

모바일 TFT-LCD 모듈에서 발생하는 가청잡음을 줄이기 위한 새로운 방법

류지열*·노석호**

삼성 SDI Co. Ltd.*, 안동대학교 전자공학과**

A New Approach for Reducing Audible Noise in Mobile TFT LCD Module

Jee-Youl Ryu*.Seok-Ho Noh**

Samsung SDI Co. Ltd.*, Andong National University**

E-mail: jeeyoul.ryu@samsung.com

요 약

본 논문에서는 모바일 TFT-LCD 모듈에서 발생하는 가청잡음을 감소시키기 위한 새로운 방법을 제안한다. 또한 가청잡음에 영향을 미치는 중요 인자들을 분석하였다. 이러한 잡음원은 FPCB와 LCD 패널간의 진동 및 윈도우와 백라이트에 충전되어 있던 정전기와 같은 다양한 중요 인자들로부터 유래됨을 확인하였다. 윈도우에 충전되어 있던 정전기로 인한 잡음 수준을 분석하기 위해 윈도우가 없는 LCD 모듈과 윈도우가 있는 LCD 모듈이 동시에 평가되었다. 신뢰감이 있고 재현성이 있는 데이터를 확보하기 위해 테스트 지그 및 측정시스템을 구축하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new approach to reduce the audible noise generated by TFT-LCD module in mobile applications. We also analyzed impact factors which effect on the audible noise. It is expected that this noise source comes from various impact factors such as vibration of flexible printed-circuit board (FPCB) and LCD panel, and static electricity charged in window and back-light unit. Windowless type and window type models are evaluated to analyze noise level due to the static electricity charged in window. To obtain reliable and reproducible data, we constructed controllable test jig and measurement set-up.

키워드

audible noise (가청잡음), TFT-LCD 모듈, FPCB, back-light unit

I. 서 론

최근 휴대전화로 대표되는 모바일 단말시장이 급속히 확대되고 있으며, 상품 카테고리의 다양화에 따라 휴대전화의 소형화나 박형화에 대한 요구가 점점 늘어나고 있다. 그러나 모바일 디스플레이의 박형화에 따라 TFT-LCD 휴대전화의 통화품질에 영향을 주는 가청잡음 문제가 대두되고 있으며, 고객 측에서도 가청잡음에 관한 관심이 매우 강한 상황이라 그에 대

한 대책 수립이 급선무가 되고 있다 [1-3]. TFT-LCD에서 발생하는 이러한 가청잡음은 Vcom 주파수대에서 발생하는 잡음으로 사람들에게 들리는 정도는 LCD의 각 모델 마다 각각 다른 수준이다[2].

가청잡음의 발생 주요 원인은 백라이트 unit의 광학 필름에 대전된 정전기와 액정 디스플레이의 구동전극이 만드는 전계와의 사이에서 발생하는 작용 및 반작용의 힘에 의한 필름과 glass 간의 진동, 패널 내

의 구동전극간의 전계의 영향, 커패시터의 압전 효과에 의한 진동, 액정 디스플레이의 진동특성에 의한 공진이나 진동중폭 등인 것으로 확인되었다.

본 연구에서는 다양한 종류의 TFT-LCD 모듈로부터 발생하는 가청잡음에 대한 원인해석과 관련되는 실험을 수행하였다. 먼저 신뢰성 및 재현성 있는 해석을 위해 측정 시스템을 구축하였고, 기초이론을 바탕으로 가청잡음의 크기를 정량화해서 주요 원인을 해석하였다.

II. 측정 시스템

2.1. 음향 측정 시스템 구축

그림 1은 가청잡음 (이하 잡음이라 칭함) 측정에 사용된 음향측정 시스템을 나타낸 것이다. 무향실에 구축되어 있는 이 시스템은, B&K사의 microphone, pre-amplifier, pulse analyzer와 PC, 액정 디스플레이 XYZ 방향이동 지그의 조합으로 구성되어 있다. 잡음의 음압 레벨 측정은 FFT Analyzer를 이용하였고, 이를 통해 주파수 성분 해석을 수행하였다.



그림 1. 음향 측정 시스템 구성
Fig. 1. Set-up of sound measurement system.

2.2. 음압 레벨 측정

(1) 모듈의 잡음 음압 레벨 분포

그림 2는 모듈 표면에서 3mm 높이에 microphone (이하 마이크)을 고정해서 모듈을 xy방향으로 2mm 씩 이동해서 측정한 음압 레벨의 분포를 나타낸 것이다. 그림으로부터 알 수 있듯이 마이크의 고정 위치에 따라 30dB의 차이가 있으며, 또한 2mm 이동하는 것만으로 10dB의 레벨 차이가 존재하는 곳이 있음을 알 수 있다.

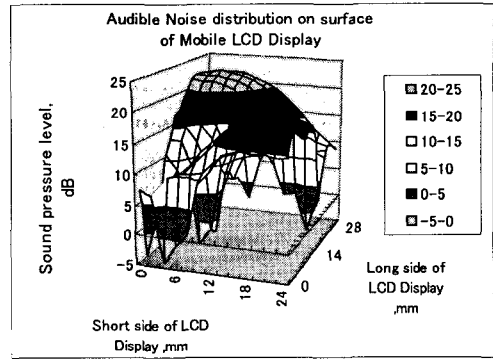


그림 2. 모바일 LCD 표면의 음압 레벨 분포
Fig. 2. Sound pressure level distribution of mobile LCD surface.

(2) 마이크 위치와 모듈 고정 지그

TFT-LCD 모듈로부터 발생된 잡음의 크기를 수치화하기 위해서 음압 레벨의 측정위치를 마이크 높이 3mm로 고정하고 9군데를 측정했다. 9군데를 측정함으로써 대략 모듈의 최대 잡음 음압 레벨의 측정이 가능하게 되며 동시에, 9군데 측정결과와 평균치를 산출함으로써 잡음량을 추정치로 정할 수가 있었다. 또한, 2mm간격으로 측정위치를 다르게 하여 측정한 결과 음압 레벨이 크게 다른 부분이 발생하였다. 이와 같이 측정치의 재현성을 위해서 측정 위치와 측정 높이를 정확하게 조정(xyz방향 이동 조정)할 수 있는 모듈 고정용 지그를 제작하였다.

III. 잡음 발생 요소 및 결과

3.1. 패널 구동전극과 정전기 전하

(1) 백라이트(back-light) unit (BLU) 필름 정전기와 Vcom 전극

그림 3은 BLU의 필름이 있을 때와 없을 때, 그리고 BLU 필름이 있을 때 ionizing을 한 경우에 대한 잡음 레벨을 각각 나타낸 것이다.

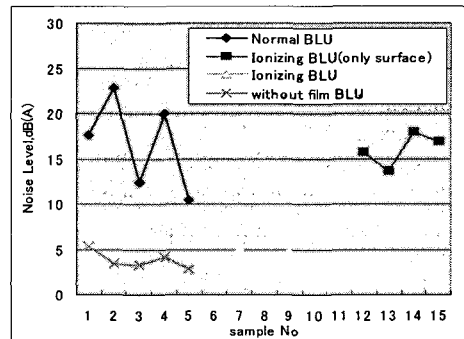


그림 3. BLU 필름의 정전기에 대한 잡음 레벨
Fig 3. Noise level for static electricity of BLU film.

BLU 필름이 없을 때는 잡음이 들리지 않게 되며, 필름이 있을 때와의 잡음 레벨 차이는 10dB(A) 이상이 된다. 또한, 필름을 ionizing 했을 경우도 잡음 레벨은 감소하였다. 또한, BLU의 표면 필름 (BEF1)만을 ionizing 했을 경우는 그 감소 효과가 적음을 확인하였다. 이러한 결과로부터 알 수 있듯이 BLU 필름의 정전기가 잡음 증가에 큰 영향을 미침을 알 수 있었고, 표면만이 아니라 BEF1, BEF2 및 diffuser 등 모든 필름의 정전기가 영향을 주고 있음을 확인하였다. 단, 잡음이 모듈에 미치는 영향의 비율은 정전기의 대전 상황에 따라서도 다르겠지만, 패널에 가까운 순서대로 BEF1 > BEF2 > diffuser가 됨을 확인하였다.

그림 3의 결과는 그림 4에 나타냈듯이 패널과 BLU 필름 간의 진동으로 그 메커니즘을 설명할 수 있다. Vcom ITO 전극, Cst, 화소 전극 및 source line 등의 구동전극에 Vcom 주파수와 같은 AC 성분이 존재하며, 이 전극에 인가된 전압이 만드는 전계와 BLU 필름에 대전된 정전기의 전하 사이에 작용/반작용의 힘이 생긴다. 이 때 전극의 AC 성분의 전압변동에 따라서 필름과 패널 사이의 작용/반작용 힘에 강약이 발생하고, 이것이 진동의 원인이 된다. Vcom 전압 진폭과 잡음 레벨 사이에 비례관계가 작용하며, 이것도 이 쿨롱의 법칙에 의한 메커니즘과 일치한다.

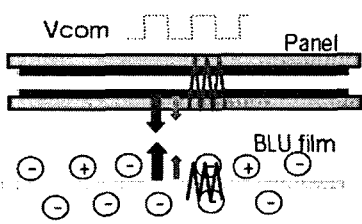


그림 4. 패널과 BLU 필름간의 진동
Fig. 4. Vibration between panel and BLU film.

(2) 윈도우 정전기와 Vcom ITO 전극

휴대전화 set의 윈도우 안쪽에 5kV 정도의 정전기가 대전되어 있을 때, 잡음이 들리지 않는 모듈을 조합하면 잡음이 들리게 될 때가 있다. 이때 윈도우를 ionizing 해서 제진(전하제거)하면 잡음은 사라진다. 이 현상도 그림 4에서 설명한 것과 같은 메커니즘에서 잡음이 발생한다고 생각할 수 있다.

3.2. 모듈의 공진 및 진동증폭

BLU 필름의 정전기 영향과 상관없이 발생하는 잡음 정도를 측정하기 위해, 필름이 없는 BLU를 사용해서 그림 5와 같이 FPC나 PCB의 접촉상태와 잡음 레벨 간의 관계를 조사하였다. PCB를 BLU에 붙이지 않고 열린 상태로 해서 패널 잡음을 측정할 결과 23dB(A) 이상의 큰 잡음이 발생하였다. 또한, PCB를 BLU에 테이프로 고정해도, FPC와 PCB의 접촉부를 테이프로 고정하는 경우와 하지 않는 경우에 대해 5dB(A) 이상의 잡음 차이가 발생하였다. 이러한 결과

를 통해 BLU 필름 정전기 이외의 잡음 발생 요인으로 FPC나 PCB간의 진동이 약간 존재함을 알 수 있다. 동시에 FPC/PCB의 접촉상태가 FPC나 PCB도 포함한 모듈 전체에서의 진동특성에 영향을 주어 잡음을 증폭하고 있다고 생각된다.

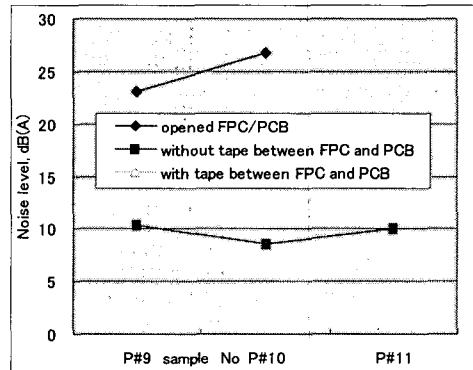


그림 5. FPC/PCB의 모듈 진동에 의한 잡음 레벨
Fig. 5. Noise level by module vibration of FPC/PCB.

그림 6은 평가에 사용한 모듈의 FPC/PCB 구조를 나타낸 것이다. FPC/PCB 간의 접착 테이프 유무를 포함하여 다양한 구조에서 평가가 진행되었다.

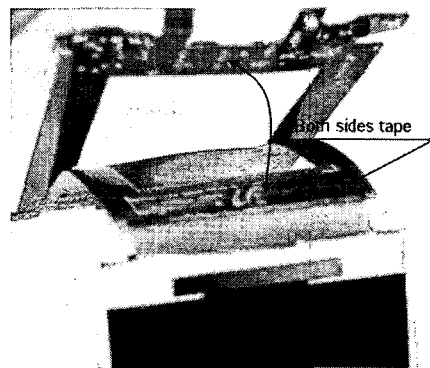


그림 6. 평가 모듈 구조
Fig. 6. Test module structure.

3.3. 승압 커패시터의 압전 효과에 의한 진동

실제의 액정 모듈에서 사용되는 커패시터는 charge pump의 승압용이 많으며, 커패시터의 양 전극에 인가되는 전압 파형은 그림 7에 표현된 파형 때문에 전계의 발생이 거의 없으며, 잡음도 발생하지 않는다. 잡음이 발생할 때는 커패시터 양 전극 간에 2V 정도의 전압진폭 AC 성분이 필요하다.

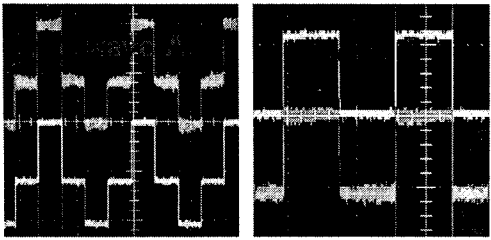


그림 7. 승압 커패시터에 생성된 파형
Fig. 7. Waveform generated in step-up capacitor.

전압이 유전체 소자에 인가되면, 전계가 발생하고 압전 효과에 의해 칩이 전계 인가방향으로 팽창하며, 전계 인가방향에 대해서 수직평면 방향으로 압축된다. 이 압축에 의해 FPC의 칩 실장부에서는 칩 중앙으로 당겨져 왜곡이 생긴다. 이 동작에 의해 전압인가 주기에 동기 되어 FPC의 진동이 발생한다. 모듈의 승압 커패시터 양전극에 외부에서 파형 인가되었을 때의 잡음 레벨을 그림 8에 나타낸다.

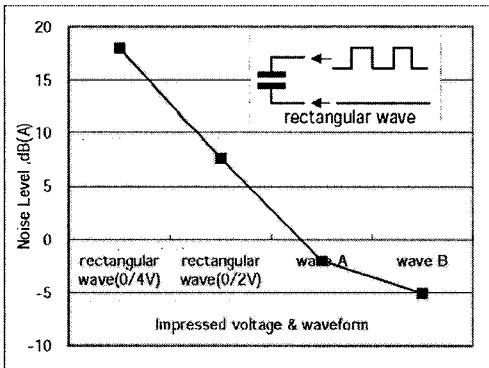


그림 8. 승압 커패시터에 형성된 잡음 레벨
Fig. 8. Noise level generated in step-up capacitor.

3.5. 패널 구동전극 간의 영향

그림 5를 보면 알 수 있듯이, BLU 필름이 정전기의 영향이 없는 상태에서도 3dB(A) 정도의 잡음이 발생하고 있으며, 진동이 증폭되면 잡음이 20dB(A) 이상으로도 됨을 실험을 통해 확인하였다. 이 잡음의 원인은 패널 내에서 발생하고 있다고 생각할 수 있으며, 그것은 구동전극간의 전계의 영향에 의한 진동이나 액정이나 기생용량 등의 유전체가 구동전극에서의 전계의 압전 효과에 의해 진동하고 있다고 생각할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 다양한 종류의 TFT-LCD 모듈로부터 발생되는 가청잡음에 대한 원인해석과 대책실험을 수행하였다. 신뢰성 및 재현성 있는 해석을 위해 측정 시스템을 구축하였고, 기초이론을 바탕으로 가청잡음의 크기를 정량화해서 주요 원인을 해석하였

다. 가청잡음의 발생 주요 원인은 백라이트 unit의 광학 필름에 대전된 정전기와 액정 디스플레이의 구동전극이 만드는 전계와의 사이에서 발생하는 작용 및 반작용의 힘에 의한 필름과 glass 간의 진동, 패널 내의 구동전극간의 전계의 영향, 커패시터의 압전 효과에 의한 진동, 액정 디스플레이의 진동특성에 의한 공진이나 진동증폭 등인 것으로 확인되었다.

참고문헌

- [1] I. Y. Jeon *et al.*, "Boundary Element Analysis of Interference Effect Due to Scattering in Microphone Measurement," *KSNVE 2000*, Sep. 2000.
- [2] K. Matsumoto, Small portable apparatus with EL device producing reduced noise, US patent #US 6075324.
- [3] H. Takenaka, LCD device having a noise-shield layer directly between LCD and EL panel, US patent #US 6456432 B1.