|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 18.02.22 | 건전지 선택에 관하여 | 전자부:이재린 | No. 3 |
| 요약 | Identity-II 발사체 프로젝트에서 전자부의 주된 문제 중 하나였던 건전지의 용량에 대한 문제를 논의하고 앞으로의 프로젝트를 위한 해결 방안을 제안한다. | | |
| **I. 문제 발생 경위**  Identity-II 프로젝트에서 전자부 시스템을 구성 중 Arduino 프로세서가 돌연 깜빡깜빡하는 현상이 일어났다. Serial 모니터로 로그를 찍어보니 임의로 수 초마다 모듈 전체가 재시작되는 것을 확인할 수 있었다. 처음에는 무언가의 접촉 불량 때문이라고 생각했다. 보통 전자부 부품에서 이러한 문제가 발생하면 접촉 불량일 가능성이 컸기 때문이다. 모든 연결선을 수 차례 확인한 결과 여전히 같은 문제가 발생함을 확인할 수 있었다.  혹시나 하는 마음에 애용하던 9V 건전지에 멀티미터를 대어 본 결과 7.5 볼트 언저리를 가리키고 있는 것을 확인할 수 있었다. 건전지가 죽어버린 것이다. 이에 2018년 현재 동아리에서 이용하고 있는 전원 공급처의 현황에 대해 조사하고, 정확한 건전지 수명에 대해 분석하였다. 결과는 뒤이어 서술할 것이지만 충격적이었다. 훗날 이 보고서를 살펴보게 될 동지들을 위하여 여러분이 본인과 같은 문제로 여덟 시간 이상의 피 같은 시간을 날리지 않기를 소망하며 보고서를 남기는 바이다.  **II. 문제 분석**  **1. 문제 개관**  본 보고서는 전기공학과를 전공하지 않은 독자들을 위하여 쓰였다. 따라서 간단하게나마 전자부를 구성할 때 고려해야 할 기초적인 사항에 대해 우선 설명하고자 하겠다. Arduino를 포함하여 여러분이 쓰는 모든 전자 제품은 전기를 소모한다. 모든 전기 시스템은 전력을 소모하여 다른 전기 시스템으로 1) 전력 혹은 2) 전기 신호를 송출하는 시스템으로 구분할 수 있다. 일반적으로 비전공자가 전자부품을 다룰 때 2) 전기 신호에 대해서만 생각하기 쉬운데, 실제 시스템을 구성하기 위해서는 1) 전력 문제에 대해 충분히 고려해야 함을 잊지 말아야 한다.  로켓은 편리하게 콘센트를 꽂아 사용하는 전기 기구가 아니기 때문에 건전지를 통한 전원 공급이 필수적이다. 하지만 건전지는 (당연하게도) 무한동력을 제공할 수 없으며, 심지어 표기된 만큼의 전압을 유지하지도 못한다! 정리하자면, 건전지에는 간과하기 쉬운 문제가 크게 두 가지 있는데, 1) 건전지의 용량은 한정적이며, 이는 여러분이 핸드폰 보조 배터리에서 볼 수 있는 mAh (또는 자동차 배터리처럼 무식하게 큰 배터리의 경우 Ah) 의 단위로 나타난다. 또한 2) 건전지의 작동 전압은 명시된 값을 유지하지 못하며, 실제로는 명시된 기전력에서 0.5 – 1V 정도 높은 값에서 시작하여 전류를 끌어낼 수록 점점 V수가 줄어들며 죽어간다. 따라서 I 장에서 명시된 문제는 건전지가 갖고 있는 전류량을 너무 끌어내다보니 기전력이 줄어들어서 Arduino의 최소 작동 전압인 7.0 V를 안정적으로 유지할 수 없기 때문에 발생한 문제라 할 수 있다. 본 보고서의 남은 장에서는 좀 더 정량적으로 우리가 9V 건전지에서 끌어낼 수 있는 전류량과 여러 대안에 대해 살펴볼 것이다.  **2. Avionics 모듈의 소모 전력 및 전류**  실험을 위해 Avionics-I 모듈 (별도 보고서 참조: 전자부 활동 개관) 이 사용하는 전류를 멀티미터의 전류계로 측정하였다. 그 결과 다음과 같이 전원을 공급하는 건전지의 갯수에 따라 다른 양의 전류를 소모함을 확인할 수 있었다. 건전지는 시중의 9V 건전지를 병렬 연결한 것이다.  표 1. 건전지에 따른 전류 소모량 측정 결과.    이 결과에 대해서 다음을 알 수 있다. 1) 실제로 9V 건전지 하나에서 끌어낼 수 있는 전류량의 최대는 한정되어있으며, 2) 그 값은 약 130 – 160 mA가 한계이다. 3) 계통에서 소모하는 전류량은 시간에 따른 fluctuation이 있다. 이는 통신 모듈에서 소모하는 전력의 변화 때문으로 생각된다. 4) 건전지를 병렬 연결할 경우, 최대로 끌어낼 수 있는 전류량이 증가하며, 따라서 건전지의 용량 문제뿐 아니라 원활한 시스템의 동작을 위해서라도 9V 건전지를 여러 개 써야 하는 것은 필수적이다. 5) Avionics 모듈은 상당히 많은 양의 전류량을 소모한다.  XBee 통신이 활성화될 때 추가로 전류 소모가 일어나는 것으로 미루어 보아 통신에 소모되는 전류량이 상당할 것으로 생각된다. 이에 따른 추가 실험이 필요하다. (추가 실험 제안) 실제로 데이터시트를 확인한 결과, 2018년 현재 하나로에서 쓰이고 있는 XBee Pro S1 802.15.4 모델에서는 최대 전류 215 mA까지 소모함을 확인할 수 있었다. (별첨 01: XBee Pro S1 데이터시트)  **3. 9V 건전지의 용량 및 가용 시간 분석**  시중에 나와 있는 9V 건전지는 제조사별로 벡셀, 에너자이저, 로케트, 듀라셀 등이 있다. 이 중 벡셀은 제조사가 아니라 중간 판매원으로서, 실제 제조사나 상품의 스펙에 대해 제대로 공개하고 있지 않아 매우 신뢰성이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 나머지 제조사의 경우 조금 더 정확한 정보를 얻을 수 있었는데, 이 보고서에서는 이 중 쉽게 구할 수 있는 듀라셀 Ni-Mn 건전  **4. 일반적인 건전지의 용량을 보는 방법**  앞선 경험을 토대로 일반적인 건전지의 전기 용량에 대해 눈대중으로 확인할 수 있는 간단한 방법을 서술하도록 하겠다. 다음 그림은 9 V 건전지의 내부를 보여준다. (출처: 위키백과)  https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/9V_innards_3_different_cells.jpg/200px-9V_innards_3_different_cells.jpg  그림 1. 9 V 건전지의 일반적인 내부 모습. (출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Nine-volt\_battery)  그림과 같이 9 V 건전지는 하나의 단일 cell로 이루어진 것이 아니다. 거의 모든 전지는 화학 평형식에 의해 기전력을 생성하는 구조로 되어 있어 그 전압차는 오로지 화학 반응식에만 의존하게 되어 있다. 그 크기는 여러분이 고등학교 때 열심히 외웠던 “칼칼나마 알아철리 주납수구 수은백금”의 양 끝의 원소를 갖다 대어도 최대 4 – 5 V를 넘지 못한다. 따라서 그보다 높은 전압의 전지는 기존의 전지를 직렬 연결하여 만들게 된다. 일반적으로 1.5 V 또는 3 V, 3.7 V 등이 표준적인 단일 cell 기전력이므로, 9 V 전지는 1.5 V 전지 6개를 직렬 연결한 모양이 된다.  건전지는 전하를 머금고 있는 물리적 저장소이므로 단위 부피 (또는 표면적) 당 수용 가능한 전하의 밀도가 제한되어 있다. 따라서 단일 cell의 전기 용량은 roughly하게 그 부피에 비례하는 양상을 보인다. 또한 1) 전지를 직렬 연결하면 그 전체의 전기 용량은 전지의 기전력이 일정하게 유지될 때 제일 작은 기전력을 가진 전지의 용량과 같고, 2) 전지를 병렬 연결하면 전체 용량은 병렬 연결된 동일한 V 수의 (차이가 있는 건전지를 병렬로 연결할 경우 건전지 사이에 누수전류가 생기게 되어 수명이 단축되며, 발열로 인해 사고가 발생할 수 있다.) 전지의 용량의 합으로 나타난다. 이 사실을 미루어볼 때, 9 V 건전지의 실질 용량은 9 V 건전지의 부피의 1 / 6인 1.5 V 단일 cell의 용량과 같을 것임을 알 수 있으며, 그 값이 매우 작다는 것을 유추할 수 있다. 단순히 V 수가 높다고 용량도 클 것이라고 가정하면 매우 잘못된 결론이 나올 것이다.  일반적으로 건전지는 다음과 같이 눈대중으로 그 스펙을 가늠할 수 있다.  (단일 cell 건전지의 부피) ~ (단일 cell의 전하 용량(mAh))  또는,  (건전지의 부피) = (기전력(V)) \* (전하 용량(mAh))  **III. 해결 방안 제안**  **1. Li-ion 충전 건전지**  18650 리튬-이온 건전지는 1) 스마트폰 보조배터리, 노트북 배터리 등 고용량, 고속 충전용 전자 기기, 2) Tesla Roadster, Tesla Model S, Tesla Model X 등의 전기차, 3) LED 후레쉬 등에 쓰이는 표준적인 건전지이다. 일반적인 18650 리튬-이온 건전지는 3.7 V의 안정적인 기전력과 약 2,200 mAh 에서 2,600 mAh 정도의 고용량을 지니고 있으며, 최대 2 A의 전류를 끌어낼 수 있다. 큰 용량과 빠른 drain이 가능한 점은 로켓의 Avionics 부품과 같이 고출력을 요하는 통신, 프로세싱 유닛이 달린 전자 장비를 구동하는 데 매우 적합하다고 생각된다. 특히 세 개를 직렬연결하면 약 12 V를 끌어낼 수 있어 전자장비를 구동하는 데 필요한 표준 전압인 12V, 5V, 3.3V 등을 적절히 만들어내기에 적합하다. 따라서 다음 프로젝트부터는 리튬-이온 건전지로의 적극적인 전환이 필요하다.  Image result for 18650  그림 2. 일반적인 18650 배터리.  리튬-이온 건전지는 일반적으로 다섯 자리 숫자로 이름 지어지는데, 앞의 두 숫자는 건전지의 직경, 다음 두 숫자는 건전지의 길이를 의미한다. 따라서 18650 배터리는 18 mm 직경과 65 mm 길이를 가진 원통형 배터리임을 알 수 있다. 시장에는 다양한 크기의 리튬-이온 배터리가 있지만, 적당한 용량을 가지고 있는 표준적인 배터리인 18650을 사용할 것을 권장하는 바이다.  **2. 6V 랜턴 건전지**  6V 랜턴 건전지는 D형 1.5볼트 건전지 네 개가 직렬 연결된 구조로 되어 있다. 따라서 전기 용량은 D형 건전지와 같을 것이다. 실제로 랜턴 건전지는 개당 11,000 mAh의 매우 높은 전기 용량을 지니고 있음을 확인할 수 있었다. 오랜 시간 동안 안정적인 작동을 보장할 수 있으므로 이용 후보군으로서 적합하다고 생각된다. 다만, 1) 크기 (IEC 표준 115 × 68.2 × 68.2)와 무게 (약 600g)가 꽤 있으며, 2) 적합한 표준단자가 나와있지 않아 실험을 위해서는 추가적인 장비 구성이 필요한 불편함이 있다. 이를 잘 고려해서 추후 실험을 진행하는 것이 좋을 것이다. (추가 실험 제안: 6 V 랜턴 건전지의 사용처 탐색)  Image result for lantern battery  그림 3. 일반적인 6 V 랜턴 배터리.  표 2. 각종 건전지의 일반적인 전기용량 및 Drain 전류량 비교. (출처: http://www.techlib.com/reference/batteries.html) | | | |
| 참고문헌 |  | | |
| 별첨 01 | 연구(보고서 주제), (연구 보고서 일렬번호) | 논문/서적요약/인터넷/자료 | |
| 의미 |  | | |