

# 누리로봇 제어 프로토콜 매뉴얼

# 누리로봇 제어 프로토콜 매뉴얼

문서 버전: V1.1

작성자: 도찬구

배포일: 2025-11-14

적용 대상: 누리로봇 RS485 기반 제어기 / 액추에이터 전 제품군

| 버전   | 작성일        | 작성자 | 변경 내용      |
|------|------------|-----|------------|
| V1.0 | 2025-11-12 | 도찬구 | 최초 작성      |
| V1.1 | 2025-11-14 | 도찬구 | 모호한 내용 명확화 |

## 1. 문서 개요(Document Overview)

### 1.1 목적

RS485 기반 누리로봇 제품 제어를 위한 통신 프로토콜을 명확히 이해하고 적용할 수 있도록 구조, 명령 체계, 피드백 구조를 정의한다.

### 1.2 적용 범위

본 문서는 아래 제품에 공통적으로 적용된다.

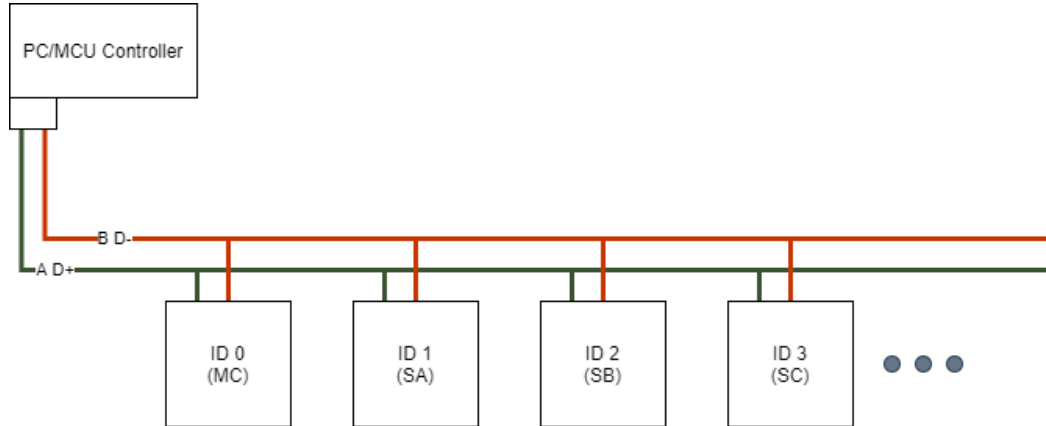
- BLDC 모터 컨트롤러(RS485 통신)
    - BCA3508
    - BCA3516
    - BCA3516E
    - BCA5008
    - BCA5016
    - BCA5016E
  - DC 모터 컨트롤러(RS485 통신)
    - DCA3508
    - DCA5008
  - 스마트모터(RS485 통신)
    - SA 모터군
      - SA59
      - SA70
      - SA84
      - SA112
    - SB 모터군
      - SB60
    - SC 모터군
      - SC70(SM70)
-

## 2.1 통신 개요

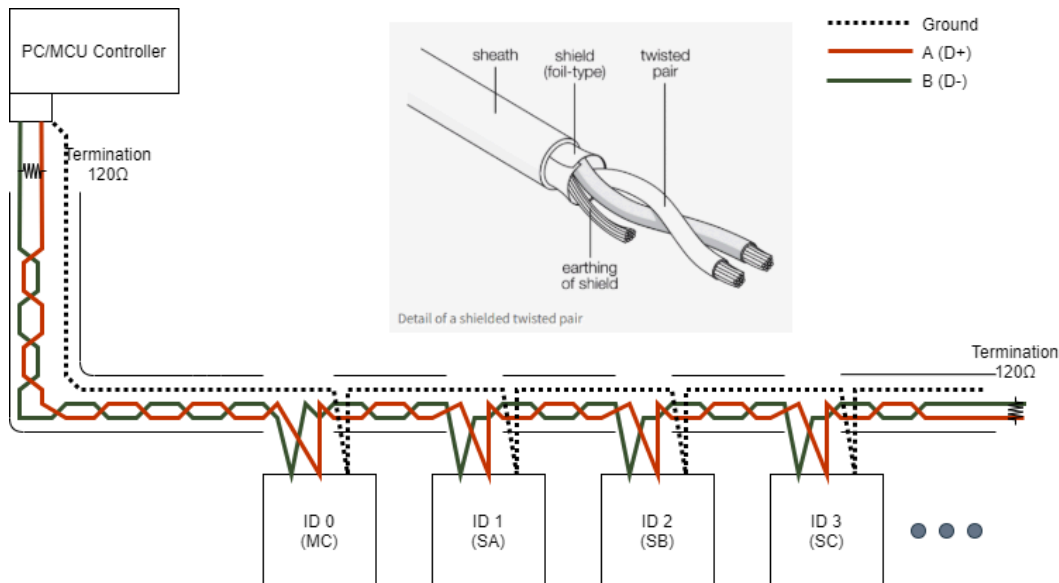
- RS485 Half-Duplex
- Data bit: 8bit / Stop bit: 1bit / Parity: None
- Baudrate: 1,200 ~ 1,000,000bps (출고 기본값: 9600bps)
- 통신 구조: 1:N Master-Slave

## 2.2 네트워크 구성 예시

### 구성 예시



### 구성 권장

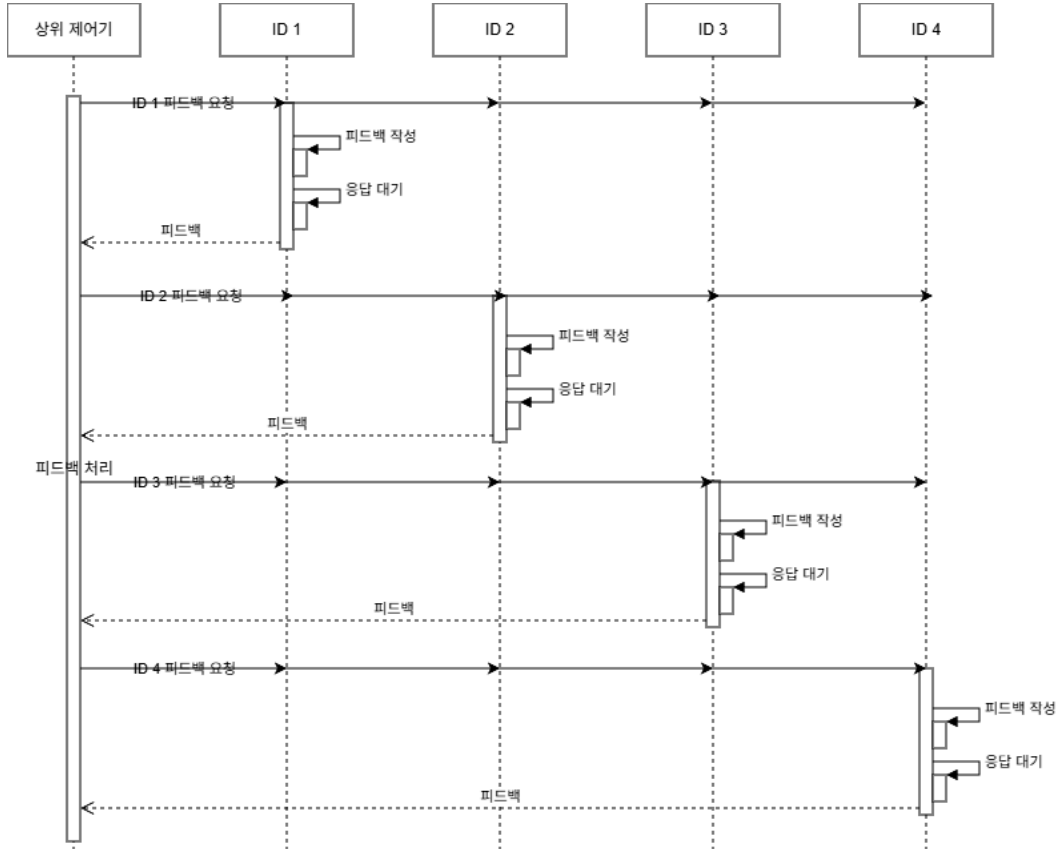


- Daisy-chain 방식 권장
- 종단저항 반드시 양 끝단 120Ω 적용
- Shielded Cable 권장
- 모든 모듈의 GND 공통 연결

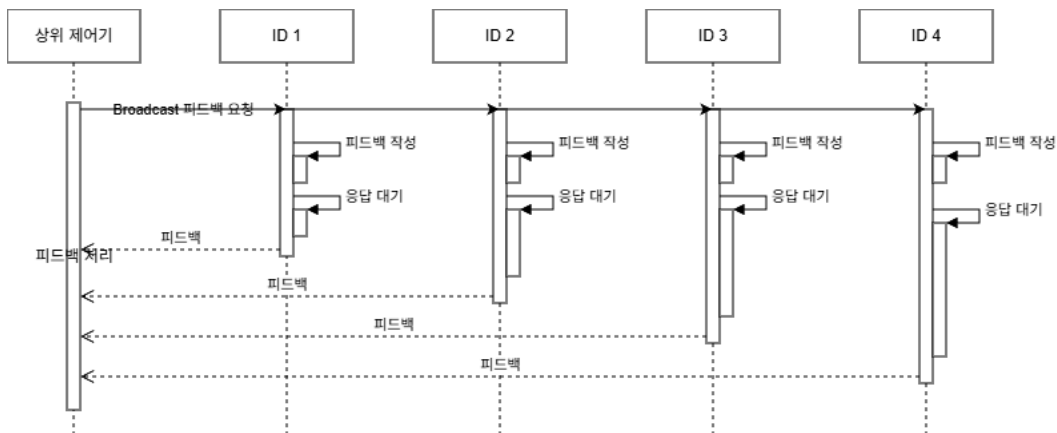
※ 제품(모터제어기, 스마트모터) 구성 상 전원부와 통신부가 2개씩으로 구성되어 있으나 두개 모두 사용하는 것을 권장하지 않음.

- ID 0xFF는 Broadcast 전용
- Broadcast 사용 시 피드백 요청 금지
- 단, 응답시간 차등 설정 시 동시 Broadcast 피드백 가능
  - 예) 통신속도가 115200bps 일 때, ID 1번 응답시간(us) 1(100us) 설정, ID 2번 응답시간(us) 21 (2100us = 2.1ms), ID 3번 응답시간(us) 42 (4200us = 4.2ms), ID 4번 응답시간 63(6300us = 6.3ms)으로 설정할 경우 위치피드백이나 속도피드백을 Broadcast 방식으로 1회 호출하여, 4대의 장비의 피드백 수신이 가능하다.

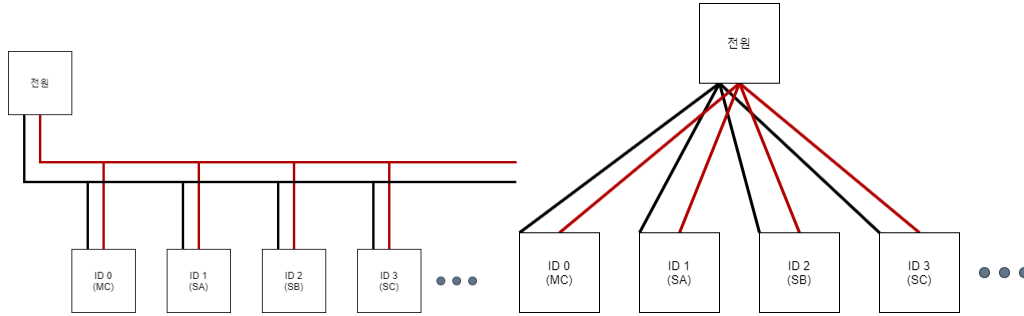
### 일반적인 다중 피드백



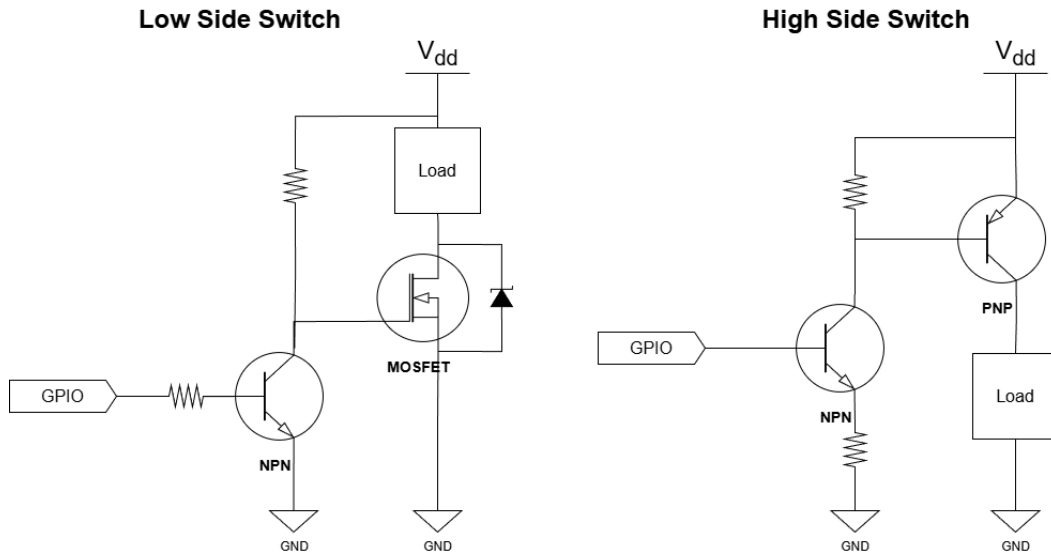
### Broadcast 피드백



- 연결방식
  - 병렬
  - 버스형



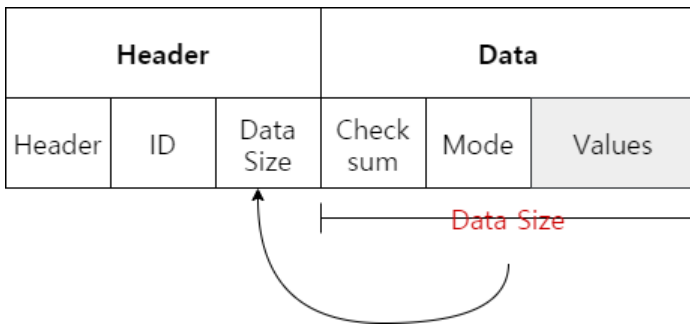
- 반드시 모든 노드의 전원 GND를 공통으로 연결
- 전원 제어를 **LowSide Switch** 제어를 할 경우 **통신선·신호선을 통해 역전류 유입** 통신 IC 손상.
- 전원 제어는 HighSide Switch 제어로 구성하여야 한다.



- Low Side Switch는 모든 그라운드 공유된 제품이 동시에 전원이 꺼질 경우, 외부의 별도 전원을 쓰는 장치와 연결이 되지 않을 경우에만 안전하다.
  - Low Side Switch가 비용적 이득이 있음.
    - Low Side Switch를 릴레이 스위치 제어용으로 사용하고 릴레이 스위치를 전원 제어로 사용하면 전류 이슈 등에서 자유로울 수 있다.

### 3. 데이터 프레임 구조 (Packet Structure)

| 필드명       | 크기(Byte) | Index | 설명                                                      |
|-----------|----------|-------|---------------------------------------------------------|
| Header    | 2        | [0-1] | Header (0xFFFFE)                                        |
| ID        | 1        | [2]   | ID (0x00~0xFE, 0xFF=Broadcast)                          |
| Data Size | 1        | [3]   | Data Size (N)                                           |
| Check Sum | 1        | [4]   | Checksum = $\sim((ID + Size + Mode + Data...) \& 0xFF)$ |
| Mode      | 1        | [5]   | 명령 구분 코드                                                |
| Values    | n        | [6..] | 명령에 따른 데이터 영역                                           |



### 3.1 Checksum 계산식

```
Checksum = ~(((ID + DataSize + Mode + Data...)) & 0xFF)
```

### 3.2 송수신 예시

```
TX : 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0x5C 0xA1
RX : 0xFF 0xFE 0x00 0x08 0x26 0xD1 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00
```

## 4.1 명령 분류

| 구분    | Mode 범위         | 설명                       |
|-------|-----------------|--------------------------|
| 제어 명령 | 0x01~0x03       | 위치, 속도, 가감속 제어           |
| 설정 명령 | 0x04~0x0F       | 제어기 설정, 통신 설정, ID, 감속비 등 |
| 특수 명령 | 0x10~0x11       | 공장 초기화, Open-loop 제어     |
| 요청 명령 | 0xA0~0xAA, 0xCD | 피드백 요청                   |
| 응답 명령 | 0xD0~0xFD       | 장치 피드백 및 상태 보고           |

### PC(MCU) → 컨트롤러

| 구분 | Mode(hex) | BCA, DCA     | SA, SB, SC   | SM(구형 SC)   |
|----|-----------|--------------|--------------|-------------|
| 1  | 0x01      | 위치, 속도 제어    | 위치, 속도 제어    | --          |
| 2  | 0x02      | 가감속 위치 제어    | 가감속 위치 제어    | --          |
| 3  | 0x03      | 가감속 속도 제어    | 가감속 속도 제어    | 가감속 속도 제어   |
| 4  | 0x04      | 위치제어기 설정     | 위치제어기 설정     | --          |
| 5  | 0x05      | 속도제어기 설정     | 속도제어기 설정     | 속도제어기 설정    |
| 6  | 0x06      | ID 설정        | ID 설정        | 외부 감속비 설정   |
| 7  | 0x07      | 통신속도 설정      | 통신속도 설정      | 제어 On/Off설정 |
| 8  | 0x08      | 통신 응답시간 설정   | 통신 응답시간 설정   | 위치 초기화      |
| 9  | 0x09      | 모터 정격속도 설정   | 외부 감속비 설정    | 공장 초기화      |
| 10 | 0x0A      | 분해능 설정       | 제어 On/Off설정  | --          |
| 11 | 0x0B      | 감속비 설정       | 위치제어 모드 설정   | --          |
| 12 | 0x0C      | 제어 On/Off 설정 | 위치초기화        | --          |
| 13 | 0x0D      | 위치제어 모드 설정   | 공장 초기화       | --          |
| 14 | 0x0E      | 제어방향 설정      | --           | --          |
| 15 | 0x0F      | 위치 초기화       | --           | --          |
| 16 | 0x10      | 공장 초기화       | --           | --          |
| 17 | 0x11      | Open-Loop 구동 | Open-Loop 구동 | --          |

| 구분 | Mode(hex) | BCA, DCA       | SA, SB, SC     | SM(구형 SC)     |
|----|-----------|----------------|----------------|---------------|
| 18 | 0xA0      | Ping 요청        | Ping 요청        | Ping 요청       |
| 19 | 0xA1      | 위치 피드백 요청      | 위치 피드백 요청      | 속도 피드백 요청     |
| 20 | 0xA2      | 속도 피드백 요청      | 속도 피드백 요청      | 속도제어기 피드백     |
| 21 | 0xA3      | 위치제어기 피드백 요청   | 위치제어기 피드백 요청   | 통신 응답시간 피드백   |
| 22 | 0xA4      | 속도제어기 피드백 요청   | 속도제어기 피드백 요청   | 외부 감속비 피드백    |
| 23 | 0xA5      | 통신 응답시간 피드백 요청 | 통신 응답시간 피드백 요청 | 제어 On/Off 피드백 |
| 24 | 0xA6      | 모터 정격속도 피드백    | 외부 감속비 피드백     | 펌웨어 버전 피드백    |
| 25 | 0xA7      | 분해능 피드백        | 제어 On/Off 피드백  | --            |
| 26 | 0xA8      | 감속비 피드백        | 위치제어 모드 피드백    | --            |
| 27 | 0xA9      | 제어 On/Off 피드백  | --             | --            |
| 28 | 0xAA      | 위치제어 모드 피드백    | --             | --            |
| 29 | 0xAB      | 제어방향 피드백       | --             | --            |
| 30 | 0xCD      | 펌웨어 버전         | 펌웨어 버전         | 펌웨어 버전        |

### 컨트롤러 → PC(MCU)

| 구분 | Mode(hex) | BCA, DCA         | SA, SB, SC       | SM(구형 SC)        |
|----|-----------|------------------|------------------|------------------|
| 31 | 0xD0      | Ping 응답          | Ping 응답          | Ping 응답          |
| 32 | 0xD1      | 위치 피드백 응답        | 위치 피드백 응답        | 속도 피드백 응답        |
| 33 | 0xD2      | 속도 피드백 응답        | 속도 피드백 응답        | 속도제어기 피드백 응답     |
| 34 | 0xD3      | 위치제어기 피드백 응답     | 위치제어기 피드백 응답     | 통신 응답시간 피드백 응답   |
| 35 | 0xD4      | 속도제어기 피드백 응답     | 속도제어기 피드백 응답     | 외부 감속비 피드백 응답    |
| 36 | 0xD5      | 통신 응답시간 피드백 응답   | 통신 응답시간 피드백 응답   | 제어 On/Off 피드백 응답 |
| 37 | 0xD6      | 모터 정격속도 피드백 응답   | 외부 감속비 피드백 응답    | 펌웨어 버전 피드백 응답    |
| 38 | 0xD7      | 분해능 피드백 응답       | 제어 On/Off 피드백 응답 | --               |
| 39 | 0xD8      | 감속비 피드백 응답       | 위치제어 모드 피드백 응답   | --               |
| 40 | 0xD9      | 제어 On/Off 피드백 응답 | --               | --               |
| 41 | 0xDA      | 위치제어 모드 피드백 응답   | --               | --               |
| 42 | 0xDB      | 제어방향 피드백 응답      | --               | --               |
| 43 | 0xFD      | 펌웨어 버전 응답        | 펌웨어 버전 응답        | 펌웨어 버전 응답        |

※ 설정 명령은 기기별로 모드 구분자가 다르다.

※ BCA와 DCA는 동일하지만, SA, SB, SC는 설정 명령이 다름.

## 4.2 제품별 지원 명령 요약

| 제품         | 지원 범위           | 특이 사항                                  |
|------------|-----------------|----------------------------------------|
| BCA, DCA   | 0x01~0x11       | 분해능, 감속비, 제어방향 포함, Open-loop PWM 제어 포함 |
| SA, SB, SC | 0x01~0x0D, 0x11 | Open-loop PWM 제어 포함                    |

※ 펌웨어 버전에 따라 일부 지원되지 않는 기능이 존재한다.

## 5. 제어 명령 (Control Commands)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                              |                                          |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                                | 속도<br>[2byte]                            |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x07               | 부록 참고                | 0x01<br>(위치, 속도제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1RPM] |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                              |                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                                | 위치 도달 시간<br>[1byte]             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x02<br>(가감속 위치제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x01 ~ 0xFF<br>(1 ~ 255) [0.1s] |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                              |                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                                | 위치 도달 시간<br>[1byte]             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x02<br>(가감속 위치제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x01 ~ 0xFF<br>(1 ~ 255) [0.1s] |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                        |                         |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]        | 구동방향<br>[1byte]         | PWM 듀티비<br>[2byte]                     |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x05               | 부록 참고                | 0x11<br>(Open-Loop 구동) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0x2710<br>(0 ~ 10000) [0.01%] |

| Mode | 명령명          | 데이터 구조         | 단위                  | 설명               |
|------|--------------|----------------|---------------------|------------------|
| 0x01 | 위치·속도제어      | [방향, 위치, 속도]   | deg(0.01), RPM(0.1) | 위치 및 속도를 동시에 지정  |
| 0x02 | 가감속 위치제어     | [방향, 위치, 도달시간] | sec(0.1)            | 도달 시간 기반 위치 이동   |
| 0x03 | 가감속 속도제어     | [방향, 속도, 도달시간] | sec(0.1)            | 도달 시간 기반 속도 변경   |
| 0x11 | Open-loop 구동 | [방향, 듀티비]      | 0.01%               | PWM 방식의 개방 루프 제어 |



방향: 1 bytes, 위치: 2 bytes, 속도: 2 bytes, 듀티비: 2 bytes

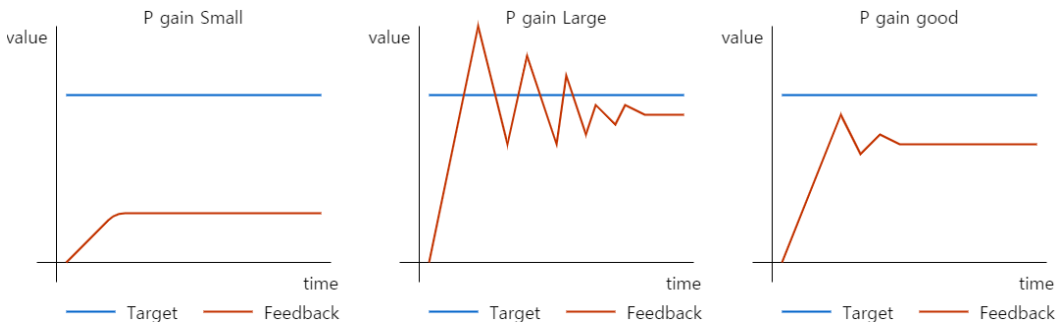
## 5.1 PID 게인 튜닝

- PID 게인 튜닝은 목표 도달 방식에 따라 결정되어야 한다.
- 한번에 목표에 도달하는 것이 목적일 경우 PID 순으로 튜닝하는 것이 유리하다.
  - 위치 제어
- 목표에 빠르게 도달하는 것이 목적일 경우 PDI 순으로 튜닝하는 것이 유리하다.
  - 속도 제어
- $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ : 1byte 정규화 값(0~255)
- 실제 제어식은 제품 내부 알고리즘에 의해 스케일링됨
- PID 튜닝 그래프는 개념 참고용이며 절대 scale은 아님

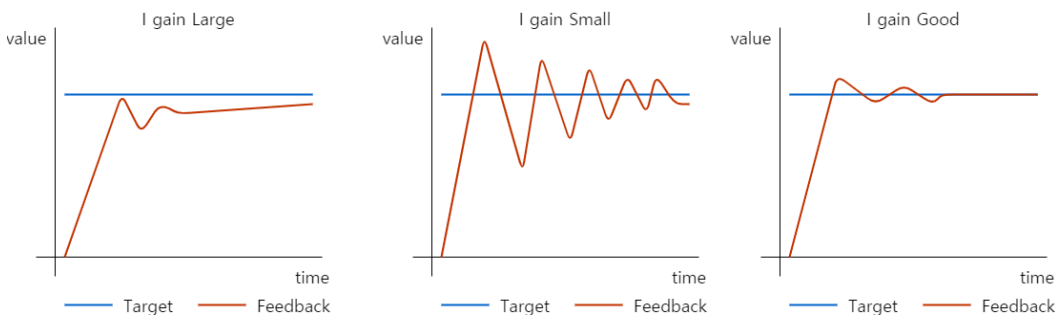
### 5.1.1 PID 순차 튜닝

- 목표에 부드럽게 도달할 수 있다.

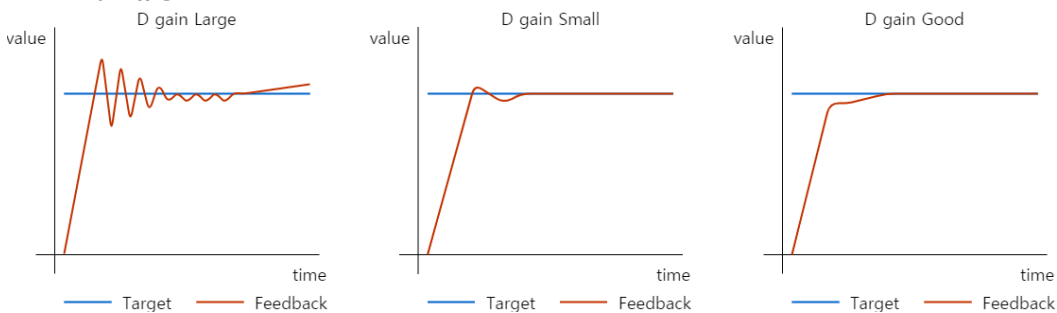
#### P 게인 튜닝



#### P+I 게인 튜닝

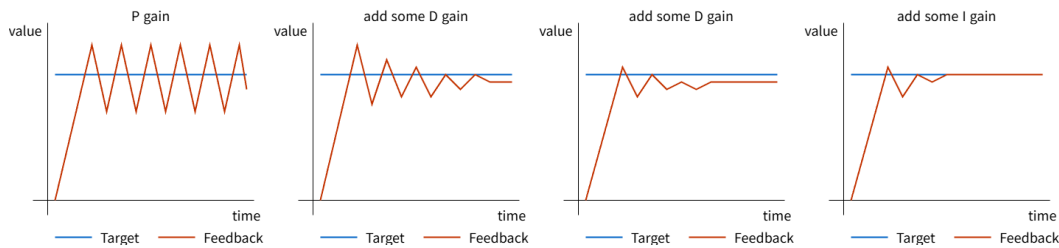


#### P+I+D 게인 튜닝



### 5.1.2 PDI 순차 튜닝

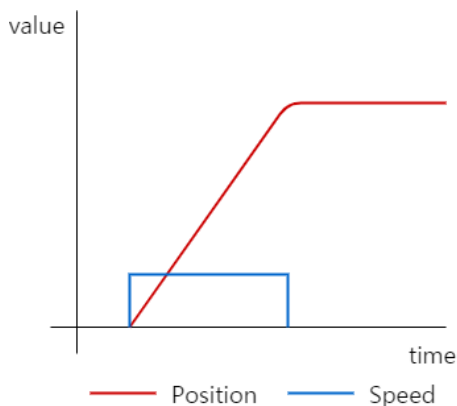
- P 게인이 크면 목표 도달 시간이 짧다.



## 5.2 위치 제어

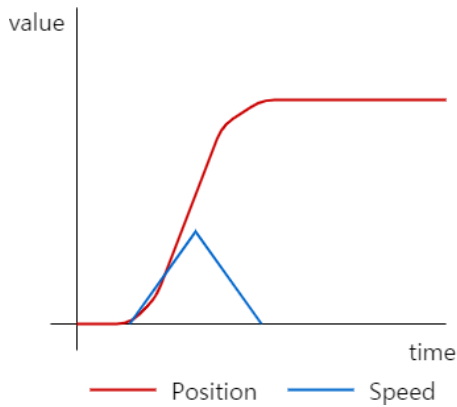
- 위치 제어는 절대 위치제어와 상대 위치제어로 구분된다.
  - 절대 위치제어
    - 0~65533까지 제어가 가능(0도 ~ 655.33 도)
    - 기준점(0도)을 기준으로 목표 위치로 이동
    - 예: 목표값 100도 → 항상 절대 100도 위치로 이동
    - 허용 범위보다 크게 이동하기 위해서는 감속비를 설정하여서 우회할 수 있다.
  - 상대 위치제어
    - 현재 위치를 기준으로 지정한 크기만큼 이동
    - 예: 현재 300도에서 +80도 이동이면 최종 위치 = 380도 → 360도 Overflow → 20도 위치
  - 위치제어 모드는 위치제어 모드 설정을 통해서 변경된다.
- 위치 제어는 위치 이동 후 지정 위치를 유지하기 위해서 계속 제어 동작을 한다.
  - 외력에 의해서 위치가 이동될 경우 지정 위치로 이동한다.
- 위치 제어는 위치제어기 설정을 통해서 PID 게인을 설정한다.
  - PID는 개별 혹은 조합하여 사용이 가능하다.
  - 위치제어 PID 게인 튜닝은 기구적인 외부 요인의 영향을 받으므로 항상 성능 좋은 게인 값을 찾기는 어렵다.

### 5.2.1 위치 속도 제어



- 현재 위치에서 목표 위치까지 지정한 속도로 이동한다.
- 방향은 0점으로 부터의 회전 방향이다.
  - 절대 위치제어
    - 고정된 0점을 기준으로 방향(CW/CCW)으로 위치값으로 이동한다.
  - 상대 위치제어
    - 현재 위치에서 지정한 방향(CW/CCW)으로 위치값만큼 이동한다.

### 5.2.2 가감속 위치제어

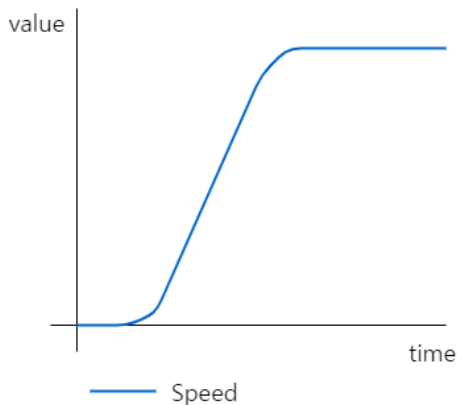


- 현재 위치에서 목표 위치까지 지정된 시간동안 이동한다.
  - 지정된 시간동안 속도는 리니어하게 가속과 감속한다.
  - 도달 시간을 2초로 설정하면, 가속 1초, 감속 1초로 동작한다.

## 5.3 속도 제어

- **속도 제어**는 지정한 속도로 회전하도록 하는 명령이다.
- 누리로봇의 제어기는 가감속 속도 제어(accelerated speed control)만 제공한다.
- **가감속 속도제어**는 모터가 목표 속도에 부드럽게 도달하도록 가속과 감속을 자동으로 제어하는 기능이다.

### 5.3.1 가감속 속도제어기



- 지정된 속도로 지정된 시간 동안 가속한다.
- 현재 속도가 지정된 속도보다 크면 지정된 시간동안 감속한다.

## 5.4 Open-loop 구동

- Closed-Loop의 다른 제어 방식과 달리 Open-Loop 구동은 피드백을 통한 보정이 되지 않는다.
  - 위치 유지 불가
- 지정된 PWM 듀티 출력을 유지한다.
  - 부하 증가 시 Stall 위험
  - 과전류 발생 가능
- 피드백에 의한 보정이 없기 때문에 상태 유지를 위한 동작이 없다.
- 각 모터별 동작하기 위한 최소 입력 전압이 다르다.
  - 같은 듀티라도 모터별로 동작 유무가 다를 수 있다.

## 6. 설정 명령 (Configuration Commands)

| 구분 | Mode(hex) | BCA, DCA | SA, SB, SC | SM(구형 SC) |
|----|-----------|----------|------------|-----------|
| 4  | 0x04      | 위치제어기 설정 | 위치제어기 설정   | --        |
| 5  | 0x05      | 속도제어기 설정 | 속도제어기 설정   | 속도제어기 설정  |

| 구분 | Mode(hex) | BCA, DCA     | SA, SB, SC  | SM(구형 SC)   |
|----|-----------|--------------|-------------|-------------|
| 6  | 0x06      | ID 설정        | ID 설정       | 외부 감속비 설정   |
| 7  | 0x07      | 통신속도 설정      | 통신속도 설정     | 제어 On/Off설정 |
| 8  | 0x08      | 통신 응답시간 설정   | 통신 응답시간 설정  | 위치 초기화      |
| 9  | 0x09      | 모터 정격속도 설정   | 외부 감속비 설정   | 공장 초기화      |
| 10 | 0x0A      | 분해능 설정       | 제어 On/Off설정 | --          |
| 11 | 0x0B      | 감속비 설정       | 위치제어 모드 설정  | --          |
| 12 | 0x0C      | 제어 On/Off 설정 | 위치초기화       | --          |
| 13 | 0x0D      | 위치제어 모드 설정   | 공장 초기화      | --          |
| 14 | 0x0E      | 제어방향 설정      | --          | --          |
| 15 | 0x0F      | 위치 초기화       | --          | --          |
| 16 | 0x10      | 공장 초기화       | --          | --          |

| 명령명                     | 데이터 구조           | 기본값             | 비고           |
|-------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| 위치제어기 설정                | [Kp, Ki, Kd, 전류] | 제품별 상이          | 내부 제어기 게인 설정 |
| 속도제어기 설정                | [Kp, Ki, Kd, 전류] | 제품별 상이          | —            |
| ID 설정                   | [New ID]         | 0x00            | 중복 금지        |
| 통신속도 설정                 | [Baudrate 코드]    | 0x06 (9,600bps) | 부록 참고        |
| 통신 응답시간 설정              | [시간 코드]          | 0x01            | 100μs 단위     |
| 감속비 / 외부 감속비 설정         | [ratio(2B)]      | 10:1            | 제품별 차이       |
| 제어 On/Off, 위치제어 모드, 초기화 | [1B]             | 0x00(On)        | —            |
| 공장 초기화                  | —                | —               | 모든 설정 초기화    |

## 6.1 설정 명령 공통 유의사항

| 항목                | 설명                                                                             |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 설정 명령 처리 시간       | 내부 EEPROM에 기록되므로 약 <b>50~300ms 지연</b> 이 발생한다.<br>연속 명령 전송 시 최소 300ms 이상 간격 필요. |
| 피드백 확인 필요         | 설정 후 반드시 <b>피드백 요청</b> 으로 변경값을 검증해야 한다.                                        |
| 전원/통신 안정 상태에서만 수행 | 설정 도중 통신 끊김 또는 전원 차단 시 데이터 손상(EERPOM Error) 가능성이 있음.                           |
| 제어 중 설정 변경 금지     | 제어 루프가 활성화된 상태에서 제어기, 분해능, 감속비 등의 설정을 바꾸면 오작동 또는 과전류가 발생할 수 있다.                |

## 6.2 설정 명령 설명

| Header<br>[2byte]    | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte]  | Data                |                     |                                           |                                           |                                           |                                                  |
|----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]          | 위치제어기 Kp<br>[1byte] | 위치제어기 Ki<br>[1byte] | 위치제어기 Kd<br>[1byte] | 위치제어 정격전류<br>[1byte]                      |                                           |                                           |                                                  |
| 0xFFFE               | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06                | 부록 참고               | (위치제어기 설정)          | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>(초기값: 정격전류) |

| Header<br>[2byte]    | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte]  | Data                |                     |                                           |                                           |                                           |                                                  |
|----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]          | 속도제어기 Kp<br>[1byte] | 속도제어기 Ki<br>[1byte] | 속도제어기 Kd<br>[1byte] | 속도제어 정격전류<br>[1byte]                      |                                           |                                           |                                                  |
| 0xFFFE               | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06                | 부록 참고               | (속도제어기 설정)          | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>(초기값: 정격전류) |

| Header<br>[2byte]    | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data  |         |                                         |
|----------------------|--------------------------|--------------------|-------|---------|-----------------------------------------|
| Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]          | ID<br>[1byte]      |       |         |                                         |
| 0xFFFE               | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고 | (ID 설정) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 0x00) |

| Header<br>[2byte]    | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data  |           |                                                |
|----------------------|--------------------------|--------------------|-------|-----------|------------------------------------------------|
| Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]          | 통신속도<br>[1byte]    |       |           |                                                |
| 0xFFFE               | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고 | (통신속도 설정) | 0x00 ~ 0x11<br>(0 ~ 17) [부록 참고]<br>(초기값: 0x06) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 통신 응답시간<br>[1byte]                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | (통신 응답시간 설정)    | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100us]<br>(초기값: 0x01) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                                       |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 모터 정격속도<br>[2byte]                                    |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | (모터 정격속도 설정)    | 0x0001 ~ 0xFFFD<br>(1 ~ 65533) [RPM]<br>(초기값: 0x0888) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                                                            |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 분해능<br>[2byte]                                                             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | (분해능 설정)        | 0x0001 ~ 0xFFFD<br>(1 ~ 65533)<br>[Encoder pulse or pole]<br>(초기값: 0x0004) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                                            |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 감속비<br>[2byte]                                             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | (감속비 설정)        | 0x0001 ~ 0xFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1ratio]<br>(초기값: 0x000A) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 제어 On/Off<br>[1byte]                   |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | (제어 On/Off 설정)  | 0x00 (On)<br>0x01 (Off)<br>(초기값: 0x00) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 절대/상태 위치제어<br>[1byte]                           |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | (위치제어 모드 설정)    | 0x00 (절대 위치제어)<br>0x01 (상태 위치제어)<br>(초기값: 0x00) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                              |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | 제어 방향<br>[1byte]                             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | (제어 방향 설정)      | 0x00 (CCW 방향)<br>0x01 (CW 방향)<br>(초기값: 0x00) |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x02               | 부록 참고                | (위치 초기화)        |

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x02               | 부록 참고                | (공정 초기화)        |

## 6.2.1 위치제어기 설정

- 기능설명
  - 위치 제어기의 PID 게인(Kp, Ki, Kd) 및 정격전류(Max Current)를 설정한다.
  - 제어기의 응답성, 위치 정밀도, 오버슈트 등에 직접적인 영향을 미친다.
- 유의사항
  - 잘못된 게인 설정 시 진동 및 발진 발생 가능
  - 전류 값은 모터 정격전류 이하로 설정
    - 정격전류 이상 설정 시 발열 또는 과전류 보호 작동
  - 설정 후 반드시 피드백으로 값 확인 필요

## 6.2.2 속도제어기 설정

- 기능설명
  - 속도 제어기의 PID 게인과 속도 제어용 정격전류를 설정한다.
  - 모터의 회전 속도 안정성 및 응답 특성을 조정할 때 사용된다.
- 유의사항
  - 잘못된 게인 설정 시 진동 및 발진 발생 가능
  - 전류 값은 모터 정격전류 이하로 설정
    - 정격전류 이상 설정 시 발열 또는 과전류 보호 작동
  - 설정 후 반드시 피드백으로 값 확인 필요

## 6.2.3 ID 설정

- 기능설명
  - 모듈의 고유 ID를 변경한다.
  - 각 RS485 네트워크에서 장치를 구분하는 식별 번호로 사용된다.
- 유의사항
  - ID는 0x00~0xFE 범위 내에서 중복 금지

- Broadcast ID(0xFF)는 제어용이 아닌 공통 명령용
  - Broadcast로 명령 전달 시 동일 ID로 설정된다.
  - 시스템에서 예외처리하지 않는다.

#### 6.2.4 통신속도 설정

- 기능설명
  - 통신 Baudrate를 설정한다.
- 유의사항
  - 제어기와 슬레이브의 Baudrate 반드시 일치해야 함
  - 설정 직후 재통신 시도 필요
  - 잘못된 설정 시 통신 불가 상태 발생 가능

#### 6.2.5 통신 응답시간 설정

- 기능설명
  - 피드백 응답 지연시간(100 $\mu$ s 단위)을 설정한다.
  - 여러 모듈이 동시에 응답하는 환경에서 충돌을 방지하기 위한 지연을 부여한다.
- 유의사항
  - 응답시간이 짧으면 다중모듈 환경에서 충돌 가능
  - 응답시간이 너무 길면 통신 지연 발생
  - ID별로 적절한 간격 설정 필요
    - [누리로봇 제어 프로토콜 매뉴얼](#) 참고

#### 6.2.6 모터 정격속도 설정

- 기능설명
  - 모터의 정격속도(Rated Speed, 단위: RPM)를 설정한다.
  - 내부 제어기의 기준 속도 한계를 지정한다.
- 유의사항
  - 실제 모터 사양에 맞게 설정 필요
  - 과도한 정격속도 설정 시 보호 동작 또는 손상 위험
  - 변경 후 속도 피드백으로 확인 권장

#### 6.2.7 분해능 설정

- 기능설명
  - 엔코더 또는 홀센서의 분해능(해상도)을 설정한다.
    - Encoder 지원 제품은 엔코더 펄스를 입력한다.(PPR)
      - CPR(Counts per Revolution)과 PPR(Pulses per Revolution) 차이를 구분하라.
        - CPR : CPR / 4 입력
        - PPR: PPR 입력
    - 기본 제품은 홀센서 극수를 입력한다.(Number of Poles)
      - Poles과 Pole Pair 구분하라.
        - Pole : 그대로 입력
        - Pole Pair : Pole Pair  $\times$  2
- 유의사항
  - 제 하드웨어 사양과 일치해야 정확한 제어 가능
  - 잘못된 설정 시 위치 제어 오차 또는 속도 이상 발생
  - 모터 모델 변경 시 반드시 재설정

#### 6.2.8 감속비 설정

- 기능설명
  - 내부 또는 외부 감속기(Gear Ratio)를 설정한다.
  - 모터 회전량과 출력축의 각도/속도를 변환하는 비율을 지정한다.

- 유의사항
  - 감속비 계산식: 출력속도 = 모터속도 ÷ 감속비
  - 실제 감속비와 다르면 위치 오차 누적 발생
  - 외부감속비 설정은 RSA, SA 제품에서 주로 사용

### 6.2.9 제어 On/Off 설정

- 기능설명
  - 모터 드라이버의 제어 상태를 켜거나 끈다. (0x00=On, 0x01=Off)
- 유의사항
  - 제어 Off 시 PWM 출력 및 제어 루프 정지
  - On 상태에서 제어기 파라미터 변경 금지

### 6.2.10 위치제어 모드 설정

- 기능설명
  - 절대 위치제어(0x00) 또는 상대 위치제어(0x01) 모드를 선택한다.
- 유의사항
  - 절대모드: 지정된 절대 좌표로 이동
  - 상대모드: 현재 위치를 기준으로 이동
  - 잘못 설정 시 위치 이동 방향 오류 발생 가능

### 6.2.11 제어방향 설정

- 기능설명
  - 모터의 회전 방향 기준을 설정한다.
- 유의사항
  - 실제 배선 방향과 불일치 시 동작 반대 발생
  - 초기 구동 시 반드시 확인 필요
  - 잘못된 방향 설정은 모터 발산의 원인

### 6.2.12 위치 초기화

- 기능설명
  - 현재 위치를 0도로 초기화한다.
  - 홈 포지션 지정 시 사용된다.
- 유의사항
  - 제어 Off 상태에서 수행 권장
  - 초기화 후 피드백 기준점 변경
  - 홈센서 등 외부 기준 신호와 병행 시 주의 필요

### 6.2.13 공장 초기화

- 기능설명
  - 모든 설정값을 출하 초기값으로 복원한다.
  - EEPROM에 저장된 설정이 모두 재설정된다.
- 유의사항
  - **모든 사용자 설정값 삭제됨**
  - 실행 전 반드시 백업 필요 (캡쳐 등)
  - Broadcast(0xFF) ID로 전송 시 모든 모듈 초기화됨
  - 실행 후 재부팅 필수

## 7. 피드백 응답 (Feedback Response)

| 구분 | Mode(hex) | BCA, DCA         | SA, SB, SC       | SM(구형 SC)        |
|----|-----------|------------------|------------------|------------------|
| 31 | 0xD0      | Ping 응답          | Ping 응답          | Ping 응답          |
| 32 | 0xD1      | 위치 피드백 응답        | 위치 피드백 응답        | 속도 피드백 응답        |
| 33 | 0xD2      | 속도 피드백 응답        | 속도 피드백 응답        | 속도제어기 피드백 응답     |
| 34 | 0xD3      | 위치제어기 피드백 응답     | 위치제어기 피드백 응답     | 통신 응답시간 피드백 응답   |
| 35 | 0xD4      | 속도제어기 피드백 응답     | 속도제어기 피드백 응답     | 외부 감속비 피드백 응답    |
| 36 | 0xD5      | 통신 응답시간 피드백 응답   | 통신 응답시간 피드백 응답   | 제어 On/Off 피드백 응답 |
| 37 | 0xD6      | 모터 정격속도 피드백 응답   | 외부 감속비 피드백 응답    | 펌웨어 버전 피드백 응답    |
| 38 | 0xD7      | 분해능 피드백 응답       | 제어 On/Off 피드백 응답 | --               |
| 39 | 0xD8      | 감속비 피드백 응답       | 위치제어 모드 피드백 응답   | --               |
| 40 | 0xD9      | 제어 On/Off 피드백 응답 | --               | --               |
| 41 | 0xDA      | 위치제어 모드 피드백 응답   | --               | --               |
| 42 | 0xDB      | 제어방향 피드백 응답      | --               | --               |
| 43 | 0xFD      | 펌웨어 버전 응답        | 펌웨어 버전 응답        | 펌웨어 버전 응답        |

## 7.1 공통 유의사항

| 항목                  | 설명                                                                                                       |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>요청/응답 구조</b>     | 피드백 응답( 0xD0~0xDB )은 반드시 요청 명령( 0xA0~0xAB ) 이후에만 전송됩니다.                                                  |
| <b>응답 주기</b>        | 10ms~50ms 간격 이내에서 요청해야 안정적 (폴링 속도 과도 시 통신 과부하 발생)                                                        |
| <b>통신 충돌 방지</b>     | 여러 노드가 동시에 피드백하지 않도록 각 ID의 응답시간을 차등 설정                                                                   |
| <b>Checksum 검증</b>  | 수신 데이터는 반드시 Checksum을 계산해 검증해야 함 ( NOT(Sum of bytes) )                                                   |
| <b>피드백 오류 발생 시</b>  | 데이터 깨짐 또는 지연 시 RS485 선로(쉴드, GND, 종단저항) 확인 필요                                                             |
| <b>Broadcast 제한</b> | Broadcast(0xFF)로 요청 시 모든 노드가 응답하여 충돌 발생 → 개별 ID로 요청해야 함<br>→ Broadcast를 사용하려고 하면, 통신 응답시간으로 충돌을 회피해야 한다. |

- 위치: 0.01도 단위
  - 속도 피드백 상의 위치는 0.1도 단위이다.
- 속도: 0.1RPM 단위
- 전류: 100mA 단위
- 방향: 0x00(CCW), 0x01(CW)

### 7.2.1 Ping 응답

- 기능설명
  - 장치가 통신 가능 상태인지 확인하는 기본 응답이다.
  - 요청에 대한 회신으로, ID 및 연결 상태를 검증할 때 사용한다.
- 유의사항
  - 통신 정상 여부 확인용으로 사용
  - 응답이 없을 경우 배선, GND, Baudrate 확인
  - Broadcast ID(0xFF)로 Ping 요청하여 응답이 충돌하면 응답을 못 받을 수 있음.

### 7.2.2 위치 피드백 응답

- 기능설명
  - 현재 **회전 방향, 위치, 속도, 전류** 정보를 반환합니다.
- 유의사항
  - 위치 데이터 단위는 0.01°
  - 속도 단위 0.1RPM, 전류 단위 100mA
  - 회전 방향(0x00=CCW, 0x01=CW) 확인



- 연속 요청 시 10ms 이상 간격 유지

### 7.2.3 속도 피드백 응답

- 기능설명
  - 현재 속도, 위치, 전류를 피드백한다.
  - 위치제어 모드가 아닌 상태에서 실시간 속도 모니터링에 사용된다.
- 유의사항
  - 단위 속도: 0.1RPM, 위치: 0.1°
  - 제어 Off 상태에서도 응답 가능
  - 고속 풀링 시 CPU 부하 증가 주의

### 7.2.4 위치제어기 피드백 응답

- 기능설명
  - 위치제어기의 내부 PID 값(Kp, Ki, Kd) 및 정격전류를 반환한다.
- 유의사항
  - 단위: 1바이트 = 정규화된 제어 게인 값
  - 변경 후 값 확인용으로 사용
  - 제어기 설정 후 200ms 이상 대기 후 요청

### 7.2.5 속도제어기 피드백 응답

- 기능설명
  - 속도제어기의 PID 값(Kp, Ki, Kd)과 정격전류를 반환한다.
- 유의사항
  - 설정 값이 EEPROM에 저장되어야 반영
  - 속도제어 루프의 안정성 점검용
  - 실시간 조정 시 발산 주의

### 7.2.6 통신 응답시간 피드백 응답

- 기능설명
  - 장치의 통신 응답 지연시간(100μs 단위)을 반환한다.
- 유의사항
  - 통신지연 보정용
  - 여러 장치가 있을 경우 ID별 시간차 부여 확인
  - 값이 0이거나 불규칙하면 버스 충돌 가능성

### 7.2.7 모터 정격속도 피드백 응답

- 기능설명
  - 설정된 모터 정격속도(RPM 단위)를 반환한다.
- 유의사항
  - 단위: 1RPM
  - 실제 모터 스펙과 일치 확인
  - 잘못된 설정 시 제어기 계산 오류 발생
    - 속도 프로파일에 도달하지 못할 경우 처리될 동안 다른 처리를 제한이 될 수 있다.

### 7.2.8 분해능 피드백 응답

- 기능설명
  - 엔코더/홀센서의 분해능(pulse or pole)을 반환한다.
- 유의사항
  - 단위: pulse 또는 pole 수
  - 실제 하드웨어와 불일치 시 위치제어 불안정
  - 모터 교체 시 반드시 확인 필요

## 7.2.9 감속비 피드백 응답

- 기능설명
  - 설정된 감속비(0.1 단위)를 반환한다.
- 유의사항
  - 단위: 0.1 ratio
  - 예: 0x0064 = 10:1 감속비
  - 외부감속기 존재 시 반드시 설정 확인

## 7.2.10 제어 On/Off 피드백 응답

- 기능설명
  - 현재 제어기 On/Off 상태를 반환한다.( 0x00 =On, 0x01 =Off)
- 유의사항
  - 제어 Off 상태에서는 제어명령 무시됨
  - On/Off 전환 후 100ms 대기 필요
  - EEPROM 기록 중에는 On 금지

## 7.2.11 위치제어 모드 피드백 응답

- 기능설명
  - 현재 위치제어 모드가 **절대(0x00)** 인지 **상대(0x01)** 인지를 반환한다.
- 유의사항
  - 절대모드: 고정 기준좌표 이동
  - 상대모드: 현재 위치 기준 이동
  - 응용프로그램에서 모드 일치 반드시 확인

## 7.2.12 제어방향 피드백 응답

- 기능설명
  - 모터의 제어 기준 방향을 반환한다 ( 0x00 =CCW, 0x01 =CW)
- 유의사항
  - 제어방향 설정과 피드백 일치 여부 확인
  - 잘못된 방향 시 위치/속도 반전
  - 배선 변경 시 반드시 확인

## 7.2.13 펌웨어 버전 응답

- 기능설명
  - 제어기의 펌웨어 버전 정보를 반환한다.
- 유의사항
  - 버전별 기능 상이 가능
  - 펌웨어 업데이트 전/후 비교용
  - 버전 불일치 시 명령어 호환성 주의

# 8. 통신 처리 로직 (Communication Logic)

## 8.1 송신 구조

- 제어기 → 모듈
- 파라미터를 구성하여 패킷 전송
- Checksum 계산 및 헤더 포함 필수

## 8.2 수신 파싱 알고리즘

1. 헤더(0xFFFE) 탐색

2. Data Size 기준으로 프레임 완성
3. Checksum 검증
4. Mode 값 해석 → 명령별 데이터 파싱

## 8.3 다중 데이터 처리 시 주의사항

- 새 헤더가 수신 중 중복될 경우 **이전 패킷 폐기**
- Broadcast 명령은 응답 없음
- 설정 명령 후 피드백 요청 시 **지연 시간 확보 필요**

## 9. 예제 (Examples)

### 9.1 Python 시리얼 제어 예제

<https://github.com/ckdo8008/nurirobotPython/blob/main/testcode.py>

```
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-
"""
Nurirobot RS-485 control demo for MC/SA series
- Read current settings via feedback requests, then re-apply the same settings via "set" commands
- Run: Pos&Speed (0x01), AccPos (0x02), AccSpeed (0x03), and (if SA) Open-Loop (0x11) for 1s each, then
stop
Spec refs:
* MC-RS485 V1.0.1: control (0x01~0x03), setters (0x04~0x0F/0x10), feedback (0xA0.. -> 0xD0..FD)
* SA-RS485 V1.0.2: Open-Loop drive (0x11)
"""

import argparse
import time
from dataclasses import dataclass
from typing import List, Dict, Optional

import serial

try:
    from serial.rs485 import RS485Settings
except Exception:
    RS485Settings = None

# -----
# Common protocol constants
# -----
HEADER = bytes((0xFF, 0xFE))

# Mode values (MC shared)
MODE_POS_SPEED = 0x01 # 위치, 속도제어 (direction[1], pos[2](0.01°), spd[2](0.1RPM))
MODE_ACC_POS = 0x02 # 가감속 위치제어 (direction[1], pos[2], arrive[1](0.1s))
MODE_ACC_SPEED = 0x03 # 가감속 속도제어 (direction[1], spd[2], arrive[1](0.1s))
MODE_SET_POS_CTRL = 0x04 # 위치제어기 설정 (Kp,Ki,Kd, rated[0.1A])
MODE_SET_SPD_CTRL = 0x05 # 속도제어기 설정 (Kp,Ki,Kd, rated[0.1A])
MODE_SET_ID = 0x06 # ID 설정 (주의: 실장비 변경 위험)
MODE_SET_BAUD = 0x07 # 통신속도 설정 (주의: 즉시 변경)
MODE_SET_RESPTIME = 0x08 # 통신 응답시간 설정 (value[100us])
MODE_SET_RATED_SPD = 0x09 # 모터 정격속도 설정 (RPM, 2B)
MODE_SET_RESOLUTION = 0x0A # 분해능 설정 (2B)
```

```

MODE_SET_RATIO           = 0x0B # 감속비 설정 (0.1ratio, 2B)
MODE_SET_ONOFF           = 0x0C # 제어 On/Off (0x00 On, 0x01 Off)
MODE_SET_POS_MODE        = 0x0D # 위치제어 모드 (0x00 절대, 0x01 상대)
MODE_SET_CTRL_DIR        = 0x0E # 제어 방향 (0x00 CCW, 0x01 CW)
MODE_RESET_POS           = 0x0F # 위치 초기화
MODE_RESET_FACTORY       = 0x10 # 공장 초기화 (주의)

# SA series only
MODE_OPEN_LOOP           = 0x11 # Open-Loop 구동 (direction[1], duty[2] in 0.01%)

# Feedback requests (송신)
REQ = {
    "ping":           0xA0,
    "pos":            0xA1,
    "spd":            0xA2,
    "pos_ctrl":       0xA3,
    "spd_ctrl":       0xA4,
    "resp_time":      0xA5,
    "rated_speed":    0xA6,
    "resolution":     0xA7,
    "ratio":          0xA8,
    "ctrl_onoff":     0xA9,
    "pos_ctrl_mode":  0xAA,
    "ctrl_dir":       0xAB,
    "firmware":       0xCD,
}

# Feedback responses (수신)
FEED = {
    "ping":           0xD0,
    "pos":            0xD1,
    "spd":            0xD2,
    "pos_ctrl":       0xD3,
    "spd_ctrl":       0xD4,
    "resp_time":      0xD5,
    "rated_speed":    0xD6,
    "resolution":     0xD7,
    "ratio":          0xD8,
    "ctrl_onoff":     0xD9,
    "pos_ctrl_mode":  0xDA,
    "ctrl_dir":       0xDB,
    "firmware":       0xFD,
}

# -----
# Bytes / checksum helpers
# -----

def be16(msb: int, lsb: int) -> int:
    return ((msb & 0xFF) << 8) | (lsb & 0xFF)

def to_be16(v: int) -> bytes:
    return bytes(((v >> 8) & 0xFF, v & 0xFF))

def calc_checksum(frame_with_placeholder: bytes) -> int:
    # ~(sum of all bytes except header[0:2] and checksum[4]) & 0xFF
    s = 0
    for i, b in enumerate(frame_with_placeholder):
        if i in (0, 1, 4):

```

```

        continue
    s = (s + (b & 0xFF)) & 0xFF
    return (~s) & 0xFF

def build_frame(dev_id: int, mode: int, data: bytes = b'') -> bytes:
    # Frame: FF FE | ID | LEN | CHK | MODE | DATA...
    # LEN includes CHK + MODE + DATA
    size = 1 + 1 + len(data)
    buf = bytearray(6 + len(data))
    buf[0:2] = HEADER
    buf[2] = dev_id & 0xFF
    buf[3] = size & 0xFF
    buf[5] = mode & 0xFF
    if data:
        buf[6:] = data
    buf[4] = calc_checksum(buf)
    return bytes(buf)

# -----
# Stream parser (robust)
# -----

class StreamParser:
    def __init__(self):
        self.buf = bytearray()

    def feed(self, chunk: bytes) -> List[bytes]:
        frames: List[bytes] = []
        if not chunk:
            return frames
        self.buf.extend(chunk)

        while True:
            start = self.buf.find(HEADER)
            if start < 0:
                self.buf.clear()
                break
            if start > 0:
                del self.buf[:start]
            if len(self.buf) < 6:
                break

            length = self.buf[3]
            total = length + 4
            if total < 6:
                del self.buf[:2]
                continue

            if len(self.buf) < total:
                nxt = self.buf.find(HEADER, 2)
                if 0 <= nxt < len(self.buf):
                    del self.buf[:nxt]
                    continue
                break

            frame = bytes(self.buf[:total])
            try:
                print("Recv Frame:", ' '.join(f"{b:02X}" for b in frame))

```

```

except Exception:
    # 출력 도중 문제가 생겨도 파싱에는 영향이 없도록 무시합니다.
    pass

    if calc_checksum(frame) != frame[4]:
        del self.buf[:2]
        continue
    frames.append(frame)
    del self.buf[:total]
return frames

# -----
# Serial link
# -----
@dataclass
class LinkConfig:
    port: str
    baud: int = 9600
    timeout: float = 0.2
    rs485_rts_enable: bool = False

class Link:
    def __init__(self, cfg: LinkConfig):
        self.cfg = cfg
        self.ser: Optional[serial.Serial] = None
        self.parser = StreamParser()

    def open(self):
        self.ser = serial.Serial()
        self.ser.port = self.cfg.port
        self.ser.baudrate = self.cfg.baud
        self.ser.bytesize = serial.EIGHTBITS
        self.ser.parity = serial.PARITY_NONE
        self.ser.stopbits = serial.STOPBITS_ONE
        self.ser.timeout = self.cfg.timeout
        self.ser.xonxoff = False
        self.ser.rtscts = False
        self.ser.dsrdtr = False
        if self.cfg.rs485_rts_enable and RS485Settings is not None:
            self.ser.rs485_mode = RS485Settings(
                rts_level_for_tx=True, rts_level_for_rx=False,
                delay_before_tx=0.0, delay_before_rx=0.0
            )
        self.ser.open()

    def close(self):
        if self.ser and self.ser.is_open:
            self.ser.close()

    def write(self, frame: bytes):
        self.ser.write(frame)
        self.ser.flush()
        try:
            print("Send Frame:", ' '.join(f"{b:02X}" for b in frame))
        except Exception:
            # 출력 도중 문제가 생겨도 파싱에는 영향이 없도록 무시합니다.
            pass

```

```

def read_frames(self) -> List[bytes]:
    chunk = self.ser.read(1024)
    return self.parser.feed(chunk) if chunk else []

# -----
# Feedback: read current settings (MC spec)
# -----

def request_and_wait(link: Link, dev_id: int, req_mode: int, expect_feed_mode: int, wait_s=0.35):
    frm = build_frame(dev_id, req_mode, b'')
    link.write(frm)
    end = time.monotonic() + wait_s
    while time.monotonic() < end:
        for f in link.read_frames():
            if len(f) >= 6 and f[2] == (dev_id & 0xFF) and f[5] == (expect_feed_mode & 0xFF):
                return f
        time.sleep(0.005)
    return None

def parse_feed_pos_ctrl(f: bytes) -> Dict:
    d = f[6:]
    return {"kp": d[0], "ki": d[1], "kd": d[2], "rated_current_a": d[3] * 0.1}

def parse_feed_spd_ctrl(f: bytes) -> Dict:
    d = f[6:]
    return {"kp": d[0], "ki": d[1], "kd": d[2], "rated_current_a": d[3] * 0.1}

def parse_feed_settings(link: Link, dev_id: int) -> Dict:
    """
    읽을 수 있는 현재 설정/상태를 모두 피드백 요청으로 수집.
    (D3/D4/D5/D6/D7/D8/D9/DA/DB/FD 등)
    """
    out: Dict = {}
    q = [
        ("pos_ctrl", REQ["pos_ctrl"], FEED["pos_ctrl"], parse_feed_pos_ctrl),
        ("spd_ctrl", REQ["spd_ctrl"], FEED["spd_ctrl"], parse_feed_spd_ctrl),
        ("resp_time", REQ["resp_time"], FEED["resp_time"], lambda f: {"resptime_100us":
f[6]}},
        ("rated_speed", REQ["rated_speed"], FEED["rated_speed"], lambda f: {"rated_rpm": be16(f[6],
f[7])}),
        ("resolution", REQ["resolution"], FEED["resolution"], lambda f: {"resolution":
be16(f[6], f[7])}),
        ("ratio", REQ["ratio"], FEED["ratio"], lambda f: {"ratio": be16(f[6],
f[7]) / 10.0}),
        ("ctrl_onoff", REQ["ctrl_onoff"], FEED["ctrl_onoff"], lambda f: {"on": (f[6] == 0x00)}),
        ("pos_ctrl_mode", REQ["pos_ctrl_mode"], FEED["pos_ctrl_mode"], lambda f: {"pos_mode": "absolute"
if f[6]==0x00 else "relative"}),
        ("ctrl_dir", REQ["ctrl_dir"], FEED["ctrl_dir"], lambda f: {"ctrl_dir": "CCW" if
f[6]==0x00 else "CW"}),
        ("firmware", REQ["firmware"], FEED["firmware"], lambda f: {"fw_version": f[6]}},
    ]
    for key, req_m, feed_m, parser in q:
        fr = request_and_wait(link, dev_id, req_m, feed_m)
        if fr:
            out[key] = parser(fr)
        else:
            out[key] = None

```

```

return out

# -----
# Setters (MC spec + SA Open-Loop)
# -----

def set_pos_ctrl(link: Link, dev_id: int, kp: int, ki: int, kd: int, rated_current_a: float):
    data = bytes((kp & 0xFF, ki & 0xFF, kd & 0xFF, int(round(rated_current_a * 10)) & 0xFF))
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_POS_CTRL, data))

def set_spd_ctrl(link: Link, dev_id: int, kp: int, ki: int, kd: int, rated_current_a: float):
    data = bytes((kp & 0xFF, ki & 0xFF, kd & 0xFF, int(round(rated_current_a * 10)) & 0xFF))
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_SPD_CTRL, data))

def set_resp_time(link: Link, dev_id: int, hundred_us: int):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_RESPTIME, bytes((hundred_us & 0xFF,))))

def setRated_speed(link: Link, dev_id: int, rpm: int):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_RATED_SPD, to_be16(max(1, min(65533, int(rpm))))))

def set_resolution(link: Link, dev_id: int, res: int):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_RESOLUTION, to_be16(max(1, min(65533, int(res))))))

def set_ratio(link: Link, dev_id: int, ratio: float):
    raw = max(1, min(65533, int(round(ratio * 10.0))))
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_RATIO, to_be16(raw)))

def set_onoff(link: Link, dev_id: int, on: bool):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_ONOFF, bytes((0x00 if on else 0x01,))))

def set_pos_mode(link: Link, dev_id: int, absolute: bool):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_POS_MODE, bytes((0x00 if absolute else 0x01,))))

def set_ctrl_dir(link: Link, dev_id: int, cw: bool):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_SET_CTRL_DIR, bytes((0x01 if cw else 0x00,))))

def reset_pos(link: Link, dev_id: int):
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_RESET_POS, b''))

# -----
# Controllers (run then stop)
# -----

def cmd_pos_speed(link: Link, dev_id: int, direction_cw: bool, pos_deg: float, spd_rpm: float):
    pos_raw = max(0, min(65533, int(round(pos_deg * 100.0)))) # 0.01°
    spd_raw = max(0, min(65533, int(round(spd_rpm * 10.0)))) # 0.1RPM
    data = bytes((0x01 if direction_cw else 0x00,)) + to_be16(pos_raw) + to_be16(spd_raw)
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_POS_SPEED, data))

def cmd_acc_pos(link: Link, dev_id: int, direction_cw: bool, pos_deg: float, arrive_s: float):
    pos_raw = max(0, min(65533, int(round(pos_deg * 100.0)))) # 0.01°
    arr_raw = max(1, min(255, int(round(arrive_s * 10.0)))) # 0.1s
    data = bytes((0x01 if direction_cw else 0x00,)) + to_be16(pos_raw) + bytes((arr_raw,))
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_ACC_POS, data))

def cmd_acc_speed(link: Link, dev_id: int, direction_cw: bool, spd_rpm: float, arrive_s: float):
    spd_raw = max(0, min(65533, int(round(spd_rpm * 10.0)))) # 0.1RPM
    arr_raw = max(1, min(255, int(round(arrive_s * 10.0)))) # 0.1s

```



```

data = bytes((0x01 if direction_cw else 0x00,)) + to_be16(spd_raw) + bytes((arr_raw,))
link.write(build_frame(dev_id, MODE_ACC_SPEED, data))

def cmd_open_loop(link: Link, dev_id: int, direction_cw: bool, duty_percent: float):
    # SA 전용: duty in 0.01% (0..100.00%)
    duty_raw = max(0, min(10000, int(round(duty_percent * 100.0))))
    data = bytes((0x01 if direction_cw else 0x00,)) + to_be16(duty_raw)
    link.write(build_frame(dev_id, MODE_OPEN_LOOP, data))

def safe_stop(link: Link, dev_id: int):
    # 속도를 0RPM으로 짧게 감속 후 제어 Off
    cmd_acc_speed(link, dev_id, direction_cw=False, spd_rpm=0.0, arrive_s=0.2)
    time.sleep(0.25)
    set_onoff(link, dev_id, on=False) # 0x01 = Off
    time.sleep(0.05)

# -----
# Demo flow
# -----

def demo(series: str, port: str, dev_id: int, baud: int, rs485_rts_enable: bool):
    link = Link(LinkConfig(port=port, baud=baud, rs485_rts_enable=rs485_rts_enable))
    link.open()
    try:
        print(f"[OPEN] {port} @ {baud}bps, id=0x{dev_id:02X}, series={series}")

        # 1) 현재 설정값 읽기 (feedback)
        cur = parse_feed_settings(link, dev_id)
        print("\n[CURRENT SETTINGS]")
        for k, v in cur.items():
            print(f"- {k}: {v}")

        # 2) 읽은 설정을 그대로 설정(송신)으로 반영 (안전 데모)
        if cur.get("pos_ctrl"):
            set_pos_ctrl(link, dev_id, **cur["pos_ctrl"])
        if cur.get("spd_ctrl"):
            set_spd_ctrl(link, dev_id, **cur["spd_ctrl"])
        if cur.get("resp_time"):
            set_resp_time(link, dev_id, cur["resp_time"]["resptime_100us"])
        if cur.get("rated_speed"):
            set_rated_speed(link, dev_id, cur["rated_speed"]["rated_rpm"])
        if cur.get("resolution"):
            set_resolution(link, dev_id, cur["resolution"]["resolution"])
        if cur.get("ratio"):
            set_ratio(link, dev_id, cur["ratio"]["ratio"])
        if cur.get("pos_ctrl_mode"):
            set_pos_mode(link, dev_id, cur["pos_ctrl_mode"]["pos_mode"] == "absolute")
        if cur.get("ctrl_dir"):
            set_ctrl_dir(link, dev_id, cw=(cur["ctrl_dir"]["ctrl_dir"] == "CW"))
        if cur.get("ctrl_onoff"):
            set_onoff(link, dev_id, on=cur["ctrl_onoff"]["on"])

        time.sleep(0.05)

        # 3) 제어 데모: 각 1초 구동 후 정지
        print("\n[DEMO] 제어 On")
        set_onoff(link, dev_id, on=True) # 제어 On (0x00)
        time.sleep(0.05)
    except:
        pass

```

```

# (a) 위치, 속도제어 1s
print("[RUN] 위치, 속도제어 (0x01) -> 1s")
# 예: CCW로 180.00도, 5.0RPM
cmd_pos_speed(link, dev_id, direction_cw=False, pos_deg=180.00, spd_rpm=5.0) # MC 스펙:
dir/pos(0.01°)/spd(0.1RPM) :contentReference[oaicite:3]{index=3}
time.sleep(1.0)
safe_stop(link, dev_id)
print("[STOP] done\n")
time.sleep(0.2)
set_onoff(link, dev_id, on=True); time.sleep(0.05)

# (b) 가감속 위치제어 1s
print("[RUN] 가감속 위치제어 (0x02) -> 1s")
# 예: CW로 360.00도, 도달시간 1.0s
cmd_acc_pos(link, dev_id, direction_cw=True, pos_deg=360.00, arrive_s=1.0) # MC 스펙:
dir/pos/arrive(0.1s) :contentReference[oaicite:4]{index=4}
time.sleep(1.0)
safe_stop(link, dev_id)
print("[STOP] done\n")
time.sleep(0.2)
set_onoff(link, dev_id, on=True); time.sleep(0.05)

# (c) 가감속 속도제어 1s
print("[RUN] 가감속 속도제어 (0x03) -> 1s")
# 예: CCW로 100RPM, 도달시간 0.5s
cmd_acc_speed(link, dev_id, direction_cw=False, spd_rpm=100.0, arrive_s=0.5) # MC 스펙:
dir/spd/arrive(0.1s) :contentReference[oaicite:5]{index=5}
time.sleep(1.0)
safe_stop(link, dev_id)
print("[STOP] done\n")

set_onoff(link, dev_id, on=True); time.sleep(0.05)
print("[RUN] Open-Loop (0x11) -> 1s")
# 예: CCW 50% duty
cmd_open_loop(link, dev_id, direction_cw=False, duty_percent=50.0) # SA 스펙:
dir/duty(0.01%) :contentReference[oaicite:6]{index=6}
time.sleep(1.0)
safe_stop(link, dev_id)
print("[STOP] done\n")

print("[DEMO] 완료")

finally:
    link.close()

def main():
    ap = argparse.ArgumentParser(description="Nurirobot RS-485 MC/SA control demo")
    ap.add_argument("--series", choices=["MC", "SA"], default="MC", help="제품 시리즈 (MC 기본, SA는 Open-Loop 지원)")
    ap.add_argument("--port", default="COM10", help="시리얼 포트 (예: /dev/ttyUSB0, COM5)")
    ap.add_argument("--id", type=lambda x: int(x, 0), default=0x00, help="장치 ID (기본 0x00)")
    ap.add_argument("--baud", type=int, default=115200, help="Baudrate (기본 9600)")
    ap.add_argument("--rts485", action="store_true", help="어댑터가 RTS 기반 DE/RE 전환 필요 시 사용")
    args = ap.parse_args()

    demo(args.series, args.port, args.id, args.baud, args.rts485)

```

```
if __name__ == "__main__":
    main()
```

## 9.2 C 시리얼 제어 예제

<https://github.com/ckdo8008/nurirobotPython/blob/main/test.c>

```
#include <windows.h>
#include <iostream>
#include <vector>
#include <string>
#include <iomanip>
#include <chrono>
#include <thread>

using namespace std;

// -----
// Protocol constants
// -----
static const uint8_t HEADER[2] = { 0xFF, 0xFE };

// MC-control
#define MODE_POS_SPEED      0x01
#define MODE_ACC_POS       0x02
#define MODE_ACC_SPEED     0x03
#define MODE_OPEN_LOOP     0x11    // SA 전용

// Settings
#define MODE_SET_POS_CTRL   0x04
#define MODE_SET_SPD_CTRL  0x05
#define MODE_SET_ID        0x06
#define MODE_SET_BAUD      0x07
#define MODE_SET_RESPTIME  0x08
#define MODE_SET_RATEDSPD  0x09
#define MODE_SET_RESOLUTION 0x0A
#define MODE_SET_RATIO     0x0B
#define MODE_SET_ONOFF     0x0C
#define MODE_SET_POSMODE   0x0D
#define MODE_SET_CTRLDIR   0x0E
#define MODE_RESET_POS     0x0F
#define MODE_RESET_FACTORY 0x10

// Feedback Requests
#define REQ_PING            0xA0
#define REQ_POS            0xA1
#define REQ_SPD            0xA2
#define REQ_POS_CTRL      0xA3
#define REQ_SPD_CTRL      0xA4
#define REQ_RESP_TIME     0xA5
#define REQ_RATEDSPD      0xA6
#define REQ_RESOLUTION    0xA7
#define REQ_RATIO         0xA8
#define REQ_ONOFF         0xA9
#define REQ_POSMODE       0xAA
#define REQ_CTRLDIR       0xAB
```

```

#define REQ_FIRMWARE      0xCD

// =====
// Utility
// =====
static uint16_t be16(uint8_t hi, uint8_t lo)
{
    return ((uint16_t)hi << 8) | lo;
}

// 체크섬: 헤더(2바이트) & checksum 바이트 제외한 모든 바이트 합 의 NOT
uint8_t calcChecksum(const vector<uint8_t>& frame)
{
    uint32_t sum = 0;
    for (size_t i = 0; i < frame.size(); i++)
    {
        if (i == 0 || i == 1 || i == 4) continue;
        sum += frame[i];
    }
    return (uint8_t)(~(sum & 0xFF));
}

// 프레임 생성
vector<uint8_t> buildFrame(uint8_t id, uint8_t mode, const vector<uint8_t>& data)
{
    size_t size = 1 + 1 + data.size();
    vector<uint8_t> frame(6 + data.size());

    frame[0] = 0xFF;
    frame[1] = 0xFE;
    frame[2] = id;
    frame[3] = (uint8_t)size;
    frame[5] = mode;

    if (!data.empty())
        memcpy(&frame[6], &data[0], data.size());

    frame[4] = calcChecksum(frame);
    return frame;
}

// 프레임 출력
void printFrame(const string& tag, const vector<uint8_t>& f)
{
    cout << tag;
    for (auto b : f)
        cout << " " << hex << setw(2) << setfill('0') << (int)b;
    cout << dec << endl;
}

// =====
// Windows Serial Class
// =====
class SerialPort
{
private:
    HANDLE hSerial = INVALID_HANDLE_VALUE;

```

```

public:
    bool openPort(const string& port, uint32_t baud)
    {
        hSerial = CreateFileA(
            port.c_str(),
            GENERIC_READ | GENERIC_WRITE,
            0,
            NULL,
            OPEN_EXISTING,
            0,
            NULL
        );

        if (hSerial == INVALID_HANDLE_VALUE)
        {
            cout << "Failed to open port" << endl;
            return false;
        }

        DCB dcbSerialParams = { 0 };
        dcbSerialParams.DCBlength = sizeof(dcbSerialParams);

        if (!GetCommState(hSerial, &dcbSerialParams))
            return false;

        dcbSerialParams.BaudRate = baud;
        dcbSerialParams.ByteSize = 8;
        dcbSerialParams.StopBits = ONESTOPBIT;
        dcbSerialParams.Parity = NOPARITY;

        SetCommState(hSerial, &dcbSerialParams);
        return true;
    }

    void closePort()
    {
        if (hSerial != INVALID_HANDLE_VALUE)
            CloseHandle(hSerial);
    }

    bool writeBytes(const vector<uint8_t>& data)
    {
        DWORD written;
        BOOL ok = WriteFile(hSerial, data.data(), data.size(), &written, NULL);

        return ok && written == data.size();
    }

    vector<uint8_t> readBytes()
    {
        uint8_t buf[1024];
        DWORD dwRead = 0;
        ReadFile(hSerial, buf, 1024, &dwRead, NULL);

        vector<uint8_t> out;
        for (size_t i = 0; i < dwRead; i++)
            out.push_back(buf[i]);
    }

```

```

        return out;
    }
};

// =====
// StreamParser (FF FE + LEN+4 기준 파싱) :contentReference[oaicite:2]{index=2}
// =====
class StreamParser
{
private:
    vector<uint8_t> buf;

public:
    vector<vector<uint8_t>> feed(const vector<uint8_t>& chunk)
    {
        vector<vector<uint8_t>> frames;
        buf.insert(buf.end(), chunk.begin(), chunk.end());

        while (true)
        {
            // FF FE 검색
            size_t pos = string::npos;
            for (size_t i = 0; i + 1 < buf.size(); i++)
            {
                if (buf[i] == 0xFF && buf[i + 1] == 0xFE)
                {
                    pos = i;
                    break;
                }
            }

            if (pos == string::npos)
            {
                if (buf.size() > 1)
                    buf.erase(buf.begin(), buf.end() - 1);
                break;
            }

            if (pos > 0)
                buf.erase(buf.begin(), buf.begin() + pos);

            if (buf.size() < 6)
                break;

            uint8_t len = buf[3];
            size_t total = len + 4;
            if (buf.size() < total)
                break;

            vector<uint8_t> frame(buf.begin(), buf.begin() + total);

            // 체크섬 확인
            if (calcChecksum(frame) == frame[4])
                frames.push_back(frame);

            buf.erase(buf.begin(), buf.begin() + total);
        }
    }
};

```

```

    }

    return frames;
}

};

// =====
// Build control commands
// =====
vector<uint8_t> cmd_pos_speed(uint8_t id, bool cw, float pos_deg, float spd)
{
    uint16_t pos_raw = (uint16_t)(pos_deg * 100.0f);    // 0.01°
    uint16_t spd_raw = (uint16_t)(spd * 10.0f);         // 0.1RPM

    vector<uint8_t> d;
    d.push_back(cw ? 0x01 : 0x00);
    d.push_back((pos_raw >> 8) & 0xFF);
    d.push_back(pos_raw & 0xFF);
    d.push_back((spd_raw >> 8) & 0xFF);
    d.push_back(spd_raw & 0xFF);

    return buildFrame(id, MODE_POS_SPEED, d);
}

vector<uint8_t> cmd_acc_pos(uint8_t id, bool cw, float pos_deg, float arrive_s)
{
    uint16_t pos_raw = (uint16_t)(pos_deg * 100.0f);
    uint8_t arr_raw = (uint8_t)(arrive_s * 10.0f);

    vector<uint8_t> d;
    d.push_back(cw ? 1 : 0);
    d.push_back((pos_raw >> 8) & 0xFF);
    d.push_back(pos_raw & 0xFF);
    d.push_back(arr_raw);

    return buildFrame(id, MODE_ACC_POS, d);
}

vector<uint8_t> cmd_acc_speed(uint8_t id, bool cw, float spd, float arrive_s)
{
    uint16_t spd_raw = (uint16_t)(spd * 10.0f);
    uint8_t arr_raw = (uint8_t)(arrive_s * 10.0f);

    vector<uint8_t> d;
    d.push_back(cw ? 1 : 0);
    d.push_back((spd_raw >> 8) & 0xFF);
    d.push_back(spd_raw & 0xFF);
    d.push_back(arr_raw);

    return buildFrame(id, MODE_ACC_SPEED, d);
}

vector<uint8_t> cmd_open_loop(uint8_t id, bool cw, float duty_percent)
{
    uint16_t duty = (uint16_t)(duty_percent * 100);

    vector<uint8_t> d;

```

```

d.push_back(cw ? 1 : 0);
d.push_back((duty >> 8) & 0xFF);
d.push_back(duty & 0xFF);

return buildFrame(id, MODE_OPEN_LOOP, d);
}

// 안전 정지
void safe_stop(SerialPort& sp, uint8_t id)
{
    auto f = cmd_acc_speed(id, false, 0.0f, 0.2f);
    sp.writeBytes(f);
    this_thread::sleep_for(chrono::milliseconds(250));

    vector<uint8_t> off = buildFrame(id, MODE_SET_ONOFF, { 0x01 }); // Off
    sp.writeBytes(off);
}

// =====
// Main Demo (파이썬 demo() 동일 로직)
// =====
int main()
{
    SerialPort serial;
    if (!serial.openPort("\\\\.\\COM10", 115200))
    {
        cout << "Port open failed" << endl;
        return 0;
    }

    cout << "[OPEN] COM10 115200bps" << endl;

    uint8_t id = 0x00;

    // 제어 ON
    serial.writeBytes(buildFrame(id, MODE_SET_ONOFF, { 0x00 }));
    this_thread::sleep_for(chrono::milliseconds(50));

    // ---- 위치 속도제어 ----
    cout << "[RUN] PosSpeed 1s" << endl;
    serial.writeBytes(cmd_pos_speed(id, false, 180.0f, 5.0f));
    this_thread::sleep_for(chrono::seconds(1));
    safe_stop(serial, id);

    // ---- 가감속 위치제어 ----
    serial.writeBytes(buildFrame(id, MODE_SET_ONOFF, { 0x00 }));
    cout << "[RUN] AccPos 1s" << endl;
    serial.writeBytes(cmd_acc_pos(id, true, 360.0f, 1.0f));
    this_thread::sleep_for(chrono::seconds(1));
    safe_stop(serial, id);

    // ---- 가감속 속도제어 ----
    serial.writeBytes(buildFrame(id, MODE_SET_ONOFF, { 0x00 }));
    cout << "[RUN] AccSpeed 1s" << endl;
    serial.writeBytes(cmd_acc_speed(id, false, 100.0f, 0.5f));
    this_thread::sleep_for(chrono::seconds(1));
    safe_stop(serial, id);
}

```



```
// ---- Open-loop ----
serial.writeBytes(buildFrame(id, MODE_SET_ONOFF, { 0x00 }));
cout << "[RUN] OpenLoop 1s" << endl;
serial.writeBytes(cmd_open_loop(id, false, 50.0f));
this_thread::sleep_for(chrono::seconds(1));
safe_stop(serial, id);

serial.closePort();
cout << "[DONE]" << endl;

return 0;
}
```

## 10. 통신 오류 처리 (Error Handling)

- 헤더 불일치 → 버퍼 초기화
- Checksum 불일치 → 프레임 폐기
- 수신 타임아웃 → 재요청
- 응답 지연 발생 시 → 200~500 $\mu$ s 대기 후 재시도

## 11. 부록 (Appendix)

### 제품별 프로토콜 표

누리로봇 통신프로토콜 MC-RS485\_V1.0.2

#### 1. 위치, 속도제어 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                              |                                          |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                                | 속도<br>[2byte]                            |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x07               | 부록 참고                | 0x01<br>(위치, 속도제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1RPM] |

예제: ID0을 100.0RPM의 속도로 CCW방향 180.00도에 도달하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x07 0x76 0x01 0x00 0x46 50 0x03 0xE8

#### 2. 가감속 위치제어 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                              |                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                                | 위치 도달 시간<br>[1byte]             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x02<br>(가감속 위치제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x01 ~ 0xFF<br>(1 ~ 255) [0.1s] |

예제: ID0을 위치 도달 시간 1.0s로 CW방향 360.00도에 도달하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xC0 0x02 0x01 0x8C 0xA0 0xDA

#### 3. 가감속 속도제어 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                          |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 속도방향<br>[1byte]         | 속도<br>[2byte]                            |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x03<br>(가감속 속도제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1RPM] |

예제: ID0을 속도 도달 시간 2.0s로 CCW방향 100RPM에 도달하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xF7 0x03 0x00 0x03 0xE8 0x14

#### 4. 위치제어기 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                                           |                                           |                                           |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치제어기 Kp<br>[1byte]                       | 위치제어기 Ki<br>[1byte]                       | 위치제어기 Kd<br>[1byte]                       |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x04<br>(위치제어기 설정) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} |

예제: ID0을 위치제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=244 위치제어 정격전류 8.0A로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xA8 0x04 0xFE 0xFE 0xFE 0x50

#### 5. 속도제어기 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                                           |                                           |                                           |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 속도제어기 Kp<br>[1byte]                       | 속도제어기 Ki<br>[1byte]                       | 속도제어기 Kd<br>[1byte]                       |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x05<br>(속도제어기 설정) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} |

예제: ID0을 속도제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=244 속도제어 정격전류 8.0A로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xAA 0x05 0xFE 0xFE 0xFE 0x50

#### 6. ID 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |                                         |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | ID<br>[1byte]                           |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x06<br>(ID 설정) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 0x00} |

예제: ID0을 ID1로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xF5 0x06 0x01

#### 7. 통신속도 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                   |                                                |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]   | 통신속도<br>[1byte]                                |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x07<br>(통신속도 설정) | 0x00 ~ 0x11<br>(0 ~ 17) {부록 참고}<br>{초기값: 0x06} |

예제: ID0을 통신속도 115,200bps로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xE8 0x07 0x0D

#### 8. 통신 응답시간 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                      |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]      | 통신 응답시간<br>[1byte]                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x08<br>(통신 응답시간 설정) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100us]<br>{초기값: 0x01} |

예제: ID0을 통신 응답시간 200us로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xF2 0x08 0x02

#### 9. 모터 정격속도 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                      |                                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]      | 모터 정격속도<br>[2byte]                                     |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | 0x09<br>(모터 정격속도 설정) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [RPM]<br>{초기값: 0x0B88} |

예제: ID0을 모터 정격속도 2000RPM으로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0x1B 0x09 0x07 0x0D

10. 분해능 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |                                                                             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  | 분해능<br>[2byte]                                                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | 0x0A<br>(분해능 설정) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533)<br>[Encoder pulse or pole]<br>(초기값: 0x0004) |

MC 예제: ID0을 엔코더 분해능 13pulse로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0xE4 0x0A 0x00 0x0D  
BLMC-H 예제: ID0을 홀센서 분해능 8pole로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0xE9 0x0A 0x00 0x08

11. 감속비 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |                                                             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  | 감속비<br>[2byte]                                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | 0x0B<br>(감속비 설정) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1ratio]<br>(초기값: 0x000A) |

예제: ID0을 감속비 10:1로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0x8C 0x0B 0x00 0x64

12. 제어 On/Off 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                        |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]        | 제어 On/Off<br>[1byte]                   |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x0C<br>(제어 On/Off 설정) | 0x00 (On)<br>0x01 (Off)<br>(초기값: 0x00) |

예제: ID0을 제어 Off로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xEF 0x0C 0x01

13. 위치제어 모드 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                      |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]      | 절대/상대 위치제어<br>[1byte]                           |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x0D<br>(위치제어 모드 설정) | 0x00 (절대 위치제어)<br>0x01 (상대 위치제어)<br>(초기값: 0x00) |

예제: ID0을 상대 위치제어 모드로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xEE 0x0D 0x01

14. 제어 방향 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                                              |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 제어 방향<br>[1byte]                             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x0E<br>(제어 방향 설정) | 0x00 (CCW 방향)<br>0x01 (CW 방향)<br>(초기값: 0x00) |

예제: ID0의 제어 방향을 CW 방향으로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xEC 0x0F 0x01

15. 위치 초기화 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x02               | 부록 참고                | 0x0F<br>(위치 초기화) |

예제: ID0을 위치 초기화하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0xEF 0x0E

16. 공장 초기화 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x02               | 부록 참고                | 0x10<br>(공장 초기화) |

예제: Broadcast ID로 공장 초기화하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0xFF 0x02 0xF1 0x0D

17. Open-Loop 구동 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                        |                         |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]        | 구동방향<br>[1byte]         | PWM 듀티비<br>[2byte]                     |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x05               | 부록 참고                | 0x11<br>(Open-Loop 구동) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0x2710<br>(0 ~ 10000) [0.01%] |

예제: ID0을 50% CCW 구동하기 위한 프로토콜 0xFF 0xFE 0x00 0x05 0x4E 0x11 0x00 0x13 0xB8

17. 피드백 요청 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]                                                                                                                                                                                                                                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x02               | 부록 참고                | 0xA0 (Ping)<br>0xA1 (위치 피드백)<br>0xA2 (속도 피드백)<br>0xA3 (위치제어기 피드백)<br>0xA4 (속도제어기 피드백)<br>0xA5 (통신 응답시간 피드백)<br>0xA6 (모터 정격속도 피드백)<br>0xA7 (분해능 피드백)<br>0xA8 (감속비 피드백)<br>0xA9 (제어 On/Off 피드백)<br>0xAA (위치제어 모드 피드백)<br>0xAB (제어 방향 피드백)<br>0xCD (범웨어 버전 피드백) |

예제: ID0을 위치 피드백하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0x5C 0xA1

18. Ping (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x02               | 부록 참고                | 0xD0<br>(Ping)  |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0x2D 0xD0 - ID0의 Ping

19. 위치 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |                         |                                             |                                         |                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                               | 속도<br>[2byte]                           | 전류<br>[1byte]                    |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x08               | 부록 참고                | 0xD1<br>(위치 피드백) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x0000 ~ 0xFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.1RPM] | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100mA] |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x08 0x90 0xD1 0x00 0x46 0x50 0x00 0x00 0x00 - ID0은 CCW방향 위치 180.00도, 속도 0.0RPM, 전류 0.0A

20. 속도 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |                         |                                         |                                            |                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  | 속도방향<br>[1byte]         | 속도<br>[2byte]                           | 위치<br>[2byte]                              | 전류<br>[1byte]                    |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x08               | 부록 참고                | 0xD2<br>(속도 피드백) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.1RPM] | 0x0000 ~ 0xFFFD<br>(0 ~ 65533) [0.1Degree] | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100mA] |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x08 0x01 0xD2 0x00 0x03 0xB3 0x07 0x67 0x00 - ID0은 CCW방향 속도 94.7RPM, 위치 189.5도, 전류 0.0A

21. 위치제어기 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                     |                                           |                                           |                                           |                                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]     | 위치제어기 Kp<br>[1byte]                       | 위치제어기 Ki<br>[1byte]                       | 위치제어기 Kd<br>[1byte]                       | 위치제어 정격전류<br>[1byte]                             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x06               | 부록 참고                | 0xD3<br>(위치제어기 피드백) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>(초기값: 정격전류) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xDC 0xD3 0xFE 0xFE 0xFE 0x50 - ID0은 위치제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=244, 위치제어 정격전류 8.0A

22. 속도제어기 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                     |                                           |                                           |                                           |                                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]     | 속도제어기 Kp<br>[1byte]                       | 속도제어기 Ki<br>[1byte]                       | 속도제어기 Kd<br>[1byte]                       | 속도제어 정격전류<br>[1byte]                             |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x06               | 부록 참고                | 0xD4<br>(속도제어기 피드백) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>(초기값: 정격전류) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xDB 0xD4 0xFE 0xFE 0xFE 0x50 - ID0은 속도제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=244, 속도제어 정격전류 8.0A

23. 통신 응답시간 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                       |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]       | 통신 응답시간<br>[1byte]                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x03               | 부록 참고                | 0xD5<br>(통신 응답시간 피드백) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100us]<br>(초기값: 0x01) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x26 0xD5 0x01 - ID0의 통신 응답시간은 100us

24. 모터 정격속도 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                       |                                                       |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]       | 모터 정격속도<br>[2byte]                                    |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x04               | 부록 참고                | 0xD6<br>(모터 정격속도 피드백) | 0x0001 ~ 0xFFFD<br>(1 ~ 65533) [RPM]<br>(초기값: 0x0B88) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0x62 0xD6 0x08 0xB8 - ID0의 모터 정격속도는 3000RPM

25. 분해능 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte]                                                        | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                   |                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                                                                          |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]   | 분해능<br>[2byte]                                                              |
| 0xFFFF                                                                   | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x04               | 부록 참고                | 0xD7<br>(분해능 피드백) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533)<br>[Encoder pulse or pole]<br>(초기값: 0x0004) |
| MC 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0x11 0xD7 0x00 0x13 - ID0의 엔코더 분해능은 19pulse   |                          |                    |                      |                   |                                                                             |
| BLMC-H 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0x20 0xD7 0x00 0x04 - ID0의 홀센서 분해능은 4pole |                          |                    |                      |                   |                                                                             |

26. 감속비 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte]                                            | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                   |                                                             |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                              |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]   | 감속비<br>[2byte]                                              |
| 0xFFFF                                                       | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x04               | 부록 참고                | 0xD8<br>(감속비 피드백) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1ratio]<br>(초기값: 0x000A) |
| 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0xBF 0xD8 0x00 0x64 - ID0의 감속비는 10:1 |                          |                    |                      |                   |                                                             |

27. 제어 On/Off 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte]                                   | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                         |                                        |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                                                     |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]         | 제어 On/Off<br>[1byte]                   |
| 0xFFFF                                              | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x03               | 부록 참고                | 0xD9<br>(제어 On/Off 피드백) | 0x00 (On)<br>0x01 (Off)<br>(초기값: 0x00) |
| 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x23 0xD9 0x00 - ID0은 제어 On |                          |                    |                      |                         |                                        |

28. 위치제어 모드 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte]                                        | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                       |                                                 |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|
|                                                          |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]       | 절대/상대 위치제어<br>[1byte]                           |
| 0xFFFF                                                   | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0xDA<br>(위치제어 모드 피드백) | 0x00 (절대 위치제어)<br>0x01 (상대 위치제어)<br>(초기값: 0x00) |
| 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x22 0xDA 0x00 - ID0은 절대 위치제어 모드 |                          |                    |                      |                       |                                                 |

29. 제어 방향 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte]                                           | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                     |                                              |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------------------|
|                                                             |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]     | 제어 방향<br>[1byte]                             |
| 0xFFFF                                                      | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0xDB<br>(제어 방향 피드백) | 0x00 (CCW 방향)<br>0x01 (CW 방향)<br>(초기값: 0x00) |
| 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x21 0xDB 0x00 - ID0의 제어 방향은 CCW 방향 |                          |                    |                      |                     |                                              |

30. 펄스웨어 버전 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte]                                       | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                       |                          |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                                         |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]       | 버전<br>[1byte]            |
| 0xFFFF                                                  | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x03               | 부록 참고                | 0xFD<br>(펄스웨어 버전 피드백) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 255) |
| 예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xFF 0xFD 0x00 - ID0은 펄스웨어 버전 0 |                          |                    |                      |                       |                          |

부 록

| 참 고                         |                                                                                                         |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 구 분                         | 설 명                                                                                                     |
| 초기 ID                       | ID: 0x00                                                                                                |
| Broadcast ID                | ID: 0xFF                                                                                                |
| Check sum                   | Header, Check sum을 제외한 모든 Packet을 더한 뒤 not연산 ~(Packet 2 + Packet 3 + Packet 5 + ... + Packet N) [1byte] |
| 통신속도<br>(Baudrate)<br>[bps] | 0x00 -> 110                                                                                             |
|                             | 0x01 -> 300                                                                                             |
|                             | 0x02 -> 600                                                                                             |
|                             | 0x03 -> 1,200                                                                                           |
|                             | 0x04 -> 2,400                                                                                           |
|                             | 0x05 -> 4,800                                                                                           |
|                             | 0x06 -> 9,600 (초기값)                                                                                     |
|                             | 0x07 -> 14,400                                                                                          |
|                             | 0x08 -> 19,200                                                                                          |
|                             | 0x09 -> 28,800                                                                                          |
|                             | 0x0A -> 38,400                                                                                          |
|                             | 0x0B -> 57,600                                                                                          |
|                             | 0x0C -> 76,800                                                                                          |
|                             | 0x0D -> 115,200                                                                                         |
|                             | 0x0E -> 230,400                                                                                         |
|                             | 0x0F -> 250,000                                                                                         |
|                             | 0x10 -> 500,000                                                                                         |
|                             | 0x11 -> 1,000,000                                                                                       |
| 제어 불가능시                     | 14. 제어 방향 설정 변경: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xEC 0x0F 0x01                                                     |

누리로봇 통신프로토콜 SA-RS485\_V1.0.2

1. 위치, 속도제어 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                               | 속도<br>[2byte]                           |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x07               | 부록 참고                | 0x01<br>(위치, 속도제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x0001 ~ 0xFFFF<br>(1 ~ 65533) [0.1RPM] |

예제: ID0을 5.0RPM의 속도로 CCW방향 180.00도에 도달하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x07 0x2F 0x01 0x00 0x46 0x50 0x00 0x32

2. 가감속 위치제어 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                               | 위치 도달 시간<br>[1byte]             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x02<br>(가감속 위치제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x01 ~ 0xFF<br>(1 ~ 255) [0.1s] |

예제: ID0을 위치 도달 시간 5.0s로 CW방향 360.00도에 도달하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0x98 0x02 0x01 0x8C 0xA0 0x32

3. 가감속 속도제어 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 속도방향<br>[1byte]         | 속도<br>[2byte]                           | 속도 도달 시간<br>[1byte]             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x03<br>(가감속 속도제어) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.1RPM] | 0x01 ~ 0xFF<br>(1 ~ 255) [0.1s] |

예제: ID0을 속도 도달 시간 1.0s로 CCW방향 10RPM에 도달하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0x88 0x03 0x00 0x00 0x64 0x0A

4. 위치제어기 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치제어기 Kp<br>[1byte]                       | 위치제어기 Ki<br>[1byte]                       | 위치제어기 Kd<br>[1byte]                       | 위치제어 정격전류<br>[1byte]                             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x04<br>(위치제어기 설정) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>{초기값: 정격전류} |

예제: ID0을 위치제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=0 위치제어 정격전류 3.2A로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xD9 0x04 0xFE 0xFE 0x00 0x20

5. 속도제어기 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 속도제어기 Kp<br>[1byte]                       | 속도제어기 Ki<br>[1byte]                       | 속도제어기 Kd<br>[1byte]                       | 속도제어 정격전류<br>[1byte]                             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x06               | 부록 참고                | 0x05<br>(속도제어기 설정) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 제품별 상이} | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>{초기값: 정격전류} |

예제: ID0을 속도제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=0 속도제어 정격전류 3.2A로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0xD8 0x05 0xFE 0xFE 0x00 0x20

6. ID 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] | ID<br>[1byte]                           |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x06<br>(ID 설정) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>{초기값: 0x00} |

예제: ID0를 ID1로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xF5 0x06 0x01

7. 통신속도 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]   | 통신속도<br>[1byte]                                |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x07<br>(통신속도 설정) | 0x00 ~ 0x11<br>(0 ~ 17) [부록 참고]<br>{초기값: 0x06} |

예제: ID0을 통신속도 115,200bps로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xE8 0x07 0x0D

8. 통신 응답시간 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]      | 통신 응답시간<br>[1byte]                              |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x08<br>(통신 응답시간 설정) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100us]<br>{초기값: 0x01} |

예제: ID0을 통신 응답시간 200us로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xF2 0x08 0x02

#### 9. 외부 감속비 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                     |                                                             |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]     | 감속비<br>[2byte]                                              |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x04               | 부록 참고                | 0x09<br>(외부 감속비 설정) | 0x0001 ~ 0xFFFFD<br>(1 ~ 65533) [0.1ratio]<br>(초기값: 0x000A) |

예제: ID0을 외부 감속비 2:1로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0xDE 0x09 0x00 0x14

#### 10. 제어 On/Off 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                        |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]        | 제어 On/Off<br>[1byte]                   |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x0A<br>(제어 On/Off 설정) | 0x00 (On)<br>0x01 (Off)<br>(초기값: 0x00) |

예제: ID0을 제어 Off로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xF1 0x0A 0x01

#### 11. 위치제어 모드 설정 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Check sum<br>[1byte] | Data                 |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    |                      | Mode<br>[1byte]      | 절대/상대 위치제어<br>[1byte]                           |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0x0B<br>(위치제어 모드 설정) | 0x00 (절대 위치제어)<br>0x01 (상대 위치제어)<br>(초기값: 0x00) |

예제: ID0을 상대 위치제어 모드로 설정하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xF0 0x0B 0x01

#### 12. 위치 초기화 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x02               | 부록 참고                | 0x0C<br>(위치 초기화) |

예제: ID0을 위치 초기화하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0xF1 0x0C

#### 13. 공장 초기화 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]  |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x02               | 부록 참고                | 0x0D<br>(공장 초기화) |

예제: Broadcast ID로 공장 초기화하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0xFF 0x02 0xF1 0x0D

#### 14. Open-Loop 구동 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                        |                         |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]        | 구동방향<br>[1byte]         | PWM 듀티비<br>[2byte]                     |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x05               | 부록 참고                | 0x11<br>(Open-Loop 구동) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0x2710<br>(0 ~ 10000) [0.01%] |

예제: ID0을 50% CCW 구동하기 위한 프로토콜 0xFF 0xFE 0x00 0x05 0x4E 0x11 0x00 0x13 0x88

#### 15. 피드백 요청 (송신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]                                                                                                                                                                                     |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x02               | 부록 참고                | 0xA0 (Ping)<br>0xA1 (위치 피드백)<br>0xA2 (속도 피드백)<br>0xA3 (위치제어기 피드백)<br>0xA4 (속도제어기 피드백)<br>0xA5 (통신 응답시간 피드백)<br>0xA6 (외부 감속비 피드백)<br>0xA7 (제어 On/Off 피드백)<br>0xA8 (위치제어 모드 피드백)<br>0xCD (필웨어 버전 피드백) |

예제: ID0을 위치 피드백하기 위한 프로토콜 - 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0x5C 0xA1



16. Ping (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte] |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x02               | 부록 참고                | 0xD0<br>(Ping)  |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x02 0x2D 0xD0 - ID0의 Ping

17. 위치 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                             |                                         |                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 위치방향<br>[1byte]         | 위치<br>[2byte]                               | 속도<br>[2byte]                           | 전류<br>[1byte]                    |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x08               | 부록 참고                | 0xD1<br>(위치제어 피드백) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.01Degree] | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.1RPM] | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100mA] |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x08 0xA0 0xD1 0x00 0x46 0x40 0x00 0x00 0x00 - ID0은 CCW방향 위치 179.84도, 속도 0.0RPM, 전류 0.0A

18. 속도 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                    |                         |                                         |                                            |                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]    | 속도방향<br>[1byte]         | 속도<br>[2byte]                           | 위치<br>[2byte]                              | 전류<br>[1byte]                    |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x08               | 부록 참고                | 0xD2<br>(속도제어 피드백) | 0x00 (CCW)<br>0x01 (CW) | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.1RPM] | 0x0000 ~ 0xFFFF<br>(0 ~ 65533) [0.1Degree] | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100mA] |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x08 0xB7 0xD2 0x00 0x00 0x66 0x78 0x8E 0x02 - ID0은 CCW방향 속도 10.2RPM, 위치 3086.2도, 전류 0.2A

19. 위치제어기 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                     |                                           |                                           |                                           |                                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]     | 위치제어기 Kp<br>[1byte]                       | 위치제어기 Ki<br>[1byte]                       | 위치제어기 Kd<br>[1byte]                       | 위치제어 정격전류<br>[1byte]                             |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x06               | 부록 참고                | 0xD3<br>(위치제어기 피드백) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>(초기값: 정격전류) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0x0A 0xD3 0xFE 0xFE 0x00 0x20 - ID0은 위치제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=0, 위치제어 정격전류 3.2A

20. 속도제어기 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                     |                                           |                                           |                                           |                                                  |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]     | 속도제어기 Kp<br>[1byte]                       | 속도제어기 Ki<br>[1byte]                       | 속도제어기 Kd<br>[1byte]                       | 속도제어 정격전류<br>[1byte]                             |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x06               | 부록 참고                | 0xD4<br>(속도제어기 피드백) | 0x01 ~ 0xFE<br>(1 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254)<br>(초기값: 제품별 상이) | 0x01 ~ 정격전류<br>(1 ~ 정격전류) [100mA]<br>(초기값: 정격전류) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x06 0x09 0xD4 0xFE 0xFE 0x00 0x20 - ID0은 속도제어기 Kp=244, Ki=244, Kd=0, 속도제어 정격전류 3.2A

21. 통신 응답시간 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                       |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]       | 통신 응답시간<br>[1byte]                              |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x03               | 부록 참고                | 0xD5<br>(통신 응답시간 피드백) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) [100us]<br>(초기값: 0x01) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x26 0xD5 0x01 - ID0의 통신 응답시간은 100us

22. 외부 감속비 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                   |                                                            |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]   | 외부 감속비<br>[2byte]                                          |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x04               | 부록 참고                | 0xD6<br>(감속비 피드백) | 0x0001 ~ 0xFFFF<br>(1 ~ 65533) [0.1ratio]<br>(초기값: 0x000A) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x04 0x11 0xD6 0x00 0x14 - ID0의 외부 감속비는 2:1

23. 제어 On/Off 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                         |                                        |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]         | 제어 On/Off<br>[1byte]                   |
| 0xFFFF            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x03               | 부록 참고                | 0xD7<br>(제어 On/Off 피드백) | 0x00 (On)<br>0x01 (Off)<br>(초기값: 0x00) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x25 0xD7 0x00 - ID0은 제어 On

24. 위치제어 모드 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                       |                                                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]       | 절대/상대 위치제어<br>[1byte]                           |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFF<br>(0 ~ 255) | 0x03               | 부록 참고                | 0xD8<br>(위치제어 모드 피드백) | 0x00 (절대 위치제어)<br>0x01 (상대 위치제어)<br>(초기값: 0x00) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0x24 0xD8 0x00 - ID0은 절대 위치제어 모드

25. 펌웨어 버전 피드백 (수신)

| Header<br>[2byte] | ID<br>[1byte]            | Data 크기<br>[1byte] | Data                 |                      |                          |
|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
|                   |                          |                    | Check sum<br>[1byte] | Mode<br>[1byte]      | 버전<br>[1byte]            |
| 0xFFFE            | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) | 0x03               | 부록 참고                | 0xFD<br>(펌웨어 버전 피드백) | 0x00 ~ 0xFE<br>(0 ~ 254) |

예제: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xFF 0xFD 0x00 - ID0은 펌웨어 버전 0

부 록

| 구 분                         |                                                                                                         | 참 고 |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 초기 ID                       | ID: 0x00                                                                                                | 설 명 |
| Broadcast ID                | ID: 0xFF                                                                                                |     |
| Check sum                   | Header, Check sum을 제외한 모든 Packet을 더한 뒤 not연산 ~(Packet 2 + Packet 3 + Packet 5 + ... + Packet N) [1byte] |     |
| 통신속도<br>(Baudrate)<br>[bps] | 0x00 -> 110                                                                                             |     |
|                             | 0x01 -> 300                                                                                             |     |
|                             | 0x02 -> 600                                                                                             |     |
|                             | 0x03 -> 1,200                                                                                           |     |
|                             | 0x04 -> 2,400                                                                                           |     |
|                             | 0x05 -> 4,800                                                                                           |     |
|                             | 0x06 -> 9,600 (초기값)                                                                                     |     |
|                             | 0x07 -> 14,400                                                                                          |     |
|                             | 0x08 -> 19,200                                                                                          |     |
|                             | 0x09 -> 28,800                                                                                          |     |
|                             | 0x0A -> 38,400                                                                                          |     |
|                             | 0x0B -> 57,600                                                                                          |     |
| 제어 불능시                      | 0x0C -> 76,800                                                                                          |     |
|                             | 0x0D -> 115,200                                                                                         |     |
|                             | 0x0E -> 230,400                                                                                         |     |
|                             | 0x0F -> 250,000                                                                                         |     |
|                             | 0x10 -> 500,000                                                                                         |     |
|                             | 0x11 -> 1,000,000                                                                                       |     |
|                             | 14. 제어 방향 설정 변경: 0xFF 0xFE 0x00 0x03 0xEC 0x0F 0x01                                                     |     |