

C3-STM-2.2.0 Test

실험일자: 2025.9.24~2025.9.25

SW개발실

0. 요약

- C3 신규 알고리즘(C3-STM-2.2.0)에 대하여 출시 전에 최종 기능테스트를 진행함
- Flash 기능 테스트 결과, ON-OFF 시간과 추락발생 트리거 등을 포함한 Block이 설계대로 생성되어 Flash 기능에 이상 없음을 확인함
- LED 기능 테스트 결과, 4가지 상태(부팅, BLE 미접속, BLE 접속, 추락검출)를 나타내는 LED 중 BLE 접속상태와 미접속상태를 나타내는 LED가 동일반응을 보여 확인이 필요할 것으로 보임. 그 밖의 LED 기능에 특별한 이상은 없었음
- 알고리즘 기능 테스트를 위하여, 19가지 일상생활동작과 21가지 추락동작에 대한 데이터를 획득하여 분석하였음 (실험대상자: 구범모 책임연구원(일상동작), 더미(추락))
 - 일상생활동작에서는 오검출이 발생되지 않았음
- 추락 검출을 위해서는 최소한 70cm 이상의 높이가 필요함
- 새로운 알고리즘에서는 추락 도중 충격을 받는 상황들을 모두 검출하며, 주로 충격을 감지하는 mode 10과 회전을 감지하는 mode 5로 검출됨
- 50cm 높이에서 발생하는 추락도 충격으로 인하여 후검출되지만, 실제 현장에서 오검출로 이어질 가능성은 적다고 판단됨
- 수직추락을 검출하기 위해서는 90cm보다 더 높아야 되며, 실제 추락이 발생하는 상황은 센서 높이 2m이상이므로 문제가 없을 것으로 보임
- 탑차에서 구르며 추락하는 동작을 모사한 데이터를 540ms의 리드타임으로 잘 검출함
- 탑차에서 구르며 추락하는 동작을 검출 못 하는 상황도 있었지만, Fall count가 발생되지 않기 때문이었으며, 실제 상황에서는 발생되지 않을 문제로 보임
- 결론
 - 신규 출시되는 C3-STM-2.2.0 펌웨어는 Flash 기능은 이상이 없으며, LED 기능은 BLE 접속 상태에 따른 확인이 필요함
 - 알고리즘은 19가지 일상동작에서 오검출이 발생되지 않았음
 - 추락을 감지하기 위해서는 최소 70cm 높이는 필요(수직 추락의 경우, 1m 이상이 필요)하며, 실제 보호를 상정하는 센서 높이는 약 2m 이상이므로, 충분한 리드타임 확보가 가능하다고 판단됨
 - 동일 알고리즘을 C-Light에 적용했을 때와 유사한 성능을 보이며, 센서가 더 높은 위치에 있으므로, 추락 구간 인지 및 리드타임 측면에서는 더 우수한 성능을 보임
 - 금번 알고리즘에서 보완하기로 목표하였던, 측방 또는 후방 추락 도중 충격을 받는 상황과 탑차에서 구르면서 추락되는 상황 모두 잘 검출됨

1. Flash 기능 테스트

- 버전 확인

Form1

Serial Port: Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge(COM3) ☒ Command_mode

path: D:\data\ ALL_DATE

Disconnect: [Block 4 - Block 7] 저장 완료 SET_RTC

Start Block: 4 1 to csv

End Block: 7 2 to csv

0005 time[1] : 2025-09-24 16:43:11 88 B:36
Start! CLK=48MHz, Ver=C3-STM-2,2,0
<RST-C3,0>
MODE : 1
ID : XXX
TIME : 2025-09-24 16:43:24

- 저장된 Block의 시간 확인

- ON-OFF 시간이 제대로 기록된 Block 저장

Form1

Serial Port: Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge(COM3) ☒ Command_mode

path: D:\data\ ALL_DATE

Disconnect: [Block 4 - Block 7] 저장 완료 SET_RTC

Start Block: 4 1 to csv

End Block: 7 2 to csv

0080 time[0] : 2025-09-24 16:42:15 87 B:35
0081 time[1] : 2025-09-24 16:42:01 88 B:36
0082 time[0] : 2025-09-24 16:42:05 88 B:36
0083 time[1] : 2025-09-24 16:42:29 89 B:37
sdata_block : 37
NRF> Start! CLK=64MHz, Ver=BX-NRF-1,5,1

- 추락 트리거 블록 생성 확인

- 추락 발생시, Block에 제대로 기록됨을 확인

Form1

Serial Port: Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge(COM3) ☒ Command_mode

path: D:\data\ ALL_DATE

Disconnect: [Block 4 - Block 7] 저장 완료 SET_RTC

Start Block: 4 1 to csv

End Block: 7 2 to csv

0085 time[1] : 2025-09-24 16:43:11 88 B:36
0086 time[1] : 2025-09-24 16:43:17 90 T:4
0087 time[0] : 2025-09-24 16:43:15 88 B:38
0088 time[1] : 2025-09-24 16:43:24 88 B:38
sdata_block : 39
NRF> Start! CLK=64MHz, Ver=BX-NRF-1,5,1

2. LED 기능 테스트

- 부팅상태 & BLE 미접속 상태 & BLE 접속 상태 & 추락검출: 정상 작동 확인
 - 부팅상태: 청색, 적색 교차 점등 2회 → 자색 1회 점등
 - BLE 미접속 상태: 청색 1초 간격 점등
 - BLE 접속 상태: 청색 1초 간격 점등
 - 추락 검출 상태: 적색 LED 연속 전등

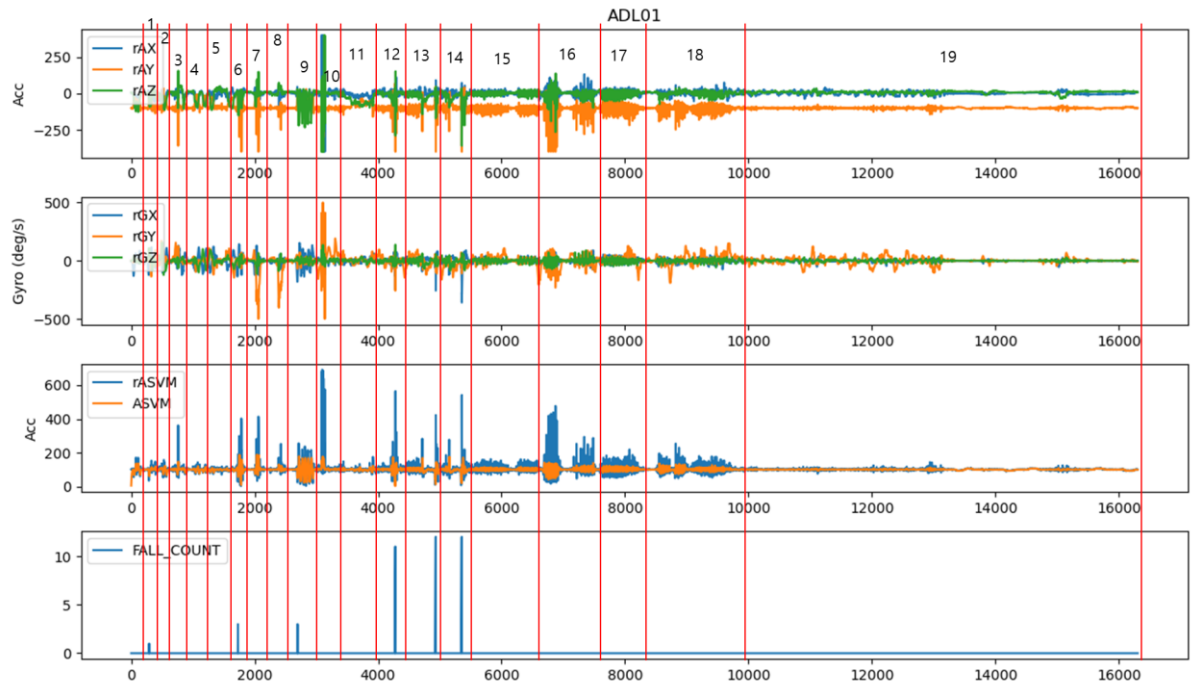
3. 알고리즘 테스트

1) 일상동작

- 테스트 동작 내 오검출 미발생

Code	Motion	False alarms
D01	바닥에 꾸그려 앉기	
D02	바닥에 주저 앉기	
D03	의자에 털썩 앉기	
D04	짐들기 (핸드캐리)	
D05	짐들기 (숏캐리)	
D06	제자리 점프	
D07	제자리 점프하며 회전	
D08	제자리 회전	
D09	앉았다 일어나기 (빠르게 5번 반복)	
D10	등 때리기	
D11	사다리 오르내리기 (3칸)	
D12	의자 위 빠르게 올라갔다 내려오기	
D13	70cm 비계에서 뛰어내리기 (서서)	
D14	70cm 비계에서 뛰어내리기 (앉으면서)	
D15	걷기 (10걸음)	
D16	달리기 (10걸음)	
D17	옆으로 걷기 (10걸음)	
D18	계단 오르내리기 (5칸)	
D19	엘리베이터 타고 내려갔다 올라가기 (5층)	

● 세부동작



2) 추락동작

● 추락 검출 현황

Code	Motion	Detection(mode)	Lead-time (ms)
F01	수직추락 (전방, 50cm)	X	X
F02	수직추락 (후방, 50cm)	10	-320
F03	수직추락 (측방, 50cm)	10	-260
F04	수직추락 (수직, 50cm)	X	X
F05	수직추락 (전방, 70cm)	1	160
F06	수직추락 (후방, 70cm)	1	20
F07	수직추락 (측방, 70cm)	1	40
F08	수직추락 (수직, 70cm)	X	X
F09	수직추락 도중 충격발생 (전방, 70cm)	10	-20
F10	수직추락 도중 충격발생 (후방, 70cm)	5	-140
F11	수직추락 도중 충격발생 (측방, 70cm)	16	80
F12	수직추락 도중 충격발생 (수직, 70cm)	10	-720
F13	역진자운동추락 (전방, 50cm)	X	X
F14	역진자운동추락 (후방, 50cm)	12	180
F15	역진자운동추락 (측방, 50cm)	2	20
F16	역진자운동추락 (전방, 70cm)	2	20
F17	역진자운동추락 (후방, 70cm)	2	0
F18	역진자운동추락 (측방, 70cm)	2	20
F19	역진자운동추락 도중 충격발생 (전방, 70cm)	10	40
F20	역진자운동추락 도중 충격발생 (후방, 70cm)	12	100
F21	역진자운동추락 도중 충격발생 (측방, 70cm)	2	100
F22_1	구르면서 회전추락	X	X
F22_2		10	540

- **결과분석**

- **추락으로 검출되려면 70cm 이상은 추락해야됨**

- > 70cm는 센서높이 기준으로 추락이 검출되기 위한 최소한의 거리이며,
충분한 리드타임을 가지고 추락을 검출하려면 더 높이가 높아야되며,
실제 추락상황은 2m 이상의 센서높이를 상정하므로, 리드타임이 충분할 것으로
예상됨

- **50cm 높이 역진자운동추락도 검출됨**

- > 더미의 허리에 센서를 부착하고 실험했을 때는, 추락높이와 센서높이가 같았지만,
C3는 센서위치가 더 높으며, 사실상 약 70cm에서 추락한 상황이므로 정상검출됨
- > C-Light에서는 모두 mode 10으로 검출되었지만, C3에서는 F14, F15가 각각 mode
12와 mode 2로 검출되었고, F13은 미검출됨
- > F13이 미검출된 이유는 전방 추락이 좀 더 많은 추락 카운트가 필요하며, C3의
무게 때문에 2차 충격이 발생되지 않았기 때문으로 보임

- **추락 도중 충격을 받는 상황도 모두 검출됨**

- > 새로운 알고리즘들이 추가됨에 따라 추락도중 충격을 받는 상황들도 모두 검출됨
- > 추락 중 발생하는 충격은 온전히 컨트롤하기 어려운 요소이며, 이에 따라 검출
유형도 다음과 같이 다양하게 나타남
 - └ mode 5: 장애물 또는 지면에 충돌되며 발생하는 회전으로 추락 감지
 - └ mode 10: 장애물에 1차 충돌 이후, 지면에 2차 충돌로, 충격을 2회 감지하며,
추락으로 감지
 - └ mode 16: 장애물과 충돌로 큰 충격이 발생되며 추락으로 감지
- > 70cm 높이 역진자운동 중 충격을 받는 상황에서 F20과 F21은 앞선 실험과 유사
하게 mode 12와 mode 2로 검출되었으며, 이는 실제 센서 추락 높이가 90cm로
충분하여, 충격 이전에 검출되었기 때문임

- **50cm 높이에서 발생하는 추락도 충격으로 인하여 후검출됨**

- > 신체가 수직으로 서있는 상황에서는 검출 안 되는 점과 더미가 지면에 튕기면서
2차 충격을 받으면서 검출되는 점으로 봤을 때, 오검출 발생 영향은 적다고 판단

- **수직추락을 검출하기 위해서는 90cm보다 더 높은 높이 필요**

- > 70cm 수직 추락은 센서 높이 상으로는 90cm의 추락높이를 지니며, 추락 카운트
가 15까지 나옴
- > 의도적으로 뛰어내린 자세로 판단하여, 추락 카운트가 19가 되어야 검출되기 때문
- > 수직으로 추락하는 상황을 검출하기 위해서는 1m 이상이 필요할 것으로 보임

- **탐차에서 구르며 추락하는 동작은 하나는 검출 안 되고, 하나는 검출됨**

- > 검출된 데이터는 1차로 넘어질 때 충격으로 mode 10으로 검출된 뒤, 이어지는
구르는 동작으로 mode 5로 연이어 검출되었음

- > 검출이 안된 케이스는 ASVM가 60이하로 떨어지기 시작할 시점에 rASVM이 80 이상으로 증가하면서, Fall count 자체가 안 잡혀서 그 뒤에 이어지는 mode 5 또는 mode 10 로직 또한 돌지 않은 것으로 보임
- > Fall count가 나오지 않는 상황은 토르소 더미를 사용하여 실험하는 환경으로 인해 발생된 것으로, 실제 상황에서는 발생되지 않을 문제로 보임

