

마이크로 디스플레이 디바이스의 가속수명시험에 관한 연구

차상목*, 윤성록*, 조여욱**

* 대우전자(주) 디지털TV사업부

** (주)리엘커뮤니케이션

The Study of Accelerated Life Test for Micro Display Device

Sang Mok Cha*, Sung Lock Yun*, Yeo Uk Joe**

* Digital TV Division, DAEWOO Electronics Co., LTD.

** LIEL Communication Co., LTD.

Abstract

This paper is concerned about an Accelerated Life Test for Micro Display Device which is being used in a Projection TV, in order to find a failure mode occurred in field in a short time, to identify a major factor to affect a life, and to estimate a mean life.

For this purpose, we selected a temperature as a accelerated factor to perform a test and measured degradation of display device using visual inspection and chromaticity table. In the result of Accelerated Life Test, it is confirmed that failure mode is equal to the degradation of display device by vendor and the Temperature is a major factor to affect a failure. Besides, according as the display device is turned to green as degraded,

it is identified that the change of the chromaticity value is one method to measure the degree of the degradation . So, we applied the optimal condition, which consider a cost and life to lower the Temperature which is a major factor acquired by the result of ALT, to PTV design

1. 서론

최근 가정용 TV 시장에서는 비교적 무게가 가볍고 부피가 적으면서도 해상도가 뛰어날 뿐 아니라 화면의 크기도 대화면을 가질 수 있는 고품질 TV에 대한 요구가 급속히 증가하고 있다. 이러한 소비자의 요구를 만족시킬 수 있는 표시장치로는 여러 가지가 있으나 당사에서는 마이크로 디스플레이 디바이스(Micro Display Device)를 이용한 프로젝션 TV(PTV)를 개발하였다.

그러나, 새로 개발된 PTV 제품에 적용되는 디스플레이 디바이스가 장시간 연속 사용시 열화되는 고장이 시장환경에서 발생하기 때문에 기존 디스플레이 디바이스(예를 들면 CRT)와 다른 고장모드를 갖는다고 디스플레이 디바이스 공급업체에서 문제를 제기하였다. 따라서, 당사에서는 PTV 제품에 적용된 디스플레이 디바이스가 동일한 고장 유형을 보이는지 파악하고, 제품의 수명은 어느 정도인지를 조사하기로 하였다. 한편, 짧은 기간의 제품개발 단계동안 환경시험 또는 내구수명시험으로 만족할만한 신뢰성 데이터를 얻을 수 없기 때문에 가속수명시험을 실시하여 이 문제를 해결하기로 하였다.

본 논문은 가속수명시험을 이용하여 디스플레이 디바이스에 주요한 영향을 미치는 인자를 파악하고, 이 인자를 이용하여 평균수명을 연장시키기 위한 최적 설계 대안을 찾는 데 그 목적이 있다.

2. 본론

2.1 예비시험 실시

가속수명시험을 실시하기 위해서는 디스플레이 디바이스에 영향을 주는 가속 인자들을 먼저 선정해야 하는데 주로 자외선과 온도가 특히 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 그러나 자외선에 대한 스트레스 수준을 변화시킬 수 있는 장비가 당사에 없기 때문에 온도만을 가속 인자로 선정하였다. 그리고, 온도에 따른 가속수명 추정 모델로는 온도에 의한 가속수명시험에서 가장 널리 사용되고 있는 모델적인 아레니우스 모형을 이용하기로 하였다. 아

1) 디스플레이 디바이스 공급업체의 제공 자료를 이용함

레니우스 모형은 다음과 같다.

$$x = A \exp\left(\frac{E}{kT}\right) \tag{1}$$

여기서, x : 고장시간

E : 활성화 에너지

k : 볼츠만 상수 (8.6171×10^{-5})

T : 켈빈 절대온도 (섭씨온도+273.16)

A : 상수 (제품의 특성이나 시험조건에 따른 특성치)

가속수명시험을 실시하기 전에 선정된 가속인자가 가속성이 있는지의 판단과 가속 인자의 수준을 결정하기 위하여 예비시험을 실시하여야 한다. 그러나, 본 제품이 개발초기의 시제품으로 많은 샘플을 가지고 시험을 실시할 수 없기 때문에 예비시험을 실시하기가 어렵다. 따라서, 별도의 예비시험을 실시하는 대신 디스플레이 디바이스의 공급업체에서 제공한 자료를 이용하여 가속 인자와 수준을 참고하였다. 그리고, 제공 자료를 이용하여 아레니우스 모형의 적합성을 검정하고자 아레니우스 식을 이용하여 추정한 수명과 실제 시험한 수명의 결과를 비교하여 보았다. 비교한 결과는 <표 1>과 같다. 제공된 데이터는 기밀을 요하는 자료이므로 퍼센트로만 표시하도록 한다.

<표 1> 아레니우스 모형의 적합성 검정

활성화 에너지(E_a)	(추정시간/실제시간)×100%
0.45	98%

2.2 시험조건 결정

디스플레이 디바이스 공급업체에서 제공한 자료에 따르면, 디스플레이 디바이스가 온도에 취약하다는 것을 알 수 있다. 따라서, 온도를 가속 스트레스 인자로 선정하였다. 시험 샘플은 디스플레이 디바이스 단품으로 시험을 실시하지 않고 PTV 시제품에 장착된 상태로 시험을 실시하였다. 또한, 시제품은 동작상태로 시험을 실시하였으며, <표 2>와 같이 시험을 설계하였다.

<표 2> 가속수명시험 조건

가속 스트레스 인자	온도		
	인자의 수준	30℃	40℃
시험 Sample	PTV 시제품에 장착된 디스플레이 디바이스 (각 1대)		
입력신호	50% White (Signal Generator : PT 5418 TX, PHILIPS)		
가동조건	24시간 연속 가동		

2.3 측정방법 및 측정치

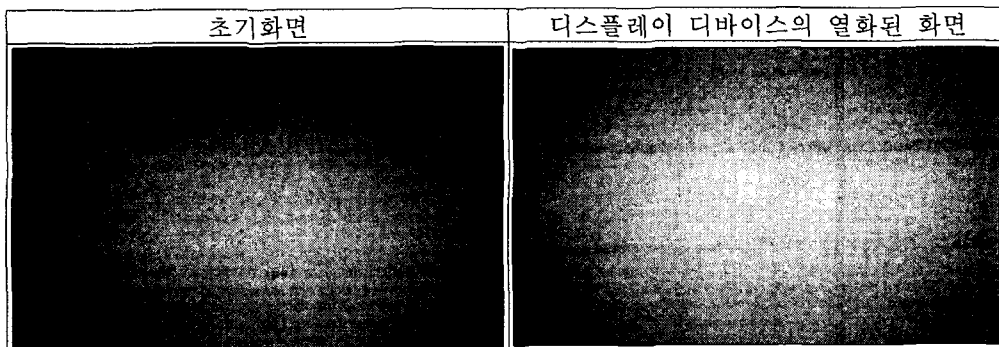
평균 수명을 측정하기 위해서는 고장의 정의를 결정해야 한다. 당사에서는 디스플레이 디바이스의 열화로 인한 화면 변화(예를 들면, 흰색이 녹색이 많이 낀 흰색으로 화면이 변화하는 것)를 고장으로 정의하였고, 평균수명은 화면이 변할 때까지의 누적 시간으로 정의하였다. 일반적으로 측정 데이터는 계량치를 사용하여야 하나 디스플레이 디바이스의 열화 정도를 알아보기 위해서는 특별히 측정할 수 있는 계량 측정치를 파악할 수 없었다. 따라서, 사람의 눈으로 판단하는 관능적인 관측방법을 사용하면서 부가적으로 열화 경향을 파악하기 위하여 휘도, 색좌표 등 계량치 측정을 병행하였다. 그리고, 관능적인 관측방법은 조금 더 객관적으로 평가하기 위하여 여러 패널들에게 화면을 보여주어 평가하였다. 측정방법을 정리하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 측정방법 및 측정치

	관능적인 관측방법	이차적인 계량적 측정방법
측정주기	주 1회	주 2회
측정방법	눈으로 화면을 보고 변화정도를 파악하여 디스플레이 디바이스의 열화 정도를 판단	휘도/색좌표/색온도 ANSI 9 POINT (CA-100 이용 측정)
입력신호	Full White/Color Bar/동영상	100% Full White
측정결과물	디스플레이 디바이스가 열화될 때까지의 누적시간 (평균수명)	

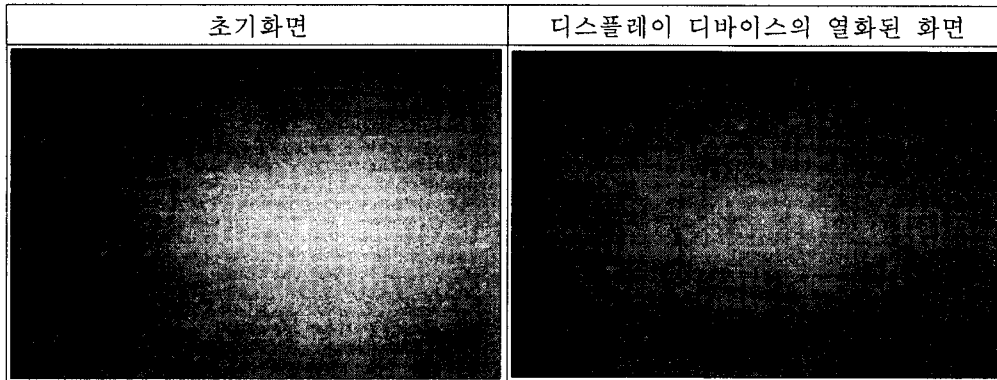
2.4 시험결과

디스플레이 디바이스의 열화정도를 주기적으로 파악하였다. 각 조건에서 디스플레이 디바이스가 열화될 때까지의 누적시간을 계산하여 산출하였다²⁾. 가속 스트레스 조건인 50℃와 40℃에서 패널이 열화현상을 보이기 시작하였고, 30℃ 조건에서는 특별한 열화현상을 보이지 않았다. <그림 1>과 <그림 2>는 50℃와 40℃에서의 디스플레이 디바이스의 열화현상을 나타낸 것이다.



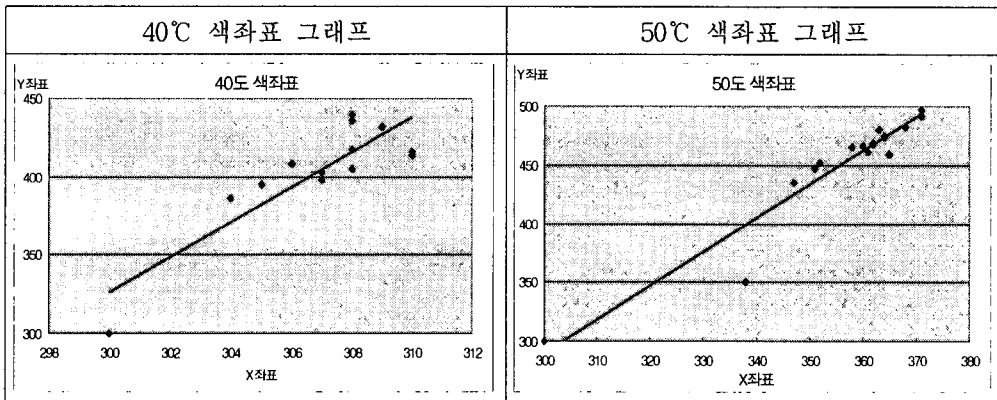
<그림 1> 50℃에서의 디스플레이 디바이스 열화

2) 각 스트레스 조건에서의 수명은 회사의 기밀사항 이므로 기재할 못함



<그림 2> 40℃에서의 디스플레이 디바이스 열화

그리고, 각 스트레스 조건에서의 디스플레이 디바이스가 열화될 때까지의 색좌표 변화 그래프를 보면 다음과 같다.



<그림 3> 색좌표 변동 그래프

<그림 1>과 <그림 2>에서와 같이 40℃와 50℃ 디스플레이 디바이스의 열화된 사진이 초기 백색에서 녹색으로 변화하는 것을 볼 수 있었다. 또한, <그림 3>의 색좌표 그래프에서도 수치적으로 백색에서 녹색으로 변하는 경향을 볼 수 있었다.

3. 결과분석

3.1 가속수명시험의 결과분석

여러 샘플을 이용하여 얻은 각 데이터에 대한 적합한 분포를 찾는 적합성 검정과 적합한

분포를 이용하여 수명을 추정하여야 하지만 당사의 사정상 각 스트레스 조건당 한 대의 샘플만을 이용하여 시험을 실시하였기 때문에 통계적인 분석을 수행할 수 없었다.

그러나, 2.1절에서 논의된 바와 같이 디스플레이 디바이스 공급업체의 데이터에 따르면 디스플레이 디바이스 수명에 영향을 미치는 요인으로 온도를 가속인자로 사용할 수 있고, 또한 온도와 수명사이의 관계는 일반적으로 널리 사용되는 아레니우스 관계식을 사용하는 것이 적합하다고 볼 수 있다. 따라서, 식 (1)의 아레니우스 관계식을 이용하여 수명-스트레스 관계식을 추정하였으며 즉, 40℃에서 측정된 수명과 50℃에서 측정된 수명을 아레니우스 관계식을 이용하여 계산한 결과 활성화 에너지 E_a 가 0.54로 추정되었다. 이를 근거로 하여 온도 조건별로 가속계수를 산출하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 온도에 따른 가속계수

온도	25℃	30℃	40℃	50℃
가속계수	1	1.41	2.74	5.08

3.2 가속수명시험을 이용한 실제 설계 적용 방안

가속수명시험 결과 가속스트레스로 사용한 온도 요인이 디스플레이 디바이스의 수명을 연장시킬 수 있는 실마리를 알게 되었다. 따라서, 디스플레이 디바이스의 수명을 기존 디스플레이 디바이스와 비슷한 수준인 3만 시간 이상으로 설계하기 위해서는 디스플레이 디바이스의 온도가 37℃ 이하로 유지되도록 냉각설계가 이루어져야 한다. 그러나, 이 수준의 온도를 만족시킬 수 있는 냉각설계를 하기 위해서는 많은 비용이 소요되고 기술적인 문제도 예상되어 당사에서는 비용과 수명의 적절한 트레이드 오프(Trade-off)를 통하여 냉각방식은 팬을 이용한 공냉식을 적용하였고, 팬 구동 전압은 소음과의 관계 등을 고려하여 결정하였으며, 덕트의 구조나 냉각을 위한 공기 유동의 전체적인 구조 설계에 대한 최적 설계안을 도출할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 가속수명시험을 사용하여 PTV에 사용되는 마이크로 디스플레이 디바이스의 고장유형을 파악하였다. 그 결과 디스플레이 디바이스의 공급사에서 제시한 것과 같이 장시간 연속 사용시 디스플레이 디바이스가 열화되는 고장 유형과 동일한 고장형태를 얻을 수 있었다. 또한, 디스플레이 디바이스의 열화에 주요한 영향을 미치는 인자가 온도라는 것을 알 수 있었고, 이 온도 요인이 디스플레이 디바이스의 수명을 연장시킬 수 있는 실마리라는 것을 알게되었다. 따라서, 평균수명의 향상과 비용과의 관계를 규명하여 최적 설계조건을 찾아 제품에 적용할 수 있었다.

그리고, 디스플레이 디바이스가 가속시험 결과 녹색으로 변화하는 열화특성을 보였는데 계량 측정치인 색좌표의 수치도 녹색으로 변하는 경향을 보임으로써 색좌표가 디스플레이 디바이스의 열화정도를 측정할 수 있는 하나의 방법으로 제시할 수 있었으며, 차기 기종 개발시 가속시험에 의한 수명예측에 사용할 수 있는 지표를 마련할 수 있었다.

향후 계획은 다음과 같다: 첫째, 현재 시험중인 30℃ 가속 스트레스 조건의 평균수명 데이터와 양산 제품을 이용하여 장기내구수명시험을 실시중인 평균수명 데이터를 이용하여 온도 스트레스를 이용한 가속수명시험의 적합성을 검증할 예정이다. 둘째, 디스플레이 디바이스의 수명을 향상시키기 위한 냉각조건의 설계안을 마련하여 차기 기종에 적용할 예정이며, 마지막으로 더 많은 샘플을 갖고 가속수명시험을 실시하여 색좌표를 이용한 수명예측 지표에 대하여 보완할 예정이다.

참고 문헌

- [1] Wayne Nelson (1990), *Accelerated Testing - Statistical Models, Test Plans, and Data Analyses*, Wiley Interscience.
- [2] 윤상운 (1996), *신뢰성 분석*, 자유아카데미.
- [3] 박상준외 (2001), *프린터 SMPS 가속수명시험법 개발*, 2001년 정기학술대회 발표논문집.
- [4] 마이크로 디스플레이 디바이스 공급업체 자료 (2001).
- [5] 마츠모토 쇼이치 (1998), *전자 디스플레이*, 일본음사.