

PC 사용 환경에 기반한 2.5 인치 하드 디스크의 수명주기 예측에 대한 연구

조의현*, 박정규**, 이민우***, 권순무****

요약

최근에 데이터가 대용량화됨에 따라 정보 저장의 중요성이 부각되고 있다. 본 연구는 대용량 저장장치에 많이 사용되는 2.5인치 HDD에 대해서 가속 시험결과를 토대로 연간 제품 고장률을 예측하고 사용 환경에 대한 연간 제품 고장률과의 차이를 최소화 시키는 새로운 방안을 제시하고자 한다. 반품된 2.5인치 HDD 309개의 정보를 분석하여 실사용 환경의 시간당 전송량을 구했고, 가속 수명시험으로부터 가속 시험조건인 시간당 전송량을 구한 후, 사용률에 대한 가속 계수를 산출했다. 온도에 대한 가속 계수, 사용률에 대한 가속 계수와 고장률로 연간 제품 고장률을 예측하였다. 가속 시험의 시간당 전송량 81.4GB/hour와 사용자 93.4 %까지 대표하는 실사용 환경의 시간당 전송량은 5.8 GB/hour로 산출한 사용률에 대한 가속 계수는 14.1이다. 실사용 환경의 연간 제품 고장률은 1년 이후 안정화 되었으며, 이때 연간 제품 고장률은 0.3~0.378 % 이내에서 변동 하였다. 본 연구를 통하여 예측된 연간 제품 고장률은 0.4 %로 실사용 환경의 연간 제품 고장률과 75~94%의 일치됨을 보였다. 본 연구는 제조사의 가속수명 결과로 실사용 환경을 연간 제품 고장률을 예측하는 방법에 영향을 줄 것이다.

키워드 : 수명 예측, 가속 수명시험, 하드 디스크 드라이브, 연간 제품 고장률

The Study on Estimating Life Cycle of 2.5 Inch Hard disk base on PC using enviroment

Euy-Hyun Cho*, Jeong-Kyu Park**, Min-woo Lee***, Soon-Mu Kwon****

Abstract

The mass storage of data and the importance of storage capacity lately has emerged. In this paper, we suggest the new method which estimate life cycle from acceleration life test about 2.5 inch hard disk driver as mass storage, which minimize the difference between real market annual failure rate and estimated failure rate. we obtain market transfer capacity per hours from returned 2.5inch hard disk drives about 309 numbers and accelerating transfer capacity per hours from acceleration life test. we calculate acceleration factor about duty cycle and estimate annual failure rate from failure rate and acceleration factors: temperature acceleration factor, duty cycle acceleration factor. the transfer capacity per hour represent the 93.4 % of user is 5.8 GB/hour, the transfer capacity per hour from acceleration life test is 81.4 GB/hour. the acceleration factor of duty cycle is 14.1. annual failure rate is stabilized at market one year after, annual failure rate is between 0.3 and 0.378. estimated annual failure rate is 0.4, so it is matched at 75~94 % between estimate annual failure rate and market annual failure rate. This study influence the estimate method of annual failure rate by the result of acceleration life cycle of manufacture.

Keywords : Life Estimation, Accelerated Life Test, Hard disk drive, Annual Failure Rate

※ 교신저자(Corresponding Author): Jeong-kyu Park
접수일:2013년 11월 11일, 수정일:2014년 02월 17일
완료일:2014년 04월 30일
* 영남대학교 대학원 의공학과

Tel: +82-32-200-9547, Fax: +82-2-200-0700

** 대구보건대학교 방사선과

pjk7407@hanmail.net

*** 삼성전자

**** 대구보건대학교 방사선과

1. 서론

최근 반도체 디스크(Solid State Disk, SSD)가 경제적인 면에서 가격이 저렴하고, 읽기와 쓰기 면에서의 성능이 우수하여 개인용 컴퓨터(personal computer, PC)에 빠르게 보급되고 있다. 하지만 하드디스크(Hard disk driver, HDD)보다 2배 이상 높은 가격을 형성하고 있어, 여전히 HDD가 개인용 컴퓨터에 많이 사용되고 있다.

최근에 정보의 대용량화와 안정성이 부각되고 있다. 하지만 정보를 저장하는 HDD의 수명예측에 대한 연구가 HDD 제조사와 대형 컴퓨터 회사 및 연구기관에서 일부 진행되고 있으나 수명예측 결과와 실사용 환경의 수명을 비교하여 수명예측의 정확도를 연구하는 것은 찾아보기 어렵다.

웨스턴 디지털 회사(Western digital corporation)는 HDD의 연간 제품 고장률(Annual failure rate, AFR)이 1년 후 안정되는 것이 아니고, 200일 정도에 안정되며, HDD의 AFR 분포는 정통적인 욱조 곡선 패턴(Bathtub curve pattern)을 따르지 않으며, 와이블분포(Weibull distribution)보다는 일반화된 감마 분포(Generalized gamma distribution)를 사용하는 것이 옳다고 발표하였다.¹⁾

구글 회사는 자신의 기반 시스템에 내장된 HDD의 사용 환경 및 스마트(Self-monitoring analysis and reporting technology, SMART) 데이터를 분석하여 사용 환경이 수명예측에 큰 상관관계가 없으며, SMART 항목(Parameter)중 데이터 영역을 읽다가 발생한 에러 수(Scan errors), 읽기 동작 수행 중에 재시도(Retry)후, 주소를 재할당한 수(Reallocation count), 작동하지 않는 시간에 데이터 영역을 읽다가 이상이 발생할 소지가 있는 영역을 재할당하는 수(Offline reallocation count), 그리고 읽기나 쓰기 동작 중 불량 발생 소지가 있는 수(Probational count)가 불량 발생 확률에 큰 영향을 준다고 발표하였다.²⁾

카네기 멜론 대학교(Carnegie mellon university)의 컴퓨터 공학부에서 발표한 10만 대 HDD의 교체주기와 관련된 자료를 보면 다음

과 같다.³⁾

첫째, HDD 제조사가 주장하는 연간 제품 고장률 0.88~2 %는 실사용 환경의 연간 제품 고장률과 일치하지 않았으며, 실 연간 제품 고장률은 2~4 %였으며, 최대 13 %까지 증가하는 올라가는 경우도 있었다.

둘째, 디스크 배열에 많이 사용되었던 소형 컴퓨터 시스템 연결(small computer system interface, SCSI)방식과 파이버 채널(fiber channel, FC)방식을 지원하는 하드디스크는 최근 디스크 배열에 많이 사용되고 있는 직렬 컴퓨터 연결(serial at attachment, SATA) 방식을 지원하는 하드디스크와 연간 제품 교체률(annual replacement rate, ARF)에 차이가 없었다.

셋째, 교체비율이 전통적인 욱조 곡선(bathtub curve)을 따르지 않고 사용 시스템에 따라 달랐다.

위와 같이 소비자가 실사용 환경에서 겪는 연간 제품 고장률이 HDD 제조사가 명시한 값과 차이가 커서, HDD 제조사가 제시한 값을 신뢰할 수 없으므로, 소비자는 예방 점검을 위하여 반드시 데이터를 백업해야 하는 실정이다.

본 연구에서는 2.5인치 HDD에 대해서 HDD 제조사가 수명예측에 사용하는 가속 수명시험(Acceleration life cycle test)의 결과로 정확도 높은 연간 제품 고장률을 예측하는 방법을 제공하여, HDD 제조사에게는 신뢰성 높은 제품개발에 도움을 주고, 실사용자에게는 데이터의 예방 보존에 참조자료를 제공하고자 한다.

2. 분석대상 및 방법

2.1 분석 대상

제조사의 가속 수명 시험과 실 사용자의 사용 환경과의 차이를 분석하기 위해서, 2008년 4월부터 2011년 9월까지 제조사에 반품된, 2.5 인치 HDD 309대에 저장되어 있는 SMART 데이터와 자체 매개변수 모니터링(Self parameter monitoring, SPM) 데이터를 분석했다. 연간 제품 고장률 산출을 위해서, 2009년 4월부터 2011년 5월까지 판매된 250 GB (Giga Byte, GB)용량의 HDD의 판매와 반품된 대수, 500 GB 용량

의 HDD의 판매 대수와 반품된 대수를 조사하였다.

2.2 분석 방법

2.2.1 분석 조건

시장에서 반품된 HDD의 사용 장소에 따라서, 대형 컴퓨터 회사의 주문자 상표 부착품(original equipment manufacturing, OEM), 일반 소비자나 소규모 컴퓨터 조립회사에서 사용하는 유통품, 외장형 HDD에 사용되는 외장형품으로 구분하였다. OEM, 유통품, 그리고 외형형품에 저장되어 있는 SMART 정보와 SPM정보를 제조자가 지정한 위치에서 읽어 들인 후 데이터를 정리했다<표 1>.

<표 1> 고객이 반품한 하드디스크의 분석결과

	OEM Customer	External hard disk driver	Retailer
Total drive numbers	100	109	100
Drive numbers over 100 hours about POH	67	53	33
Duty cycle under an hour a day	47%	58%	79%
Average use time / day	2.36 hours / day	3.52 hours / day	3.71 hours / day
Average read capacity / day	0.33 GB / hour	1.62 GB / hour	1.0 GB / hour
Average write capacity / day	0.26 GB / hour	1.09 GB / hour	0.83 GB / hour
Average power on/off counts	0.78 / hour	0.78 / hour	0.63 / hour
Average spin on/off counts	1.14 / hour	1.53 / hour	0.64 / hour
Average load/unload counts	269.5 / hour	47.3 / hour	29.1 / hour
Standby rate on POH	0.23%	55.32%	0.27%
The use	0% /	0.02% /	2.68% /

time of temperature(High / Normal / Low)	100% / 0%	99.98% / 0%	97.29% / 0.03%
Using ratio during reading at OD	89.41%	72.6%	75.97%
Using ratio during writing at OD	84.56%	75.97%	79.05%
The average time of head on media	2.01 hours / day	0.8 hours / day	3.03 hours / day

* OEM: Original equipment manufacturer, POH: Power on hour, High: Over 40°C, Normal: 20°C ~ 40°C, Low: under 20°C, OD: Outside diameter

<Table 1> The result of analysis about hard disk returned by customer.

실 사용자의 시간당 데이터 전송량은 총 데이터 전송률에 총 전원 시간 (Total power on Hour)을 나누어서 산출하였다. 제조업체의 가속 시험결과로 얻어진 활성화 에너지(Activation energy) 0.2775 eV, 시간당 데이터 전송량 84.1GB/hour를 분석에 활용하였다. 그리고 고장률을 계산하기 위해서 제조업체의 가속 수명 시험 결과를 활용 하였다<표 2>.⁴⁾

<표 1>의 하루당 평균 읽기와 쓰기의 비율을 비교해 보면 읽기가 쓰기 대비해서 6대 4의 비율로 높으나, 시장에서 반품된 HDD의 불량 발생 전의 동작을 분석한 결과, 쓰기가 읽기 대비해서 6대 4의 비율로 높게 발생하여서 가속 시험의 읽기와 쓰기의 비율을 5대 5의 비율로 진행하였다. 주소접근 방식의 비율은 순차적 주소 접근과 임의적 주소 접근이 5대 5로 시험을 진행하였다. Note PC에 연결된 2.5 인치 HDD를 사용 주소접근 방식을 분석한 결과, 순차적 접근 방식이 임의 접근 방식보다 6대 4의 비율로 높았으나 순차적 접근 방식도 시간 간격으로 나누면 임의 접근 방식으로 표현되는 것이 많아서 순차적 접근 방식과 임의 접근 방식을 5대 5의 비율로 가속 수명 시험을 진행하였다.

시료에 공급된 전압은 12V와 5V모두 공급되었고, 최대성능의 95 %조건으로 1000시간 동안

실험 하였다.

가속 수명시험은 50 °C와 60 °C에서 진행되었는데, 이유는 HDD의 사용 보장 온도가 60 °C이하로 60 °C 이상에서 동작 시에는 HDD 내부 Head가 Disk위를 낮게 날라 다녀서 Head가 Disk에 충돌하여 불량을 유발할 가능성이 매우 커서⁵⁾ HDD 제조사에서는 60 °C 이하의 2가지 온도 조건에서 가속 수명을 진행한다.

<표 2> 50 °C 와 60 °C에서 가속수명시험 결과

Temperature (°C)	Sample number	Accumulated Run hour (T)	Failure sample number
50	910	605,314	14
60	276	273,517	7

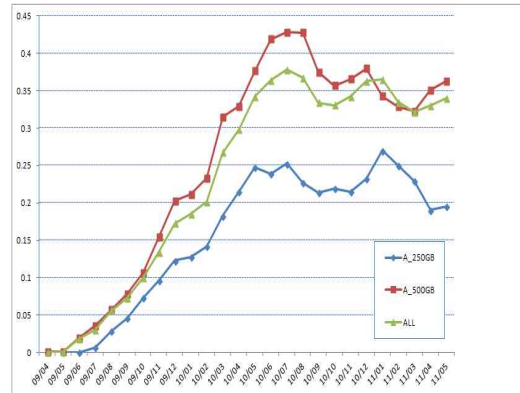
<Table 2> The result of acceleration life test at 50 °C and 60 °C

식 (1)의 연간 제품 고장률을 구하기 위해서 판매 시작 달부터 12개월까지는 판매 대수와 반품 대수를 누적하여 각 달까지의 누적 판매 대수와 누적 반품 대수의 비로 연간 제품 고장률을 산출하고, 13개월부터는 12개월 단위로 각 달까지의 누적 반품 판매 대수와 누적 반품 대수의 비로 연간 제품 고장률을 산출 하였다(그림 1).

Annual Failure Rate

$$= \frac{\text{Accumulate return volume per 12 months}}{\text{Accumulate sales volume per 12 months}} \quad (1)$$

(그림 1) 250기가바이트와 500기가바이트의 2년간 연간 제품 고장률



(Figure 1) AFR for 2 years about HDD 250 GB and HDD 500 GB.

모든 용량을 합친 연간 제품 고장률이 1년 이후에 안정화됨을 확인 할 수 있었다.

2.2.2. 통계 분석

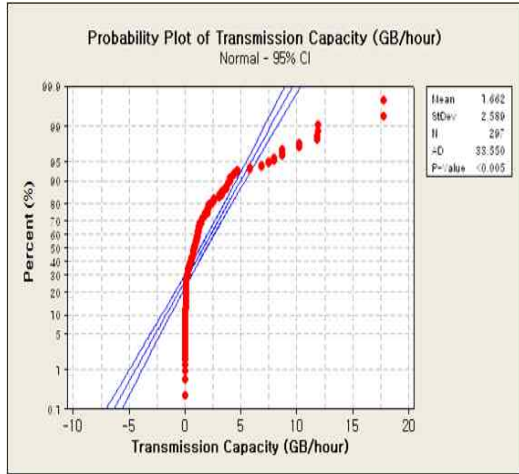
실사용 환경에서 사용되는 HDD의 시간당 데이터 전송량을 구하기 위해서, 반품된 HDD 309대에서 SMART 정보와 SPM 정보를 읽어 들여 얻어진 시간당 데이터 전송량을 95% 신뢰구간을 가진 정규분포를 점유율 (Percentage) 측면으로 나타낸 확률분포를 구하기 위해서 윈도우용 미니탭 소프트웨어 version 4 (Minitab Inc, america)를 이용하였다.⁶⁾ HDD의 시간당 데이터 전송량은 확률분포에서 전체 분포의 90%이상을 점유하고 (percentage), 95% 신뢰구간의 아래 경계선 (Lower bound)과 윗 경계선 (Upper bound) 사이에 있는 시간당 데이터 전송량을 채택하였다. 고장률을 계산하기 위해서 국제 디스크 장비와 재료 협회(International disk drive equipment and material association, IDEMA)의 규격⁷⁾을 적용하여 윗쪽에만 신뢰한계(upper one-side confidence limit)를 두는 카이제곱 분포(Chi-square distribution)를 사용하였고, 신뢰수준(confidential level)을 95%로 설정하였다.

3. 결과

3.1 사용률에 대한 가속 계수 산출

실사용 조건에서 HDD의 시간당 전송량은 반
 품된 HDD 309개의 시간당 전송량에 대한 확률
 분포에서 93.4 %를 점유하는 5.8 GB/hour를 정
 했다(그림 2).

(그림 2) 가속 시험에서 얻어진 시간당 전송량



(Figure 2) Probability plot of transmission
 capacity with giga byte unit per hour.

가속 시험에서 얻어진 시간당 전송량 84.1GB
 와 반품된 HDD 309개의 확률분포에서 얻어진
 5.8 GB를 식 (2)에 적용하여 계산된 사용률
 (Duty cycle)에 대한 가속 계수가 14.5 이었다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Duty Cycle Acceleration Factor} \\
 &= \frac{\text{Transfer volume per hour about using condition}}{\text{Transfer volume per hour about acceleration life test}} \quad (2)
 \end{aligned}$$

3.2 온도와 사용률을 반영한 연간 제품 고장률 산출

분석 조건에서 정한 활성화 에너지를 0.2775
 eV를 아레니우스 모형 식 (3)에 대입하여 온도
 별 가속 factor를 산출하였고, 식 (4)에 대입하여
 온도별 열화 계수(Degradation factor, DF)를 구
 하였다<표 3>.

<표 3> 온도 별 가속인자와 열화계수

Temperature (°C)	Acceleration Factor	Degradation Factor	Acceleration Factor / Degradation Factor
30	1.000	1.0000	1.9298
35	1.1881	0.8417	1.6243
40	1.4038	0.7123	1.3747
45	1.6500	0.6060	1.1695
50	1.9298	0.5182	1.0000
55	2.2462	0.4452	0.8591
60	2.6026	0.3842	0.7415
65	3.0024	0.3331	0.6427
70	3.4493	0.2899	0.5595
75	3.9469	0.2534	0.4889

<Table 3> Acceleration factor and degradation
 factor about temperature.

$$AF = \text{Exp} \left[\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_{co}} - \frac{1}{T_{cs}} \right) \right] \quad (3)$$

$$DF = \text{Exp} \left[\frac{Ea}{k} \left(\frac{1}{T_{cs}} - \frac{1}{T_{co}} \right) \right] \quad (4)$$

식 (3)과 식(4)에 적용된 Ea는 활성화 에너지
 (activation energy, Ea), k는 Boltzmann상수
 (8.617×10⁻⁵eV), T_{co}는 303.16(=273.16+30°C), T_{cs}
 는 테스트 온도(°C) + 273.16 이다.

고장률 산출을 위해서 <표 2>의 가속시험결
 과를 식 (5)에 적용하여 MTTF, 고장률(λ)을 산
 출하였다 <표 4>.

<표 4> 가속시험결과에 따른 고장률 산출

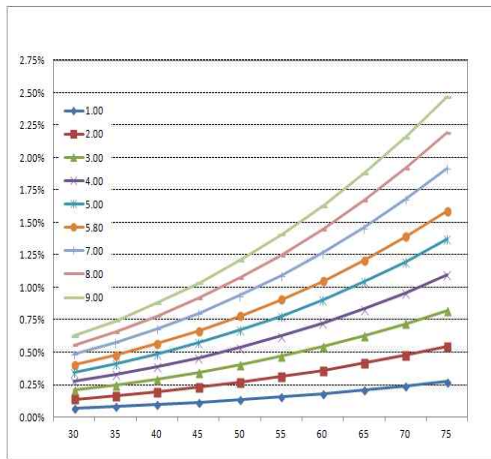
Temperature (°C)	MTTF (hour)	Failure Rate (λ)	Temperature Acceleration Factor	Duty cycle Acceleration Factor
50	27,657	3.61572E-05	1.9298	14.5
60	20,803	4.807E-05	1.6243	

<Table 4> The failure rate from acceleration
 life cycle test.

$$\lambda = \frac{X^2(\alpha, 2r + 2)}{2T} = \frac{1}{MTTF} \quad (5)^{(8)}$$

식 (5)에 적용된 T는 전체 HDD 테스트 시간 (total drive test hour), α 는 신뢰수준 (confidence level)이며 95%로 정했고, r은 시험 중에 발생한 불량 개수이다. 불량율과 온도에 대한 가속 factor, 온도에 대한 degradation factor, 사용률에 대한 가속 factor를 식 (6)에 대입하여 년 간 고장률을 온도별로 산출하였다(그림. 3).

(그림 3) 온도와 사용률에 따라 가속인자를 반영한 제품고장률



(Figure 3) AFR estimation reflecting acceleration factor about temperature and duty cycle.

$$AFR = \frac{\lambda \times 3120}{AF} \quad (6)$$

식 (6)의 전원 인가 3120시간은 HDD를 하루 10시간 사용, 일주일에 6일 사용, 1년에 52주 사용한다고 가정한 시간이다. λ 는 식 (5)에서 구해진 고장률이다. 사용조건(30°C)에서의 계산된 연간 제품 고장률은 0.4 % 이었다.

3.3 실사용 환경 AFR과 계산된 AFR의 비교

판매 후 1년 뒤에 AFR이 안정화됨에 따라, HDD 모든 용량의 AFR이 1년 이후부터 2년까지의 0.3%~0.378% 이내에 분포되어 있으므로, 계산된 AFR 0.4%의 정확성을 계산해 보면, 약

75% ~ 94%의 정확도를 보였다.

4. 고찰 및 결론

본 연구에서 제조사가 가속 수명으로부터 계산한 년 간 고장률과 일반 사용자나 구글, 카네기 멜론 대학교의 연구 기간에서 계산한 연간 제품 고장률과의 차이에 대한 원인을 알 수 있었다. 현재 까지 제조업자는 사용률에 대한 가속 factor를 실사용 환경의 정보로부터 구하지 않고, 온도에 대한 가속 계수만을 반영하여 MTTF, 연간 제품 고장률을 구하여 왔다. 그리고 연구기간 (카네기 대학교, IDEMA)은 반품된 HDD를 전체 불량으로 간주하여 연간 제품 고장률을 산출하고, 여러 제품을 모두 합쳐서 연간 제품 고장률을 산출하였기 때문에 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 반품된 HDD 309개 중에 143개는 불량이 재현되지 않았다. 연구기간은 HDD 제조업체가 진행하는 불량 분석을 진행 할 수 없기 때문에 정확한 연간 제품 고장률을 예측하기 어려운 제한점이 있었다.

본 연구를 통해서 반품된 HDD에 내장되어 있는 SMART와 SPM정보를 통해서 얻은 실 사용조건 시간당 전송률은 5.8 GB/hour이다. 가속 시험의 시간당 전송률은 84.1 GB/hour임에 따라 사용률에 대한 가속 계수는 14.5이다. 온도에 대한 가속 factor, 사용률에 대한 가속 factor와 고장률로 사용조건(30 °C)에서 연간 제품 고장률(AFR)을 0.4 %로 예측 하였다.

가속 시험에 사용된 HDD와 동일한 2.5인치 HDD에 대해서 2년 동안 실사용 환경의 AFR를 산출한 결과 1년 이후에 AFR이 0.3 %~0.378 % 이내로 안정화 되었다. 따라서 예측된 AFR이 실사용 환경의 AFR과 비교하여 약 75 %~94 %의 정확도를 보였다.

하드디스크의 연간 제품 고장률이 제품 출하 1이후에도 안정화 되지 않아서, 지수분포보다는 2단계 와이블분포(two stage weibull distribution)를 주장 하는 연구도 있었다.⁹⁾ 연간 제품 고장률은 웨이블(weibull) 분포나 다른 분포 보다 감마분포(gamma distribution)가 더 잘 나타낼 수 있다는 연구도 있었다.¹⁰⁾ 하지만 이 연구 결과에서는 와이블 분포가 연간 제품 고장률을 가장 잘 나타낼 수 있

었다.

본 연구에서 사용한 연간 제품 고장률 예측방법은 앞으로 많은 실험을 통해서 더욱 개선되어야 할 것으로 판단되며 추후 대형 서버에 내장되는 2.5인치 HDD의 수명 예측에 대하여 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

References

[1] Chen S, Sun FB, Yang J, "A new method of hard disk drive MTTF projection using data from an early life test", Reliability and maintainability 1999 annual symposium, pp 252-257, 1999.

[2] Feng-Bin Sun, Shaoang Zhang, "Does Hard Disk Drive Failure Rate Enter Steady-State After one Year?", Reliability and Maintainability Symposium, Proceedings. Vol.7, pp.356-361, January 2007.

[3] Bianca Schroeder Garth A. Gibson, "Disk failures on the real world: What does an MTTF of 1000000 hours mean to you?", USENIX, Proceedings, FAST USENIX Conference on File and Storage Technologies, Vol.7, No.5, February 2007.

[4] Euy-Hyun Cho, Jeong-kyu Park and Hui-Don Seo, "The Accelerated Life Test of 2.5 Inch Hard Disk In The Environment of PC using". Journal of Digital Contents Society, Vol 15 No.1, pp.17-27 2014.

[5] 10. Strom BD, Lee SC, Tyndall GW, "Hard disk drive reliability modeling and failure prediction", Institute of electrical and electronics engineers transaction on magnetics, 43(9): 3676-84, 2007.

[6] ERETEC Inc, "MINITAB Reliability Analysis".p.113, pp.119-124, pp.310-323, 2009.

[7] IDEMA org, "Disk Drive Reliability Benchmark Test Specification". IDEMA Standards Document No R3-98, pp.1-5.

[8] Yang J, Feng-Bin Sun, "A Comprehensive Review of Hard Disk Drive Reliability", Reliability and Maintainability Symposium, Proceedings. Annual Vol.18, No.21, pp.403-409, January 1999.

[9] HE Z, Yang H, Xie M, "Statistical modeling and analysis of hard disk drives(HDDs) failure". APMRC 년 2012 Digest, pp 1-2, 2012.

[10] Sun FB, Zhang S, "Does hard disk drive failure rate enter steady-state after one year?". Reliability and maintainability symposium proceedings, autumnal symposium, 2007 RAMS'07 Annual, pp 356-361, 2007.



조 의 현

2010년 : 영남대학교 대학원 (의공학 석사)
 2014년 : 영남대학교 대학원 (의공학 박사)

1996년~현재: 삼성전자
 관심분야 : 디지털 의료영상, 뇌파분석, 컴퓨터 저장장치, 혈액검사기 시약



박 정 규

2008년 : 한서대학교 대학원 (방사선학 석사)
 2013년 : 영남대학교 대학원 (의공학 박사)

1999년~2006년: 차의과학대학교병원
 2007년~2010년: 유일검사엔지니어링 방사선안전팀
 2010년~현재: 대구보건대학교 방사선과 교수
 관심분야 : 방사선학, 디지털의료영상, 컴퓨터 저장장치



이 민 우

1991년 : 명지대학교 (전기공학
학사)

1991년~현재: 삼성전자

관심분야 : 컴퓨터 저장장치, 신뢰성 해석, 시스템 반
도체



권 순 무

2012년 : 대구가톨릭대학교 대학원
(방사선학 석사)

2014년 : 대구가톨릭대학교 대학원
(방사선학 박사과정)

1999년~2010년: 안동병원

2011년~2014년 : 경산1대학교 방사선과 교수

2014년~ 현재 : 대구보건대학교 방사선과 교수

관심분야 : 방사선학, 디지털영상처리, 방사선량측정