

---

# neuroNicle FX2 데이터 규격

---

neuroNicle FX2 무선 뇌파 Headset 장치의 LXSDf T2A 기반 데이터 통신규격

---

Doc. ID. LXD141 V1

Release Date. 2017-02-06

---

*Abstract – neuroNicle FX2 장치는 블루투스 시리얼 통신용 데이터 포맷으로 LXSDf T2A 를 이용하고 있으며, 본 문서는 LXSDf T2A 에서 장치의 데이터 배정 정보를 설명한다. 이 데이터 통신규격에 따라 장치와 통신 가능한 호스트 기기(Pc, 스마트폰등)에서 neuroNicle FX2 와 블루투스 연결하여, 장치에서 제공하는 정보를 활용할 수 있다. 본 내용은 LXSDf T2A 포맷에 기반하므로 아래 필수참조문서를 숙지해야만 이해 가능하다.*



필수참조문서

1. LXD10 Vx, “LXSDf T2A 통신규격”

## 목차

|   |           |
|---|-----------|
| <b>NEURONICLE FX2 블루투스 통신</b> .....                 | <b>3</b>  |
| <b>NEURONICLE FX2 에서 LXSDf T2A 형식에 적용된 상수</b> ..... | <b>3</b>  |
| <b>장치 동작 모드</b> .....                               | <b>4</b>  |
| 전원 ON .....   | 5         |
| 전원 OFF.....   | 5         |
| 대기 모드 .....   | 5         |
| 측정 모드 .....   | 5         |
| 충전 모드 .....   | 6         |
| <b>장치의 데이터 수신</b> .....                             | <b>7</b>  |
| <b>장치의 데이터 송신(LXSDf T2A 송신 데이터)</b> .....           | <b>7</b>  |
| 대기/충전 모드에서 송신 데이터 .....                             | 7         |
| 측정(실행) 모드에서 송신 데이터 .....                            | 9         |
| 송신 데이터 항목별 상세설명.....                                | 9         |
| 스트림 데이터 속성([2]. PPD) .....                          | 10        |
| 상태모니터링([3]. PUD0).....                              | 10        |
| Packet Cyclic Count([4]. PC) .....                  | 11        |
| 분당 심박수([5]. PUD1) .....                             | 11        |
| 전지 잔량([6]. PCD[1]).....                             | 11        |
| 좌뇌 뇌파 포화([6]. PCD[20]) .....                        | 11        |
| 우뇌 뇌파 포화([6]. PCD[21]) .....                        | 11        |
| CH1 전극 부착 상태([7]. CRD_PUD2_TYPE.bit5) .....         | 11        |
| CH2 전극 부착 상태([7]. CRD_PUD2_TYPE.bit4).....          | 11        |
| REF 전극 부착 상태([7]. CRD_PUD2_TYPE.bit3) .....         | 12        |
| 노/파파형(CH1, CH2).....                                | 12        |
| Power Spectrum(CH3).....                            | 13        |
| 맥파(PPG, CH4) .....                                  | 14        |
| 이차미분 맥파(sdPPG, CH5) .....                           | 14        |
| 심박간격 데이터(peak-interval, CH6).....                   | 14        |
| <b>REVISION HISTORY</b> .....                       | <b>15</b> |

## neuroNicle FX2 블루투스 통신

본 문서는 neuroNicle FX2 의 블루투스 시리얼 통신규격을 정의한다.

neuroNicle FX2 블루투스는 SPP 프로파일이며, 스마트폰, PC 등의 호스트기기에서는 시리얼포트 (COM 포트)로 인식된다.

블루투스 접속시 비밀번호 : 1234

COM 포트 설정 : baud rate : 11520 bps, data bit : 8bit, stop bit : 1, parity : none, flow control : non

본 통신규격은 시리얼통신포맷을 기반으로 하며 다양한 형식의 데이터를 전송하기 위한 형식포맷으로써 LXSDf T2A(LX Serial Data Format Type 2A) 를 기반으로 한다.

본 설명서는 neuroNicle FX2 에 있어서, LXSDf T2A 포맷에 어떤 데이터가 배치되었는지 설명한다.

LXSDf T2A 에 대한 설명은 본 문서에서 다루지 않으며, 문서아이디: LXD10 Vx 를 필수 참조해야 한다.

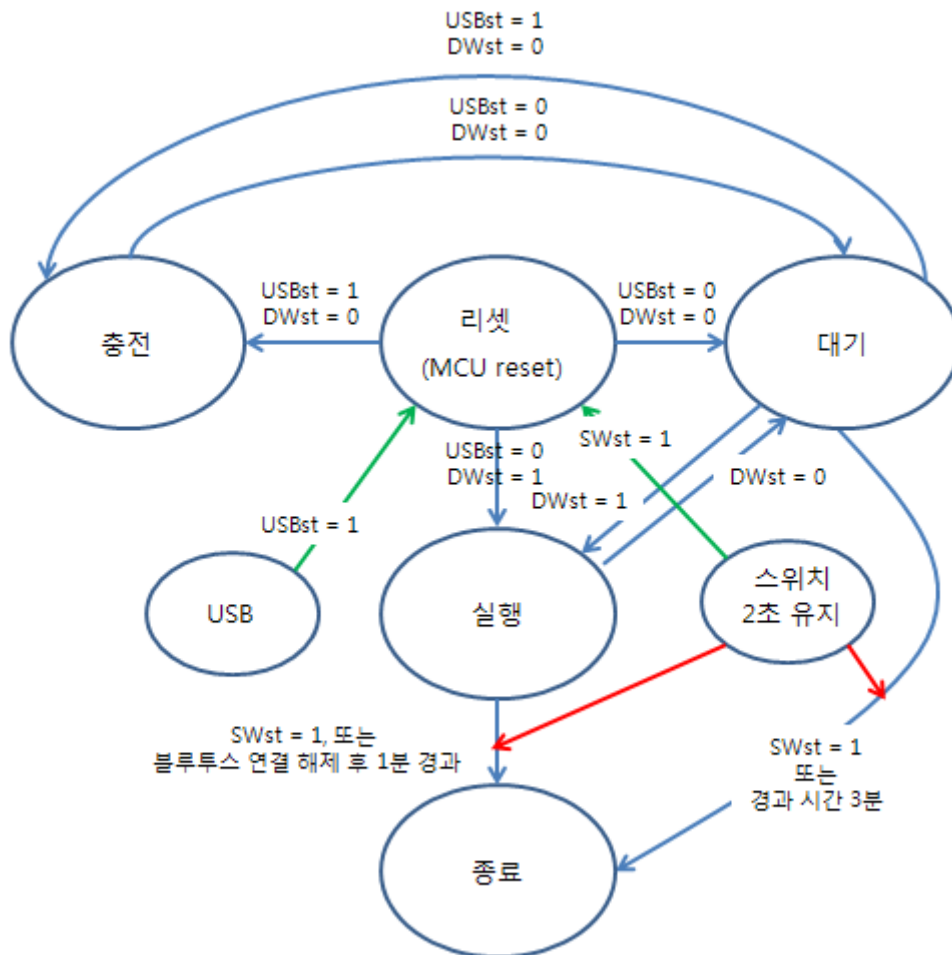
## neuroNicle FX2 에서 LXSDf T2A 형식에 적용된 상수.

| 항목                                   | 설명   |
|--------------------------------------|--|
| LXSDf T2A TX 1 패킷 전송주기               | 초당 250 패킷(측정 모드), 초당 1 패킷(대기모드), 2 초당 1 패킷(충전모드) |
| COM Port 탐색 정보: PCD[31]              | 109  |
| LXDeviceID : PCD[30]                 | 35   |
| ComFirmInfo1 : PCD[29]               | 0  |
| 채널수 : PCD[28]                        | 6  |
| 샘플수 : PCD[27]                        | 1  |
| ComPath : PCD[26]                    | 2 (무선 블루투스 SPP)                                  |
| ComFirmInfo2 : PCD[25]               | 25 (firmware ID)                                 |
| ComFirmInfo3 : PCD[24]               | 0  |
| Reserved(firmware revision): PCD[23] | 10   |

표[1]. neuroNicle FX2 에 적용된 LXSDfT2A 의 기본 상수.

## 장치 동작 모드

neuroNicle FX2 무선 BHM(Brain Heart Monitor) 장치는 대기 모드(PPD=0), 측정모드(PPD=1), 그리고 충전 모드(PPD=2)로 동작한다. 동작 모드의 상태 천이도는 그림[1]과 같다.



그림[1]. neuroNicle FX2의 동작 상태 천이도. 장치에 공급되는 전원에 따라, 그리고 장치 착용 여부에 따라 동작 모드가 달라진다. 대기 모드에서 실행 모드로 모드 변환이 이루어질 때는 2초 정도의 모드변환 시간이 소요된다. 이 시간 이후에도 장치가 실행 모드 조건을 만족하고 있을 경우, 장치는 실행 모드로 구동한다. 그 외 모드 변환은 그 조건이 성립하는 즉시, 모드가 변환된다.

충전을 위한 USB 연결 여부(USBst 상태 값, 0=미연결, 1=연결), 전원 스위치 누름 여부(SWst 상태값, 0=스위치 누름 없음, 1=스위치 누름), 그리고 장치 착용 여부(DWst 상태값, 0=미착용, 1=착용)에 따라 각 동작 모드가 결정된다.

## 전원 ON

장치에 전원을 인가하는 두 가지 방법이 있다. 전원이 인가된 USB 를 연결하든지(USBst=1) 전원 스위치를 ~1 초 정도 누르고 있든지(SWst = 1). USB 를 연결한 후 연결 해제하여도 장치에 전원이 계속 공급된다. 전원 스위치를 1 초 정도 눌러 전원을 인가할 경우에는 녹색 LED 가 ON 될 때까지 스위치를 누르고 있다. 녹색 LED 가 켜지기 전에 스위치를 놓으면 전원이 OFF 된다. 이는 원하지 않는 잠깐의 스위치 동작으로 장치에 전원이 공급되는 것을 방지하기 위한 것이다.

## 전원 OFF

장치의 전원이 차단되는 세 가지 방법이 있다. 장치가 켜진 상태에서 장치의 전원 스위치를 2 초 정도 계속 누르든지, 대기 모드에 그냥 그대로 두든지, 또는 측정(RUN) 모드에서 블루투스 연결이 해제되든지. 전원 스위치를 눌러 녹색 LED 가 ON 될 때까지 누르고 있다가 스위치를 놓으면 장치의 전원이 차단된다. 장치가 대기 모드에서 동작할 경우에는 대기 시간(3 분) 이후에 자동으로 전원이 차단된다. 측정 모드에서 블루투스 연결이 해제되면 1 분 이내에 전원이 차단된다.

## 대기 모드

USB 가 연결되어 있지 않으며(USBst = 0), 장치 착용하지 않은 상태(DWst = 0)일 경우, 장치의 동작 모드이다. 이 모드에서는

실행 주기 = 1 초,

BLUE LED 가 실행 주기에 따라 깜박이며,

블루투스가 연결되어 있지 않을 경우에는 보라색(BLUE + RED)으로 깜박이고,

대기 모드 유지 시간은 3 분이다. 대기 시간 이내에 다른 모드로 진입하지 않으면 전원이 자동 차단된다. 이 모드에서는 전지 잔량이 표시된다.

## 측정 모드

USB 가 연결되어 있지 않으며(USBst = 0), 장치 착용 상태(DWst = 1)일 경우, 장치의 동작 모드이다. 이 모드에서는

실행 주기 = 4msec,

RED LED 는 심박에 동기 되어 깜박이고,

GREEN LED 는 2 초 간격으로 깜박인다.

전지 잔량으로 표시하고, 전지 잔량이 10% 이하일 경우, 전지 부족 경고를 나타낸다. 이 경고에서는 전지를 10 분 이내에 충전하는 것이 바람직하다. 블루투스가 연결되어 있지 않으면 1 분 이내에 자동 전원 OFF 된다.

## 충전 모드

장치에 USB 가 연결되어 있을 경우(USBst = 1), 장치의 동작 모드이다. 이 모드에서는

실행 주기 = 2 초,

BLUE LED 가 실행 주기에 따라 깜박이며,

충전이 완료되면, BLUE LED 는 ON 상태를 유지한다.

충전 모드에서 USB 연결을 해제하더라도 장치의 전원이 ON 되어 있다. 장치를 착용하지 않을 경우, 대기 모드로 진입하여, 설정된 대기시간(3 분) 동안 그 상태를 유지한다. 이 모드에서는 충전 완료 정보, 충전 시간 등이 제공된다.

## 장치의 데이터 수신

neuroNicle FX2 장치가 호스트 기기에게서 받는 데이터는 없다. 장치는 호스트의 command 없이 그 동작 상태에 따라 구동된다.

## 장치의 데이터 송신(LXSDf T2A 송신 데이터)

장치에 공급되는 전원에 따라 그림[1]과 같이 그 동작 모드가 달라진다. 각 동작 모드에 따라 출력되는 데이터도 달라진다. 각 모드에 따른 출력 데이터의 내용을 아래에서 다룬다.

### 대기/충전 모드에서 송신 데이터

대기/충전 모드에서 출력 데이터는 표[2]와 같다. 대기 모드는 충전 모드에서 진입할 수도 있고, 측정 모드에서 진입할 수도 있다. 대기 모드는 측정 모드에 진입하기 전 전지 소모량으로 줄이고, 전지 잔량과 블루투스 연결 상태 등을 모니터 하기에 적합하다. 다른 동작 모드로 진입하지 않고 이 모드에 대기 시간(3 분) 이상 머물면, 전원이 자동 차단된다. 충전 모드는 USB 전원이 연결되어, 내장 충전지에 전력이 공급될 경우, 실행되는 장치 동작 모드이다. 충전 모드에서는 2 초 단위로 데이터가 전송되고, 충전 상태, 충전 진행 시간 등의 데이터가 포함된다. 다만 다른 데이터 전송 측면에서는 대기모드와 유사하다.

| 데이터항목                 | LXSDf T2A TX 패킷 데이터                | 설명   |
|-----------------------|------------------------------------|--|
| 동작 모드                 | [2]. PPD = 0/2                     | 0=대기 모드, 2= 충전 모드.   |
| 대기모드 유지시간/<br>충전진행 시간 | [3]. PUD0                          | 초 단위의 대기 모드 남은 시간. 설정 대기시간(180(초))에서부터 시작하여 0 이 되면 전원이 차단된다.<br>충전 모드에서, 충전 진행 시간. 분단위. 충전 완료 시 최종 값 유지. |
| Packet Cyclic Count   | [4]. PC                            | 0 ~ 31.  |
| 전지 잔량(대기 모드)          | [5]. PUD1<br>[5]. PUD1.bit0 (충전상태) | % 단위. 5% 단위로 변동된다(대기 모드).<br>0=충전 중, 1= 충전 완료(충전 모드)   |
| -                     | [6]. PCD[0]~[19]                   | 데이터 할당 없음.   |
| CH1 전극부착상태            | [7]. CRD_PUD2_TYPE.bit5            | 0 : 미부착, 1 : 부착 ;(왼쪽이마)  |
| CH2 전극부착상태            | [7]. CRD_PUD2_TYPE.bit4            | 0 : 미부착, 1 : 부착 ;(오른쪽이마)   |
| REF 전극부착상태            | [7]. CRD_PUD2_TYPE.bit3            | 0 : 미부착, 1 : 부착 ;(귓볼)  |
| -                     | [8]. CH1_h<br>[9]. CH1_l           | 데이터 할당 없음  |

|   |                            |           |
|---|----------------------------|-----------|
| - | [10]. CH2_h<br>[11]. CH2_l | 데이터 할당 없음 |
| - | [12]. CH3_h<br>[13]. CH3_l | 데이터 할당 없음 |
| - | [14]. CH4_h<br>[15]. CH4_l | 데이터 할당 없음 |
| - | [16]. CH5_h<br>[17]. CH5_l | 데이터 할당 없음 |
| - | [18]. CH6_h<br>[19]. CH6_l | 데이터 할당 없음 |

표[2]. 대기/충전 모드에서 송신 데이터 항목. 패킷은 1 초 단위로 전송된다. 명시하지 않아도, [0]=255, [1]=254 가 포함되어 있다. 데이터 확인 없이 이 모드를 인지할 수 있는 방법은 LED 상태를 확인하는 것이다.

BLUE LED 가 1 초 단위로 깜박임(대기 모드). 2 초 단위로 깜빡임(충전 모드).

만약, 블루투스가 연결되어 있지 않으면, RED LED 도 함께 깜박인다(대기 모드).

그림[1]에서 알 수 있듯이, 대기 모드에서 USB 를 연결하면 충전 모드로 진입하고, 장치를 착용하면 측정(실행) 모드로 진입한다. 이들 모드로 진입하거나, 장치 전원을 강제로 OFF 하지 않으면, 대기시간(3 분) 후 자동 OFF 된다.



## 측정(실행) 모드에서 송신 데이터

측정 모드는 대기 모드에서 장치를 착용(EEG 전극 부착)할 경우, 장치 동작 모드이다. 이 모드는 4msec 주기로 구동되어, 초당 250 패킷을 전송한다. 이 모드에서 송신하는 데이터 항목은 표[3]과 같다.

| 데이터항목               | LXSDf T2A TX 패킷 데이터        | 설명  |
|---------------------|----------------------------|---|
| 스트림 데이터 속성          | [2]. PPD = 1               | 측정 모드, 스트림 데이터임을 의미.  |
| 상태모니터링              | [3]. PUDo                  | Bit7 : 심박 이벤트<br>Bit6 : 센서 착용 상태(1=착용, 0=미착용)<br>Bit5 : 귓볼 전극 연결 상태(1=정상, 0=비정상)<br>Bit4 : 전지 부족 경고(1=정상, 0=전지부족)<br>Bit3 : reserved<br>Bit2 : PPG signal Normality(1=정상, 0=비정상)<br>Bit1 : reserved<br>Bit0 : 2 초 단위 개시시점(1). |
| Packet Cyclic Count | [4]. PC                    | 0 ~ 31.   |
| 분당 심박수              | [5]. PUD1                  | 30 ~ 240 bpm. 심박 이벤트 시점에 갱신.  |
| 전지 잔량               | [6]. PCD[1]                | % 단위. 5% 단위로 변동. 10% 미만에서 부족 경고.  |
| 좌뇌 뇌파 포화            | [6]. PCD[20]               | 0~255. 0 또는 255 에 근접할수록 포화 상태.  |
| 우뇌 뇌파 포화            | [6]. PCD[21]               | 중앙값(128)에 근접할수록 바람직.  |
| CH1 전극부착상태          | [7]. CRD_PUD2_TYPE.bit5    | 0 : 미부착, 1 : 부착 ;(왼쪽이마).  |
| CH2 전극부착상태          | [7]. CRD_PUD2_TYPE.bit4    | 0 : 미부착, 1 : 부착 ;(오른쪽이마).   |
| REF 전극부착상태          | [7]. CRD_PUD2_TYPE.bit3    | 0 : 미부착, 1 : 부착 ;(귓볼).  |
| 뇌파파형-CH1            | [8]. CH1_h<br>[9]. CH1_l   | 좌뇌 뇌파파형(15 비트)  |
| 뇌파파형-CH2            | [10]. CH2_h<br>[11]. CH2_l | 우뇌 뇌파파형(15 비트)  |
| Power spectrum      | [12]. CH3_h<br>[13]. CH3_l | 좌/우뇌 파워 스펙트럼의 10 배 값이 할당됨.  |
| 맥파(PPG)             | [14]. CH4_h<br>[15]. CH4_l | PPG 파형 (15 비트; AGC 파형)  |
| 가속도 맥파(sdPPG)       | [16]. CH5_h<br>[17]. CH5_l | 2 차 미분 PPG 파형(15 비트)  |
| 심박간격데이터             | [18]. CH6_h<br>[19]. CH6_l | peak-interval (msec). (250 ~ 2000)  |

표[3]. neuroNicle FX2 장치의 송신 데이터 규격.

## 송신 데이터 항목별 상세설명.

장치에 전원이 인가되면, LXSDf T2A stream 데이터 규격으로 장치는 계속 데이터를 호스트 기기에 전송한다. 호스트 기기는 규격 정보로부터 해당 데이터를 확보할 수 있다. 어떤 데이터를 활용할 것인가는 전적으로

호스트 기기의 데이터 선택에 달려있다. 표[3]에서 각 데이터는 T2A 규격으로 분리하면 해당 값을 확보할 수 있지만, power spectrum 항목은 추가 데이터 분리가 필요하다. 이에 대한 각 세부 사항은 아래에서 설명한다.

### 스트림 데이터 속성([2]. PPD)

현재 전송되는 데이터 패킷의 속성을 나타낸다. PPD=1 은 스트림 데이터이면서, packet size 는 20 임을 의미한다. 동시에 측정 모드 상태임을 나타냄.

### 상태모니터링([3]. PUD0)

장치의 다양한 상태값을 나타낸다. 각 상태 값 항목은 다음과 같다.

Bit7 : 심박 이벤트. 1=심박 검출, 0=미검출. 심박 이벤트 신호를 기준으로 심박간격 데이터를 확보하여 HRV 에 활용할 수 있다. 또한 이 시점을 기준으로 분당 심박수 데이터가 갱신된다(그림[3] 참고).

Bit6 : 센서착용 상태. 1=착용, 0=미착용. 귓볼전극을 포함하여 센서를 머리에 착용 완료하면, 해당 상태를 나타낸다. 센서 착용이 완료되었음에도 불구하고, 이 값이 셋(1)되지 않으면 전극 부착을 다시 확인할 필요가 있다.

Bit5 : 귓볼 전극 연결 상태. 센서를 착용하지 않은 상태에서 귓볼 전극은 서로 붙어있다. 이 상태를 알려주는 항목이다. 센서 착용 전에 귓볼 전극이 붙어있지 않으면, 전극 착용 시 접촉 상태가 좋지 못할 수 있다. 이는 전극 점검 요인이 된다.

Bit4 : 전지 부족 경고. 전지 잔량이 10% 이하일 때 경고 신호 생성(1=정상, 0=전지 부족). 전지 부족 경고가 발생하면, 10 분 이내로 측정을 중단하고, 전지를 충전하는 것이 바람직하다.

Bit3 : reserved.

Bit2 : PPG signal Normality. 현 시점의 심박 간격 정상/비정상 유무를 나타낸다. PPG 신호 안정 상태 확인용으로도 사용될 수 있다. 1=현재 측정된 심박간격이 정상범위이다. 0= 비정상 범위이다. 심박간격의 정상 범위 ; 과거심박간격의 60% <=현재 측정 값 <=과거심박간격의 140%.

Bit1 : reserved.

Bit0 : 2 초 단위 개시 시점. 2 초 시점(정확하게는  $4 \times 512 = 2.048$  초)에 셋(1)됨. 2 초 간격으로 이 값이 셋 되면, power spectrum 데이터 구분의 출발점이 된다. Power spectrum 의 인덱스가 이 셋 값 기준으로 설정된다.

**Packet Cyclic Count([4]. PC)**

Packet count 값. 0~31 범위를 매 패킷 전송 때마다 반복한다. 이 값에서 [6]. PCD[PC]값을 확보한다.

**분당 심박수([5]. PUD1)**

분당 심박수 값이 표시된다. 심박 이벤트가 발생할(PUD0.bit7 = 1) 때마다, 이 값이 갱신된다. 값의 범위는 30~240(bpm). 값의 정확도는 +/-1bpm.

**전지 잔량([6]. PCD[1])**

장치 동작 중의 전지 잔량을 %(5% 단위)로 나타낸다. 2 초 마다 계측되어 PCD[1]에 배정된다.

**좌뇌 뇌파 포화([6]. PCD[20])**

좌뇌 뇌파의 장치 입력 포화 상태를 나타낸다. 이 값이 0 또는 255 에 근접할수록 입력 신호가 포화되어 측정 신호가 불안정할 수 있음을 나타낸다. 중앙 값(128)에 근접할수록 좌뇌 뇌파 신호는 안정적이다.

**우뇌 뇌파 포화([6]. PCD[21])**

우뇌 뇌파의 장치 입력 포화 상태를 나타낸다. 이 값이 0 또는 255 에 근접할수록 입력 신호가 포화되어 측정 신호가 불안정할 수 있음을 나타낸다. 중앙 값(128)에 근접할수록 우뇌 뇌파 신호는 안정적이다.

**CH1 전극 부착 상태([7]. CRD\_PUD2\_TYPE.bit5)**

CH1 전극(왼쪽 이마)의 인체 부착 상태 값을 나타낸다. 장치가 인체에 올바르게 부착되면 셋(1)되고, 그렇지 않으면 리셋(0)된다. 장치 착용 시 전극과 이마 사이에 이물질(색조 화장품, 머리카락 등)이 끼이지 않도록 주의가 필요하다. 또한, 피부가 깨끗한 상태로 유지되어야 할 필요가 있다. 전극이 비록 인체에 접촉 되었다고 할 지라도, 전극-피부 사이의 전기적 접촉이 좋지 못하면, 전극 접촉이 올바르게 검출되지 못할 수 있다. 비록 전극이 접촉되었다고 판단될 지라도 안정적인 뇌파 신호를 얻기 위해서는 전극-피부 접촉 안정화가 필요하다.

**CH2 전극 부착 상태([7]. CRD\_PUD2\_TYPE.bit4)**

CH2 전극(오른쪽 이마)의 인체 부착 상태 값을 나타낸다. 장치가 인체에 올바르게 부착되면 셋(1)되고, 그렇지 않으면 리셋(0)된다. 장치 착용 시 전극과 이마 사이에 이물질(색조 화장품, 머리카락 등)이 끼이지 않도록

주의가 필요하다. 또한, 피부가 깨끗한 상태로 유지되어야 할 필요가 있다. 전극이 비록 인체에 접촉 되었다고 할 지라도, 전극-피부 사이의 전기적 접촉이 좋지 못하면, 전극 접촉이 올바르게 검출되지 못할 수 있다. 비록 전극이 접촉되었다고 판단될 지라도 안정적인 뇌파 신호를 얻기 위해서는 전극-피부 접촉 안정화가 필요하다.

### REF 전극 부착 상태([7]. CRD\_PUD2\_TYPE.bit3)

REF 전극(오른쪽 귓볼)의 인체 부착 상태 값을 나타낸다. REF 전극이 귓볼에 올바르게 부착되면 셋(1)되고, 그렇지 않으면 리셋(0)된다. 장치 착용 시 전극과 귓볼 사이에 이물질(색조 화장품, 머리카락, 귀걸이 등)이 끼이지 않도록 주의가 필요하다. 또한, 귓볼이 깨끗한 상태로 유지되어야 할 필요가 있다. 전극이 비록 인체에 접촉 되었다고 할 지라도, 전극-귓볼 사이의 전기적 접촉이 좋지 못하면, 전극 접촉이 올바르게 검출되지 못할 수 있다. 비록 전극이 접촉되었다고 판단될 지라도 안정적인 뇌파 신호를 얻기 위해서는 전극-피부 접촉 안정화가 필요하다. 귓볼 전극에는 PPG 센서가 구비되어 있어 안정적인 PPG 신호를 얻기 위해서는 전극 장착에 주의해야 한다.

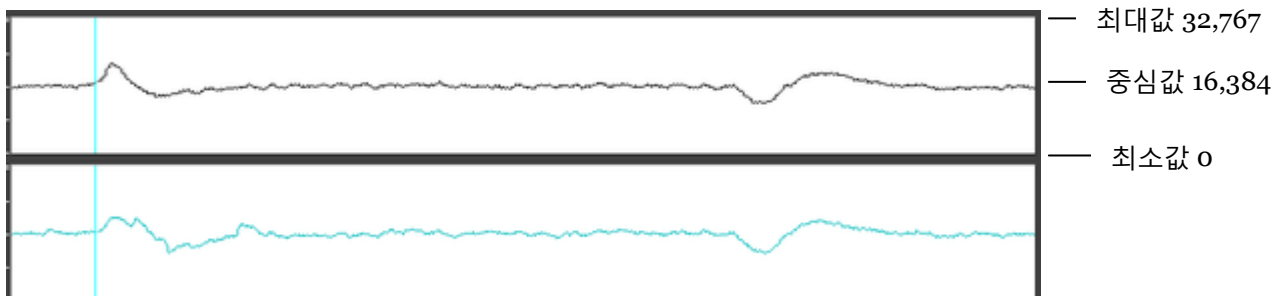
### 뇌파파형(CH1, CH2)

현재 장치에서 측정된 뇌파 데이터를 나타낸다. 왼쪽 이마 전극에서 계측된 것이 CH1, 오른쪽 전극에서 계측된 것이 CH2 이다. 뇌파 파형데이터가 1 샘플링 단위로 실시간 전송된다.

장치에서 수행되는 뇌파파형의 AD 변환 특성

- 샘플링 주파수 : 250Hz,
- Data Bit : 15bit.

뇌파파형의 예.



그림[2]. 좌뇌 뇌파파형(위), 우뇌 뇌파파형(아래).

LXSDF T2A 의 뇌파파형 배치

1 번의 패킷전송시 1 샘플링 데이터를 Ch1\_h 와 Ch1\_l (좌뇌뇌파의 경우)로 전달.

샘플링 데이터 값의 범위 : 0~32,767; 중심값 : 16,384 (16,384 이 아날로그 0V 지점이라는 의미.)

Ch1\_h 의 bit 6~0 에는 1 샘플링 데이터 총 15 비트중 상위 7 비트 배치.

Ch1\_l 의 bit7~0 에는 1 샘플링 데이터 총 15 비트중 하위 8 비트 배치.

호스트에서 수신한 데이터 처리.

뇌파파형의 샘플링 데이터 = 상위 7 비트 x 256 + 하위 8 비트.

예: 상위 7 비트의 값이 10 진수로 9 였고, 하위 1 바이트의 값이 126 이었다면

뇌파파형의 샘플링 데이터 =  $9 \times 256 + 126$  에 의하여 2430(digit)이 구해진다.

[참고 : uV 단위로 변환하는 인자는 0.03606 uV/digit 이다. ]

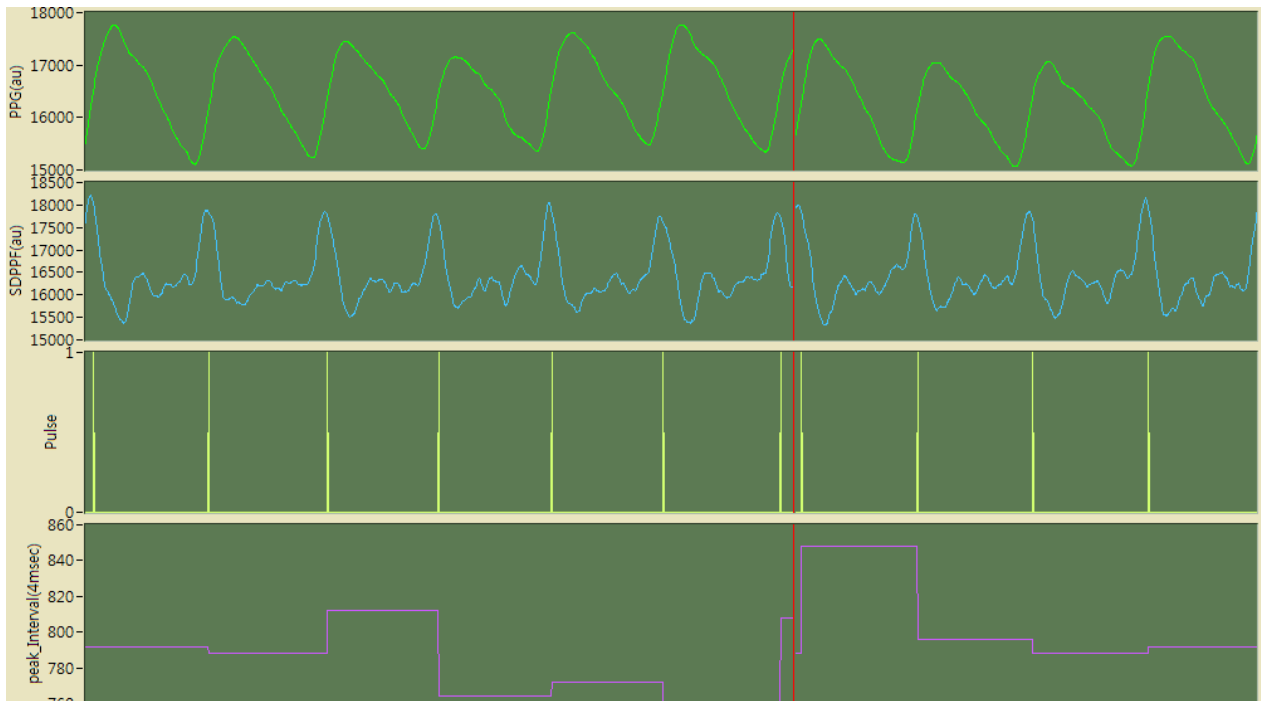
### Power Spectrum(CH3)

장치에서 계산한 뇌파파형-CH1 과 뇌파파형-CH2 의 파워 스펙트럼을 나타낸다. 파워 스펙트럼은 매 2 초(정확하게는 2.048 초) 마다 갱신되고, 스펙트럼은 2 초 동안의 뇌파 데이터를 FFT 하여 얻은 것으로, 대략 0.5Hz(정확하게는  $1/2.048 \sim 0.488$  Hz)의 주파수 분해능으로 제공되는 값이다. CH3 스트림 데이터에 좌뇌(CH1) 파워 스펙트럼과 우뇌(CH2) 파워 스펙트럼이 공존한다. 각 스트림 데이터로부터 개별 채널로 데이터 분리 작업이 필요하다.

2 초 단위 개시 시점, PUDo.bito = 1 에서 power spectrum 데이터를 모니터링한다. 이 시점 이후, 데이터 패킷 수를 헤아린다. 그 값을 n 이라고 하면, n=0 일 때가 PUDo.bito=1 일 때이다.

주어진 n 에 대해, 좌뇌 파워스펙트럼은 Power Spectrum\_CH1[m](m=n, n=1~128)으로 얻고, 우뇌 파워스펙트럼은 Power Spectrum\_CH2 [m] (m=n - 128, n=129~256)으로 얻는다. m=1 일 때, DC 값이고, 인덱스가 1 증가할 때마다, 주파수 간격은 0.488Hz 씩 증가한다. n>256 에서는 해당 데이터는 무시한다. PUDo.bito=1 일 때, n 은 다시 0 으로 초기화 되어야 한다(n=0). 정확한 power spectrum 값은 CH3 데이터를 나누기 10 하여 얻는다.

이 파워 스펙트럼에서, 세타파 영역은 m=10~17 이고, 알파파 영역은 m=18~25, L 베타파 영역은 m=26~31, M 베타파 영역은 m=32~41, H 베타파 영역은 m=42~62 이며, 감마 영역은 m=63~83 이다.



그림[3]. PPG, sdPPG, Pulse, peak\_interval 신호. Pulse=PUDo.bit7.

### 맥파(PPG, CH4)

귓볼의 PPG 센서에 검출된 맥파 파형을 나타낸다. 맥파 데이터는 15bit 로 표현되며, 데이터 범위는 0~32767 이다. DC 기준은 16384. PPG 신호 크기는 AGC(automatic gain control) 기능으로 인해 피검자 차이에 따른 신호 크기 변동 없이 일정하기는 하나, 센서 착용 후 1 회 AGC 가 설정되기 때문에, 측정 중에 그 진폭은 입력 신호에 따라 변동될 수 있다. 데이터는 1 샘플 단위로 실시간 제공된다(그림[3] 참고).

### 이차미분 맥파(sdPPG, CH5)

맥파 신호를 2 차 시간 미분한 파형 데이터를 나타낸다. 심박 펄스(이벤트)는 이 신호로부터 검출한 것이다. 15bit 로 표현되며, 데이터 범위는 0~32767 이다. DC 기준은 16384. 데이터는 1 샘플 단위로 실시간 제공된다(그림[3] 참고).

### 심박간격 데이터(peak-interval, CH6)

sdPPG 신호로부터 검출한 심박펄스 사이의 시간 길이를 msec 단위로 나타낸 데이터 이다. 심박 펄스 발생 때마다 값이 갱신된다. 이 데이터를 이용하여 HRV 분석 결과를 얻을 수 있다. 데이터의 표현 정밀도는  $1/250 = 4\text{msec}$  이다. 값의 범위는 250 ~ 2000 (msec)이다(그림[3] 참고).

## Revision History

| Release Date | Doc. ID   | Description of Change |
|--------------|-----------|-----------------------|
| 2017-02-06   | LXD141 V1 | 초판 발행.                |