 추가 warranty가 없는 고객의 경우 품질보증기간 1년이 끝나기 전 AS를 받기 때문인 것으로 판단된다.
- 제품수명이 5분기를 넘기면서 1000 제품 당 고장수는 3년이 될 때까지 (첫 6개의 그림 참조) 상대적으로 일정하다. 하지만 이 수치는 고객이 문제를 안고 살거나 또는 무시하는 등의 여러 이유로 과소 예측되는 것이기 때문일 수 있다.
- 제품수명이 3년 지나서는 1000 제품 당 고장수는 올라가는 경향이 있다 (첫 4개의 그림 참조). 이는 제품이 마모고장을 겪기 때문인 것으로 판단된다.

그림 3.4는 제품수명이 1, 2, 3, ..., 16분기인 제품들에 대해 제조분기 별 1000 제품 당 고장수를 나타내는 것으로, 이 중 첫 번째 두 그림은 수명이 1, 2분기인 초창기 제품에 고장이 많아도 제조분기가 지날수록 개선을 통해 고장수가 줄어들음을 나타낸다. 한편, 수명이 3분기 이상된 제품의 경우에는 첫 1, 2분기를 지나면서 초기고장이 이미 많이 줄어들었으므로 고장수가 낮은 상태로 유지됨을 알 수 있다.

4. 현실적인 데이터에서의 품질보증데이터 분석

앞에서는 품질보증기간이나 제품의 제조부터 판매까지의 기간을 고려하지 않고 1000 제품 당 고장수에 대한 추이를 살펴보았다. 하지만 품질보증기간은 물론 제품의 제조부터 판매까지의 기간도 고려하여

(자동차의 경우 이 기간이 10개월 이상이 될 수 있음) 품질보증데이터를 분석해야 한다. 일반적으로 전자와 같은 경우는 현장의 데이터를 정리한 후 나오는 데이터이고, 후자와 같은 데이터는 현실적으로 우리가 접하는 데이터이다. 기업체에서는 어느 경우나 품질보증데이터를 분석하는 데에 다음의 Warranty Call Rate (WCR)를 사용한다 (Ion 등, 2007).

WCR=해당 기간 동안 총 고장수/해당 기간 동안 품질보증하에 있는 총 제품수

3절에서는 WCR에 1000을 곱한 수치를 사용하였다. 품질보증기간과 제품의 제조부터 판매까지의 기간을 고려하는 경우 WCR을 좀 더 확실하게 나타내기 위해 다음 기호를 정의한다.

P_i : 시점 i 에서 제조된 제품의 수

S_{ij} : 시점 i 에서 제조된 제품이 시점 j 에서 판매된 제품의 수 ($i \leq j$)

C_{ijk} : 시점 i 에서 제조되고 시점 j 에서 판매되었는데, 판매시점부터 세어서 k (≥ 1)번째 기간에 클레임이 들어온 건수

w : 품질보증기간

예를 들어 $w=3$ 인 경우 현 시점 $l=4$ 에서의 WCR(4)는 다음과 같다.

$$WCR(4) = \frac{(C_{114} + C_{123} + C_{132} + C_{141}) + (C_{223} + C_{232} + C_{241}) + (C_{332} + C_{341}) + C_{441}}{(S_{11} + S_{12} + S_{13} + S_{14}) + (S_{22} + S_{23} + S_{24}) + (S_{33} + S_{34}) + S_{44}}$$

하지만 WCR(4)는 제품의 수명이 다른 것이 섞여 있으므로 현 구간에서 판매된 것들 중 클레임건수 $WCR(4,0)$, 한 구간 전에 판매된 것들 중 클레임건수 $WCR(4,1)$, 두 구간 전에 판매된 것들 중 클레임건수 $WCR(4,2)$, 세 구간 전에 판매된 것들 중 클레임건수 $WCR(4,3)$ 들을 구하여 서로 비교해볼 필요가 있다.

$$\text{수명 0인 경우: } WCR(4,0) = \frac{C_{141} + C_{241} + C_{341} + C_{441}}{S_{14} + S_{24} + S_{34} + S_{44}}$$

$$\text{수명 1인 경우: } WCR(4,1) = \frac{C_{132} + C_{232} + C_{332}}{S_{13} + S_{23} + S_{33}}$$

$$\text{수명 2인 경우: } WCR(4,2) = \frac{C_{123} + C_{223}}{S_{12} + S_{22}}$$

$$\text{수명 3인 경우: } WCR(4,3) = \frac{C_{114}}{S_{11}}$$

일반적인 품질보증데이터의 경우에는 다음과 같이 WCR(l)을 구하고

$$WCR(l) = \frac{\sum_{i=1}^{w+1} \sum_{j=1}^l C_{i,j,l-j+1}}{\sum_{j=l-w}^l \sum_{i=1}^j S_{ij}}$$

앞에서와 같이 WCR($l,0$), WCR($l,1$), ..., WCR($l,l-1$)을 구하여 서로 비교해볼 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서는 데이터를 제조분기 별 및 수명별로 나누어 각 분기에 생산된 제품에 대한 고장수를 분석하고 서로 비교함으로써 여러 정보를 얻을 수 있다는 것을 살펴보았다. 그림 3.3과 그림 3.4는 그림

3.1과 그림 3.2보다 훨씬 더 구체적이며 정확한 정보를 제공한다. 그림 3.3은 제조분기 별로 데이터를 우선 구분하고, 각 분기에 제조된 제품이 수명에 따라 고장이 어떻게 나타나는지 본 것으로, 초기에 고장이 많다면 제조개선에 의해 그 수가 현격히 줄어들며, 1년 품질보증기간이 끝나는 무렵에 고장수가 조금 증가함을 알 수 있다. 그림 3.4는 분기로 나타낸 제품의 연령별로 데이터를 우선 구분하여 제조분기에 따라 고장수가 어떻게 변하는지 본 것으로, 초기 두 그림은 제품의 개선으로 인해 고장이 현격히 줄어들고, 나머지 그림은 제품의 연령이 3분기 이상인 경우 고장이 제조분기가 지나도 일정하게 낮은 상태로 유지됨을 보여준다.

하지만 그림 3.3과 그림 3.4와 같은 데이터의 구분 이외에 제조상황에 따라 제조라인별, 제조 shift별, 지역별 또는 고객유형별로 나누어 1000 제품 당 고장수를 구하여 그림을 그리고 해석할 수도 있을 것이다.

한편, 표 3.1의 데이터는 품질보증기간이나 제품의 제조부터 판매까지의 기간을 고려하지 않은 경우의 데이터로 일반 현장에서 이들을 고려한 경우 나오는 데이터를 분석에 쉽게 정제한 데이터라고 할 수 있다. 따라서 이들을 고려한 경우 나오는 현실적인 데이터에 대한 해석이 필요하다. 어느 데이터이든 품질보증데이터의 경우 WCR이 많이 사용되는데, 품질보증데이터에 대한 해석이 유용하려면 현실적인 데이터에 대해 $WCR(l)$ 을 구하고, WCR을 다시 세분하여 수명별 클레임 건수를 비교할 수 있는 $WCR(l, k)$ 를 구하여 서로 비교할 필요가 있다. 아울러 이런 분석이 신뢰성추적시스템의 일부가 되어 제품의 신뢰성향상에 이바지할 수 있도록 해야 한다.

참고문헌

- Baik J. W. (2010). Various types of modelling for scale parameter in Weibull intensity function for two-dimensional warranty data. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **21**, 555-560.
- Ion, R. A., Petkova, V. T., Peeters, B. H. and Sander, P. C. (2007). Field reliability prediction in consumer electronics using Warranty data. *Quality and Reliability Engineering International*, **23**, 401-414.
- Jung, K. M. (2006). Optimal preventive maintenance policy for a repairable system. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **17**, 367-377.
- Jung, K. M. (2008). Optimization of cost and downtime for periodic PM Model following the expiration of warranty. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **19**, 587-596.
- Kuper, F. C. (2008). Automotive IC reliability: Elements of the battle towards zero defects. *Microelectronics Reliability*, **48**, 1459-1463.
- Murthy, D. N. P., Rausand, M. and Osteras, T. (2008). *Product reliability (Specification and performance)*, Springer Verlag.
- Petkova, V. T., Sander, P. C. and Brombacher, A. C. (2000). The use of quality metrics in service centres. *International Journal of Production Economics*, **67**, 27-36.

The study on the analysis of quality assurance data

Jaiwook Baik¹

¹Department of Information Statistics, Korea National Open University

Received 14 April 2010, revised 20 May 2010, accepted 2 June 2010

Abstract

Quality assurance data is used to develop the strategy of the product since it is valuable for reliability assessment of the product. However, manufacturers don't take into account the life of the product but just produce WCR (Warranty Call Rate) which is monthly or quarterly claims per 1000 products in terms of table or graph. In this study we will consider how they analyse that kind of data and suggest an appropriate type of analysis which incorporates the life time of the product. Finally we emphasize that the appropriate type of analysis has to be merged into the.

Keywords: Computer hard drive, number of failures per 1000 products, quality assurance data, reliability tracking system, warranty call rate.

¹ Professor, Department of Information Statistics, Korea National Open University, JongRoGoo Dong-SungDong 169, Seoul 110-791, Korea. E-mail: jbaik@knou.ac.kr