

자동차 적용기기용 위성정보시스템 모듈의 신뢰성 평가기준

송병석*, 황순미*, 천성일**, 정해성***, 백재욱****

전자부품연구원 신뢰성본부*, 전자부품연구원 전북인쇄전자센터 운영지원팀**,
서원대학교 멀티미디어공학과***, 한국방송통신대학교 정보통계학과****

Reliability Assessment Criteria of Satellite Information System Applied for Vehicles

Byeong Suk Song*, Soon Mi Hwang*, Sung il Chan**, Hai Sung Jeong***, Jaiwook Baik****

Reliability R&D Division, Korea Electronic Technology Institute*,
Korea Printed Electronic Center, Korea Electronic Technology Institute**,
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.***,
Dept. of Information Statistics, Korea National Open Univ.****

Abstract

GPS(Global positioning system) system is widely used in artificial satellite, ground controlled approach system as well as in end-user environment such as in the automobile. It is exposed to a very diverse environment and consists of many complicated components and therefore needs careful approach to the enhancement of reliability of the item. In this article reliability standards for the GPS system are established in terms of quality certification tests and failure rate tests.

Keywords : GPS system, Reliability standard, General performance test, Environmental test, Failure rate test

1. 서론

위성항법 시스템(GPS : Global Positioning System)은 첨단 기술의 집약체로서 개발단계에서부터 상용단계까지 천문학적인 비용이 투입된다. 위성시스템은 우리가 생활하는 일반 대기와는 전혀 다른 환경적 요인에 노출되고 다양한 부품들로 구성되어 다른 어느 아이템보다 유지 및 관리에 세심한 주의가 요구된다. 따라서 위성항법 시스템의 신뢰성에 대한 심도 있는 접근이 필요하며 신뢰성을 높이기 위한 별도의 기준이 마련되어야 한다. 본 연구에서는 위성항법 시스템 모듈의 신뢰성을 높이기 위한 품질인증시험과 고장률시험 기준을 제시하고자 한다.

2. 일반사항

2.1. 적용범위

이 기준은 위성부문, 지상관제부문, 사용자 부문으로 구성된 위성항법 시스템 중 사용자 부문의 위성항법 시스템의 수신모듈의 신뢰성 인증시험 방법에 대하여 규정한다. 위성항법 시스템 수신모듈의 사용범위는 자동차 적용기기용 GPS 수신기로 제한한다.

2.2. 인용규격

이 기준을 만들기 위해 참고한 국내규격은 KS A 0006 (2006), KS C 6032 (2006) 및 KS C 6430 (2004)이며, 국제규격은 MIL STD 810F (2000), IMO Resolution A.529(13)(1983), IMO Resolution A.815(19)(1995), ION STD 101(1997) 및 JASO D 001-94(1994)이다.

3. 품질시험

3.1 품질시험 목적과 구분

일반적으로 품질시험은 신뢰성 인증시험 전에 제품의 균일한 품질을 확인하기 위해 실시한다. 품질시험은 일반성능시험과 환경시험으로 구분되며, 환경시험을 위한 시료들은 일반성능시험기준을 만족하는 제품만 사용한다.

3.2 시험조건 및 요구사항

측정 및 시험을 하기 위한 장소의 표준시험 상태는 다음과 같다. 즉, 모든 시료의 시험과 측정은 표준시험 상태에서 이루어져야 하며, 표준시험 상태이외의 장소에서 측정해서는 안된다.

- (1) 표준상태의 온도 (23 ± 5)℃
- (2) 표준상태의 습도 (60 ± 10)% R.H.
- (3) 표준상태의 기압 (86 ~ 106)kPa

3.3 샘플링

신뢰성 인증시험에 사용될 GPS 모듈은 원칙적으로 최종 출하 전 전수검사를 실시하는 공정인 경우 가장 최근에 동일조건으로 생산된 양품으로 한다. 본 연구에서는 인증시험을 위한 시험 시료 42개를 발체하여 환경시험과 고장률시험에 각각 15개와 24개를 투입하고 제조자의 책임이 아닌 사고로 인해 결함이 발생된 제품을 대체 사용하기 위해 예비시료 3개를 추가로 발체한다.

3.4 일반성능시험

샘플링 된 42개(환경시험시료 15개, 고장률시험 24개, 예비 3개)의 GPS 모듈은 <표 1>과 같이 측정하여 판정기준을 모두 만족하여야 한다.

<표 1> 일반성능시험 항목 및 판정기준

No	측정항목	테스트 개념	측정조건	판정기준	관련해외규격
1	초기항법 고정시간	수신기가 몇 시간의 오프(off) 상태 후 지정된 정확도로 위성항법시스템(GPS) 항법 데이터를 얻는데 필요한 시간	시뮬레이션	제품사양	ION STD 101(1997)
2	항법고정 시작시간	수신기가 짧은 시간 동안의 오프 상태 후 지정된 정확도로 위성항법시스템(GPS) 항법 데이터를 얻는데 필요한 시간	시뮬레이션	제품사양	ION STD 101(1997)
3	재 항법 취득시간	정상 작업 시 모든 위성항법시스템(GPS) 신호가 잠깐 단절된 후에 항법을 다시 시작하는데 필요한 시간	시뮬레이션	제품사양	ION STD 101(1997)
4	정적항법 정확도	수신기에 알려진 위치에 따라 특정 위치를 결정할 수 있는 정확도	시뮬레이션	제품사양	ION STD 101(1997)
5	동적항법 정확도	위성항법시스템(GPS) 수신기가 이동하는 운반체에서 자신의 위치를 결정할 때 사용하는 정확도	시뮬레이션	제품사양	ION STD 101(1997)

3.5 환경시험

샘플링된 42개의 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 중 일반성능시험에서 합격한 15개의 위성항법시스템(GPS) 모듈을 임의로 선택하여 <표 2>의 시험항목에 대하여 시험시료를 배치하여 순차적으로 시험한다. 이때 15개의 시료가 모두 판정기준을 만족해야 한다.

<표 2> 환경시험 판정기준

No	시험항목	시험방법	시료수	시험조건	판정기준
1	저온시험	5.1.1	3개	o 온도 : (-40±2)℃ o 시간 : 72시간	총 15개의 시료가 <표 1> 일반성능시험항목 및 판정기준을 만족시켜야 함
2	저온동작시험	5.1.2		o 온도 : (-30±2)℃ o 시간 : 72시간 o 정상동작 상태	
3	고온시험	5.1.3		o 온도 : (85±2)℃ o 시간 : 96시간	
4	고온동작시험	5.1.4		o 온도 : (75±2)℃ o 시간 : 120시간 o 정상동작 상태	
5	온도변화시험	5.1.5	3개	o 온도 : (75±2)℃ (2시간), (-30±2)℃ (2시간) o 회수 : 30회 o 온도상승 및 제품동작 조건은 5.1.5에 따른다	
6	열충격시험	5.1.6		o 온도 : (85±2)℃ (2시간), (-40±2)℃ (2시간) o 회수 : 10회 o 온도상승 및 하강 조건은 5.1.6에 따른다	
7	온·습도 변화시험	5.1.7	3개	o 온도 및 습도 : (23±2)℃/(60±15)%R.H. (4시간), (55±2)℃/(95±5)%R.H. (10시간), (-30±2)℃(2시간), (75±2)℃(2시간) o 회수 : 10회 o 온도 및 습도상승 및 제품동작 조건은 5.1.7에 따른다	
8	습도 동작시험	5.1.8		o 온도 및 습도 : (55±2)℃, (95±5)%R.H. (96시간) o 정상동작 상태 o 온도상승 및 하강 조건은 5.1.8에 따른다	
9	진동시험	5.1.9	2개	o 진동범위 : (5~200)Hz o 가속도 : 29.4m/s² o 시험시간 : 각축 2.5시간(X,Y,Z)	
10	낙하시험	5.1.10	2개	o 자유낙하 o 바닥조건 : 150mm, 30kg이상 o 높이 : (1000±10)mm o 시험회수 : 무방향 2회	
11	정전기시험	5.1.11	2개	o 접촉방전 : ± 6kV o 기중방전 : ± 8kV o 150pF±10%, 330Ω±10%	

4. 고장률시험

샘플링 된 42개의 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 중 일반성능 측정에서 합격한 24개의 위성항법시스템(GPS) 모듈을 임의로 선택하여 다음과 같이 고장률시험을 실시한다.

4.1 시험조건 및 판정기준

<표 3>과 같은 시험방법 및 시험조건으로 시험하고 24시간 방치한 후 <표 1> 일반 성능 시험 항목 및 판정기준에 맞추어 시험시료 24개 모두가 판정기준을 만족해야 한다. 고장률 등급은 <표 4>의 수준으로 구분한다.

<표 3> 고장률 시험조건 및 판정기준

시험항목	시험조건	판정기준
고장률시험	<ul style="list-style-type: none"> o 온도 : (75±2) ℃ o 습도 : (60±3) % R.H o 작동환경 : 정격전압 o 시험시간 : 고장등급별시간 o 대상 : 일반성능시험에 합격한 시료 	※ 총 24개의 GPS 모듈이 <표 1> 일반 성능 시험 항목 및 판정기준을 만족할 것(허용고장수=0)

<표 4> 고장률 등급(단, 신뢰수준 70 %)

고장률 수준	시험시간(hour)	허용 고장 수
5.0×10 ⁻⁵ /h	1,004	0
1.0×10 ⁻⁴ /h	502	0

5. 시험방법

5.1 환경시험 방법

5.1.1 저온시험

시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 (-40±2) ℃의 항온조 속에 전원을 인가하지 않은 상태로 72시간 보관 후 서냉하고 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측

정한다.

5.1.2 저온동작시험

저온방치시험을 마친 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 항온조 속에 1시간 방치 후 전원을 인가한 상태에서 72시간 제품을 동작한 후 실내에서 2시간 이상 서냉하고 표준시험 상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다.

5.1.3 고온시험

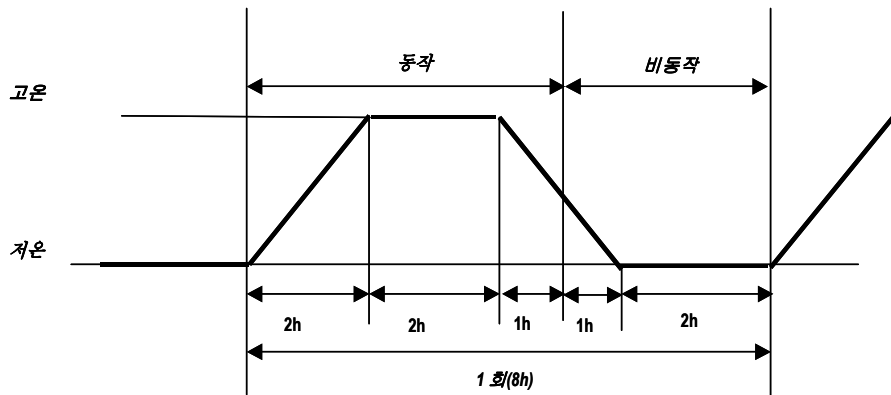
저온방치시험, 저온동작시험을 마친 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 환경에 전원을 인가하지 않은 상태로 96시간 보관 후 서냉하고 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다.

5.1.4 고온동작시험

저온방치시험, 저온동작시험, 고온방치시험을 마친 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 전원을 인가한 상태로 고온 $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$ 항온조 속에 1시간 방치 후 전원을 인가한 상태에서 120시간 제품을 동작한 후 표준시험 상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다.

5.1.5 온도변화시험

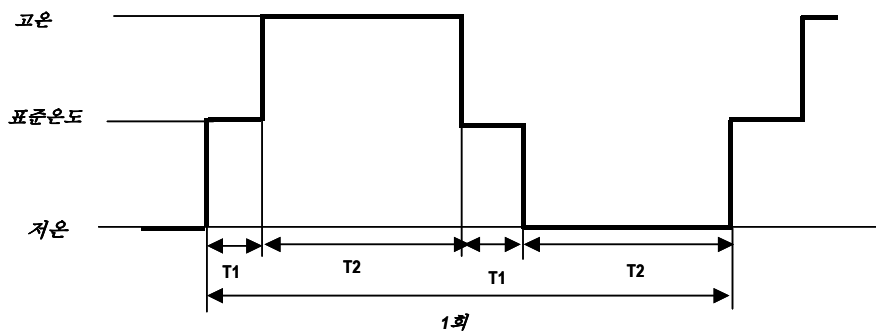
시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 전원을 인가하지 않은 상태로 설정온도 $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$ 에서 1시간 방치 후 아래 <그림 1>과 같은 조건으로 고온 $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$ 환경에서 2시간 동작, 저온 $(-30 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 환경에서 2시간 방치를 1회로 총 30회를 실시하고 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다.



<그림 1> 온도변화 시험 조건 그래프

5.1.6 열충격시험

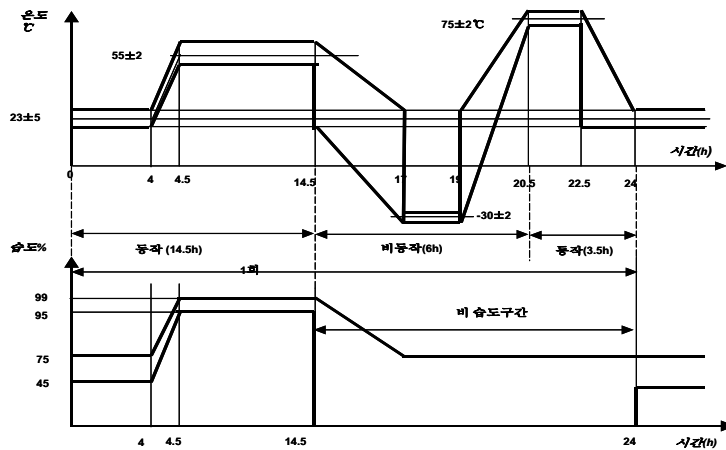
온도변화시험을 마친 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 전원을 인가하지 않은 상태로 아래 <그림 2>와 같은 조건으로 고온 (85 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 환경에서 2시간, 저온 (-40 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 의 환경에서 2시간 방치를 1회로 총 10회를 실시하고 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다(단, $T1 \leq 1$ 분).



<그림 2> 열충격 시험 조건 그래프

5.1.7 온습도 변화시험

시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 아래 <그림 3>과 같은 조건으로 (23 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ / (60 ± 15)% R.H.에서 4시간, 고온 (55 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ / (95 ± 5)% R.H. 환경에서 10시간 동작하고, (-30 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간, (75 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 보관상태로 총 24시간을 주기로 총 10회 실시 후 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다.



<그림 3> 온습도 변화시험 조건 그래프

5.1.8 습도동작시험

온·습도 변화시험을 마친 시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 3개를 $(55 \pm 2)^\circ\text{C}$, $(95 \pm 5)\%$ R.H.에서 1 시간 방치 후, 제품 동작상태에서 96시간 정상동작하고 동작하고, 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정한다.

5.1.9 진동시험

시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 2개를 서로 직각이 되는 3방향(X, Y, Z)에 진동 $(5 \sim 200)\text{Hz}$, 가속도 29.4 m/s^2 의 정현파 진동을 각 축 방향으로 2.5시간 동안 시험 후 표준시험상태로 24시간 방치한 후 전기적 특성을 측정 한다.

5.1.10 낙하시험

시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 2개를 150mm, 30kg이상의 평탄하게 고정된 콘크리트면 또는 나무판 위에 낙하높이 $(1000 \pm 10)\text{mm}$ 에 매달고, 시험품의 흔들림을 최소로 하여 2회 자연낙하 시킨다. 이때 시험품의 방향은 규정하지 않는다.

5.1.11 정전기 시험

시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 2개를 $150\text{pF} \pm 10\%$ 의 조건으로 에너지 충전 후 $330 \Omega \pm 10\%$ 의 방전저항을 통하여 접촉방전: $\pm 6\text{kV}$, 기중방전: $\pm 8\text{kV}$ 를 10회 시험 시 제품 동작의 이상상태를 발생하지 말아야 한다.

5.2 고장률시험 방법

5.2.1 고장률 시험방법 및 신뢰수준

시험용 위성항법시스템(GPS) 모듈 24개를 전원인가 후 $(75 \pm 2)^\circ\text{C}$, $(60 \pm 3)\%$ R.H의 환경에서 502시간 또는 1,004시간 동작 후 표준시험상태로 24시간 방치하고 <표 1> 일반 성능시험 항목 및 성능기준의 전기적 특성을 측정한다. 단, 시험의뢰자와의 협의를 통하여 제품 고장률시험을 신뢰수준 70%에서 $1.0 \times 10^{-4}/\text{h}$ (502 시간 시험), $5 \times 10^{-5}/\text{h}$ (1,004 시간 시험)로 구분하여 실시할 수 있으며 어느 것이나 이 신뢰수준에서 로트의 고장률이 규정된 고장률수준 이하라는 것을 보증한다.

5.2.2 고장률 시험방법의 적용과 고려사항

본 기준에서 규정하는 고장은 원리적으로 우발고장에 따른다. 즉, 고장발생시간이 지수분포에 따라 시간적으로 보아 고장률이 일정하다고 간주한다. 이는 MIL-STD-690C (1993)의 내용과 동일하다. 그러나 그 부품의 고장률에 관한 정보가 축적되면 고장률이 시간적으로 변화하는 경우에는, 예를 들면 와이블 분포에 기초를 둔 시험방법을 적용할 수 있어서, 보다 실제적인 판정이 가능하게 된다. 이것은 가속계수에 대한 정보에 대하여도 똑같이 말할 수 있다.

6. 고장률시험의 이론적 배경

6.1 모듈 및 시스템의 고장분포에 대한 이론적 배경: Drenick's Theorem

복잡한 구조의 시스템에 대한 신뢰도함수의 설정과 계산은 대단히 복잡할 수 있다. 또한 부품 고장률에 대한 모형을 설정하고 모수(parameter)를 추정하는데 필요한 부품의 고장데이터 자체도 완전하지 못할 경우가 많다. 이런 사정 때문에 흔히 복잡한 구조에 대한 정확한 신뢰도 계산이 불가능한 경우 시스템내의 모든 부품이 직렬로 연결되어 있고 각 부품은 일정한 고장률로서 상호 독립적으로 고장 난다고 가정하고 근사적으로 계산할 수 있다. Drenick(1960)의 정리에 의하면 상호독립의 고장형태를 갖는 다수의 부품으로 구성된 시스템에 대한 고장 분포모형 이론으로서 부품의 고장은 서로 독립이며 각 부품의 고장은 시스템 혹은 모듈의 고장원인이 되는 직렬계인 경우 전체 시스템의 고장시간 분포는 정상사용 조건하에서 각 부품의 고장분포와 관계없이 지수분포를 따른다.

본 기준의 고장률 인증시험방법은 Drenick(1960)의 정리를 이론적 바탕으로 모듈의 고장분포는 장시간에 걸쳐 지수분포를 가정하고 있다. 또한 실제 시스템에 병렬 경로가 포함되어 있다면 본 정리의 결과는 실제 신뢰도를 과소평가하게 되며, 이때에는 신뢰도 함수의 하한으로 사용할 수 있다.

6.2 고장률시험방법

본 기준에서는 LTFR(로트허용고장률) 보증방식을 이용한다. 이 보증방식은 이 시험을 통해 합격한 로트의 고장률이 적어도 LTFR 보다는 작다는 것을 보증하는 방식이다.

6.2.1 기초지식

- 포아송분포

$$P(X=x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!}, \quad x=0, 1, 2, \dots$$

- χ^2 분포

$$f(x) = \frac{(1/2)^{v/2}}{\Gamma(v/2)} x^{v/2-1} e^{-x/2}, \quad x \geq 0$$

- 포아송분포와 χ^2 분포의 관계

$$X \sim \chi^2(2k+2), \quad Y \sim \text{Poisson}(m) \text{ 일 때 } P(X \geq 2m) = P(Y \leq k)$$

6.2.2 LTFR보증 방식

LTFR보증은 로트의 신뢰성을 보증하는 것으로서 로트의 고장률이 로트 허용고장률(LTFR, Lot Tolerable Failure Rate)일 때 합격확률을 β 이하가 되도록 보증하는 것이다. 이를 위해 로트에서 n 개의 시료를 취하여 T 시간 시험한 후 고장수가 c 개 이하이면 로트를 합격시킨다.

6.2.3 LTFR보증 방식의 설계

- (1) LTFR보증 방식의 설계는 로트에서 샘플링하는 샘플수와 시험시간 그리고 합격판정 개수 c 를 결정하는 것
- (2) 로트의 고장률이 λ (LTFR)일 때 합격확률은 다음과 같다.

$$P(X \leq c | \lambda) = \sum_{x=0}^{x=c} m^x e^{-m} / x!$$

단, X 는 고장수, $m = n\lambda T$, n 은 시료수, T 는 시험시간.

- (3) 로트의 고장률이 로트 허용고장률일 때 합격확률을 β 이하가 되도록 한다는 것은 다음과 같이 표현된다.

$$P(X \leq c | \lambda) = \sum_{x=0}^{x=c} (n\lambda T)^x e^{-n\lambda T} / x! \leq \beta$$

- (4) 포아송분포와 χ^2 분포사이의 관계를 이용하면

$$P(X \leq c | \lambda) = P(Y \geq 2n\lambda T | \lambda) \leq \beta \tag{6.1}$$

단, $Y \sim \chi^2(2c+2)$.

(5) 식 (6.1)으로부터

$$2n\lambda T \geq \chi^2(\beta; 2c+2)$$

$$n \geq \chi^2(\beta; 2c+2) / 2\lambda T$$

(6) 가속조건에서의 시험(가속계수 af)

- 가속조건에서의 LTFR은 $af \cdot \lambda$
- 시료수는 $n \geq \chi^2(\beta; 2c+2) / 2(af \cdot \lambda) T_a$, 단, T_a 는 가속조건에서의 시험시간

6.2.4 고장률 수준과 수명 사이의 관계의 해석

본 기준에서 부품의 신뢰성 수준을 나타내기 위하여 선택한 고장률 수준은 수명과 다음과 같은 관계가 있다. 단, 본 기준의 대상 부품에 대한 수명이 지수분포를 따른다고 가정한다.

$$\text{고장률} = 1/\text{평균수명}$$

예를 들어 M 수준(고장률 0.000001) 보증의 경우 평균수명(MTTF : 평균고장시간)은 고장률의 역수인 100,000시간보증이 된다. 그러나 이는 어디까지나 다수 부품수명의 통계적 평균값을 뜻한다. 즉, 지수분포를 가정하는 경우 평균시간인 100,000시간을 사용하게 되면 이 시점에서의 신뢰도는 37%밖에 되지 않는다. 하지만 LTFR 보증정책은 정해진 신뢰수준에서 LTFR보다 큰 고장률을 갖는 로트를 불합격시키는 방식이므로 실제 M 수준에 합격된 로트의 평균수명은 100,000시간보다 크다고 예상할 수 있다. 제품에 대한 실제 고장률이나 평균수명의 산출은 장시간 실험에 의한 제품의 고장자료의 통계적 분석이 반드시 필요하다. 이는 본 기준을 통한 다수의 실험을 통하여 자료가 확보되면 가능하다.

6.3 정상 사용조건에서의 평균수명 예측

기준에서 제시하고 있는 평균수명은 가속조건에서의 평균수명이다. 이 가속조건에서의 평균수명은 아레니우스관계식을 이용하여 정상사용조건에서의 평균수명으로 다음과 같이 환산할 수 있다.

$$\theta_u = \theta_a \cdot \exp[(E/k) \cdot (1/T_u - 1/T_a)]$$

단, θ_u 는 정상사용조건에서의 평균수명, θ_a 는 가속조건에서의 평균수명, E 는 활성화 에너지, k 는 볼츠만상수 ($8.617 \times 10^{-5} \text{eV/K}$), T_u 는 정상사용조건 온도(K), T_a 는 가속조건 온도(K)이다. 예를 들면 현재 본 기준에서 제시하고 있는 GPS모듈의 평균수명이 100,000h @ 125°C일 때 정상사용조건 35°C에서의 수명은 다음과 같이 계산된다. 단,

활성화에너지를 1.0으로 가정한다.

$$\begin{aligned}\theta_u &= 100000 \cdot \exp\left[\left\{1.0/(8.617 \times 10^{-5})\right\} \cdot \left\{1/(35 + 273) - 1/(125 + 273)\right\}\right] \\ &= 501,533,595 @ 35^\circ\text{C} \text{ (57,252 년)}\end{aligned}$$

하지만 본 기준에서 정상사용조건에서의 수명을 표현하지 않은 이유는 GPS모듈에 대하여 일반적으로 적용할 수 있는 활성화에너지에 대한 정보가 없기 때문이다. 이 활성화에너지에 대한 정보를 얻기 위하여 본 기준에서 제시한 시험이외에 가속수명시험을 실시한다. 이 시험을 통하여 활성화에너지에 대한 정보가 얻어지면 본 기준을 재 수정할 때 정상사용조건에서의 수명을 언급할 수 있을 것이다.

6.4 기타 가속수명시험을 위한 시험

본 기준의 고장률시험에서는 온도만을 스트레스 인자로 삼은 가속시험방법을 이용하고, 시험온도조건은 국내 제조업체에서 설계 시 허용하고 있는 최고 사용온도 혹은 선진업체의 수명시험 온도로 결정하였다. 현재 온도만을 스트레스 인자로 삼은 이유는 대부분 전자부품의 고장에 주요한 영향을 미치는 스트레스 인자가 온도인 것으로 알려져 있기 때문이다. 그러나 온도가 가속효과가 있는 것으로 알려져 있다고 하지만 가속계수에 대한 데이터가 없는 상황이기 때문에 가속조건에서 시험한 데이터를 이용하여 정상 사용조건에서의 고장률 수준 또는 수명이 얼마나 될 것인가에 대해서는 알 수 없다. 그래서 현재 기준에서는 가속조건에서의 고장률 수준으로 대상 부품의 신뢰성 수준을 평가하고 있다.

다른 스트레스 인자, 즉, 습도, 온도변화, 전압 등도 생각할 수 있으나 이들 스트레스 인자들에 대해서는 가속효과가 있는지 확인이 필요하다. 이 확인은 시험 후 고장이 발생한 경우 심도 있는 고장분석을 통하여 확인할 수 있다. 이러한 고장분석결과 온도이외에 기타 스트레스에 의한 영향이 확인이 되면 본 기관에서는 기준에서 제시한 시험이외에 다음과 같은 시험을 실시하여 의미 있는 데이터가 얻어지는 경우 이를 활용하여 기준을 보완할 수 있다.

6.4.1 스텝 스트레스 시험

- (1) 스트레스 인자: 온도, 전압
- (2) 시험 목적: 스트레스를 높일 수 있는 한계 수준을 확인하기 위하여 실시한다.
- (3) 시험방법: 정격에서부터 일정 기간 시험한 후 특성을 측정하고 스트레스 수준을 높이는 과정을 반복하여 이상이 발견될 때까지 시험을 진행한다.

6.4.2 다 수준 온도 가속수명시험

- (1) 스트레스 인자: 온도
- (2) 시험목적: 온도와 수명사이의 관계식을 추정하여 가속계수를 산출한다.
- (3) 모델: 아레니우스 관계식 사용
- (4) 시험방법: 스텝 스트레스 시험 결과 확인된 높일 수 있는 최고 온도와 정상 사용조건 사이에서 3가지 온도조건을 선택하고, 각 온도조건에 적절한 시료를 배분(낮은 온도 조건일수록 많은 시료를 할당)하여 일정기간 시험한다. 이때 시험 중 관측시간을 정하여 부품의 특성을 측정한다.

6.4.3 온도이외의 스트레스를 이용한 가속수명시험

- (1) 스트레스 인자: 온도와 전압, 온도와 습도, 온도싸이클 등
- (2) 시험목적: 다양한 고장메카니즘에 대하여 가속효과를 확인하기 위하여 시험한다.
- (3) 모델: <표 5>와 같은 모델을 사용할 수 있다.

<표 5> 스트레스 종류에 따른 모델명

스트레스의 종류	모델명	모델
온도·전압	일반적인 아이링 (Generalized Eyring) 모델	$L=a \cdot \exp[E/(kT)] \cdot V^{-n}$, 단, L 은 수명, T 는 절대온도(K), V 는 전압(V), E 는 활성화에너지(eV), k 는 볼츠만상수 ($8.617 \times 10^{-5} \text{eV/K}$), a 와 n 은 상수
온·습도	펙(Peck) 모델	$L=a \cdot \exp[E/(kT)] \cdot H^{-n}$, 단, L 은 수명, T 는 절대온도(K), E 는 활성화에너지(eV), k 는 볼츠만상수, H 는 상대습도 (%RH), a 와 n 은 상수
온도변화	코핀-맨슨 (Coffin-Manson) 모델	$L=a \cdot (\Delta T)^{-n}$, 단, L 은 수명, ΔT 는 온도차, a 와 n 은 상수

(4) 시험방법

온도와 전압, 온도와 습도, 온도싸이클 스트레스 각각에 대하여 여러 가지 시험조건에서 대상 부품을 적절하게 배분하고 일정기간 시험한다. 이 때, 시험 중 관측시간을 정하여 부품의 특성을 측정한다.

7. 결론

위성항법 시스템은 첨단 기술의 집약체로서 개발단계에서부터 상용단계까지 천문학적인 비용이 투입되며, 일반 대기와는 전혀 다른 환경적 요인에 노출되고 다양한 부품들로 구성되어 다른 어느 아이템보다 유지 및 관리에 세심한 주의가 요구된다. 본 연구에서는 위성항법 시스템의 신뢰성을 확보하기 위해 일반성능시험과 환경시험으로 구성된 품질인증시험은 어떻게 실시하는지 살펴보았고, 수명을 정량적으로 확보하기 위한 고장률시험을 통해 신뢰성기준을 마련하였다. 아울러 고장률시험의 이론적 배) 을 살펴보면서 보다 현실적인 모델은 어떤 것이 있으며, 그에 걸 맞는 신뢰성기준은 어떻게 제시되어야 하는지 살펴보았다.

참고문헌

- [1] Drenick, R.F.(1960), "Failure Law of Complex Equipment", J. Soc. Ind. Appl. Math, Vol. 8, No. 4
- [2] IMO Resolution A.529(13)(1983), Accuracy Standard for Navigation Worldwide Radio Navigation System
- [3] IMO Resolution A.815(19)(1995), Performance Standard for Ship Borne Global Positioning System(GPS) Receiver Equipment
- [4] ION STD 101(1997), Recommended Test Procedures for GPS Receiver
- [5] JASO D 001-94(1994), General Rules of Environmental Testing Methods for Automotive Electronic Equipment
- [6] KS A 0006(2006), 시험 장소의 표준상태
- [7] KS C 6032(2006), 전자부품의 고장률시험 방법통칙
- [8] KS C 6430(2004), 신뢰성보증 전자부품 통칙
- [9] MIL-STD-690C(1993), Failure Rate Sampling Plans and Procedures
- [10] MIL STD 810F(2000), Environmental Test Methods Engineering Guidelines