

3P3W·3P4W 혼재 환경의 Gateway MQTT 통신 규격서

NILM Edge Meter · LoRa Gateway · MQTT Server

문서 구분	통신 인터페이스 설계 규격
적용 시스템	ADE9430 + ESP32-S3 + E22-400 기반 NILM
적용 결선	3상 3선식(3P3W), 3상 4선식(3P4W)
작성일	2026-08-19
문서 상태	설계 기준안

※ JSON 예시는 설명용 JSONC이다. 실제 MQTT 전송 데이터에는 주석을 포함하지 않는다.

1. 문서 목적 및 적용 범위

본 문서는 하나의 공장 안에서 3P3W와 3P4W Edge Meter가 동시에 운영되는 경우의 MQTT Topic, 측정 Payload, 상태 판정, Gateway 상태 및 이벤트 전달 규격을 정의한다.

- 각 Edge Meter는 결선 방식을 wire 필드로 전송한다.
- Gateway와 서버는 wire 값을 먼저 확인한 후 채널 배열의 의미를 해석한다.
- 채널 데이터의 의미는 결선에 따라 달라지지만 total은 항상 해당 장치가 측정하는 설비 전체 전력을 의미한다.
- 통신 실패 시 과거 측정값을 재전송하지 않으며, 상태 Topic만 갱신한다.

2. MQTT Topic 기본 구조

QST/SUNGJOO/NEWPRIME/{GWID}/{NDID}

■: QST/SUNGJOO/NEWPRIME/NE002/3

항목	예시	설명
회사·시스템	QST	회사 또는 시스템 구분값
고객사·사이트	SUNGJOO	고객사 또는 사이트 구분값
사업장·프로젝트	NEWPRIME	사업장 또는 프로젝트 구분값
GWID	NE002	Gateway 운영 ID
NDID	3	Gateway가 관리하는 Edge Meter 번호

2.1 Topic 종류

Topic 끝부분	데이터 종류	Retain
/ {NDID}	Edge Meter 측정값	미사용
/ {NDID}/status	Edge Meter 통신 상태	사용
/ {NDID}/event	Edge Meter 이벤트	미사용
/gateway	Gateway 자체 상태	사용

3. 결선별 측정 구조

구분	3P3W	3P4W
전력선	A/B/C	A/B/C/N
전압 기준	선간전압	상-중성선 전압
A 채널	VAB, IA	VAN, IA
B 채널	미사용	VBN, IB
C 채널	VCB, IC	VCN, IC
전력 방식	두 전력계법	상별 전력 측정
전체 유효전력	PA + PC	PA + PB + PC

3.1 채널 배열 해석

배열	채널	3P3W 의미	3P4W 의미
ch[0]	A	A-B 전압, A선 전류	A-N 전압, A상 전류

채널	전압	3P3W 의미	3P4W 의미
ch[1]	B	미사용(null)	B-N 전압, B상 전류
ch[2]	C	C-B 전압, C선 전류	C-N 전압, C상 전류

3P3W의 ch[0].p와 ch[2].p는 A상·C상의 개별 전력이 아니라 두 전력계법의 측정요소 값이다. 전체 3상 유효전력은 두 값을 합산한다.

4. 측정값 Topic 공통 규격

QST/SUNGJ00/NEWPRIME/{GWID}/{NDID}

■: QST/SUNGJ00/NEWPRIME/NE002/3

- 정상 응답을 받은 경우에만 발행
- COMM은 정상 상태 0
- 응답이 없으면 측정 Payload를 발행하지 않음
- 마지막 측정값을 반복하여 발행하지 않음
- Retain을 사용하지 않음
- 복구 후 새로 수신한 측정값만 발행

4.1 공통 Payload 골격

```
{
  "gw": "NE002", "dev": "NILM_003", "seq": 12345,
  "COMM": 0, "rssi": -92, "wire": "3P3W",
  "freq": 59.98, "wh": 1234567,
  "ch": [], "total": {}
}
```

5. 3P3W 측정 Payload

Topic: QST/SUNGJ00/NEWPRIME/NE002/3

```
{
  "gw": "NE002", "dev": "NILM_003", "seq": 12345,
  "COMM": 0, "rssi": -92, "wire": "3P3W",
  "freq": 59.98, "wh": 1234567,
  "ch": [
    {"v": 380.2, "i": 12.34, "p": 4021.5, "q": -812.3, "s": 4691.7, "pf": 0.857},
    {"v": null, "i": null, "p": null, "q": null, "s": null, "pf": null},
    {"v": 379.8, "i": 12.10, "p": 3980.2, "q": -790.1, "s": 4595.6, "pf": 0.866}
  ],
  "total": {"p": 8001.7, "q": -1602.4, "s": 8160.5, "pf": 0.981}
}
```

위치	전압	전류	전력 의미
ch[0]	A-B 선간전압	A선	A 측정요소
ch[1]	null	null	미사용
ch[2]	C-B 선간전압	C선	C 측정요소

3P3W 전체값 계산

$P_{total} = P_A + P_C$
 $Q_{total} = Q_A + Q_C$
 $S_{total} = \sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2}$
 $PF_{total} = P_{total} / S_{total}$

채널별 PF는 개별 측정요소 값이므로 설비 표시·제어에는 total.pf를 사용한다.

6. 3P4W 측정 Payload

Topic: QST/SUNGJ00/NEWPRIME/NE002/4

```
{
  "gw": "NE002", "dev": "NILM_004", "seq": 54321,
  "COMM": 0, "rssi": -88, "wire": "3P4W",
  "freq": 60.01, "wh": 2345678,
  "ch": [
    {"v": 220.1, "i": 10.20, "p": 2101.3, "q": 790.1, "s": 2245.0, "pf": 0.936},
    {"v": 219.8, "i": 8.70, "p": 1801.4, "q": 641.8, "s": 1912.3, "pf": 0.942},
    {"v": 220.4, "i": 11.10, "p": 2279.9, "q": 886.9, "s": 2446.4, "pf": 0.932}
  ],
  "total": {"p": 6182.6, "q": 2318.8, "s": 6602.7, "pf": 0.936}
}
```

채널	전압	전류	전력 의미
ch[0]	A-N 상전압	A상	A상 전력
ch[1]	B-N 상전압	B상	B상 전력
ch[2]	C-N 상전압	C상	C상 전력

3P4W 전체값 계산

$P_{total} = PA + PB + PC$
 $Q_{total} = QA + QB + QC$
 $S_{total} = \sqrt{P_{total}^2 + Q_{total}^2}$
 $PF_{total} = P_{total} / S_{total}$

7. 측정 Payload 필드 정의

필드	형식	단위	설명
gw	문자열	-	Gateway 운영 ID
dev	문자열	-	Edge Meter 운영 ID
seq	정수	-	측정 패킷 순번
COMM	정수	-	정상 통신 0
rssi	정수	dBm	LoRa 수신 감도
wire	문자열	-	3P3W 또는 3P4W
freq	실수	Hz	계통 주파수
wh	64비트 정수	Wh	누적 유효전력량
ch[].v / i	실수/null	V/A	채널 실효전압·전류
ch[].p / q	실수/null	W/var	채널 유효·무효전력
ch[].s / pf	실수/null	VA/-	채널 피상전력·역률
total.*	실수	각 단위	장치 전체 전력값

8. 노드 상태 Topic

QST/SUNGJ00/NEWPRIME/{GWID}/{NDID}/status
 ■: QST/SUNGJ00/NEWPRIME/NE002/3/status

정상 응답 또는 타임아웃 발생 시 갱신하며 Retain을 사용해 가장 최근 상태를 브로커에 보관한다.

```
{
  "gw": "NE002", "dev": "NILM_003", "online": false,
  "last_seen_age_s": 35, "loss_rate": 0.05,
  "polls": 103, "responses": 98
}
```

loss_rate = 1 - (responses / polls)
 ■ polls ■ 0 ■ ■ loss_rate ■ 0 ■ ■ ■ ■

8.1 상태 판정

통신 결과	online	속보 Payload	상태 처리
정상 응답	true	새 값 발행	연속 실패 초기화
1회 실패	true	미발행	상태만 갱신
2회 연속 실패	true	미발행	상태만 갱신
3회 연속 실패	false	미발행	백오프 시작
이후 정상 응답	true	새 값 발행	즉시 복구

8.2 실패 단계별 예시

상태	last_seen_age_s	polls	responses	loss_rate
정상	0	100	100	0.0000
1회 실패	10	101	100	0.0099
2회 실패	20	102	100	0.0196
3회 실패	30	103	100	0.0291
복구	0	104	101	0.0288

3회 연속 실패 후 5회의 전체 노드 순회 동안 해당 노드 요청을 생략할 수 있다. 생략된 순회는 실제 요청이 아니므로 polls에 포함하지 않는다.

9. Gateway 상태 Topic

QST/SUNGJ00/NEWPRIME/{GWID}/gateway
 ■: QST/SUNGJ00/NEWPRIME/NE002/gateway

```
{
  "gw": "NE002", "online": true,
  "nodes_total": 23, "nodes_online": 22,
  "cycle_ms": 5400, "uptime_s": 864000
}
```

Gateway 상태는 Retain으로 발행한다. 비정상 연결 해제 시 MQTT Last Will도 동일 Topic에 Retain으로 발행한다.

```
{"gw": "NE002", "online": false}
```

10. Edge Meter 이벤트 Topic

QST/SUNGJ00/NEWPRIME/{GWID}/{NDID}/event
 ■: QST/SUNGJ00/NEWPRIME/NE002/3/event

과전류, 과전압·저전압, 주파수 이상, 전력 방향 변화 및 ADE9430 이벤트 발생 시에만 발행한다. 현재 규격에는 정의되어 있으나 기존 Gateway 코드에는 아직 구현되지 않았다.

```
{
  "gw": "NE002", "dev": "NILM_003",
  "age_ms": 4200, "code": 12,
  "name": "OVER_CURRENT", "seq": 77, "value": 41.2
}
```

11. 서버 구독 규칙

목적	구독 Topic	수신 범위
전체 2단계	QST/SUNGJOO/NEWPRIME/+/+	측정값 + Gateway 상태
특정 GW 2단계	QST/SUNGJOO/NEWPRIME/NE002/+	해당 GW 측정값 + Gateway 상태
전체 메시지	QST/SUNGJOO/NEWPRIME/#	측정 · 상태 · 이벤트 · Gateway
특정 GW 전체	QST/SUNGJOO/NEWPRIME/NE002/#	해당 GW의 모든 메시지

+/+ 패턴은 /{GWID}/{NDID}뿐 아니라 /{GWID}/gateway도 수신한다. 서버는 마지막 Topic 항목이 숫자형 NDID인지 gateway인지 구분해야 한다.

12. Retain 적용 기준

데이터	Retain	적용 이유
측정값	미사용	과거값을 현재값으로 오인 방지
노드 상태	사용	신규 구독자가 최신 상태를 즉시 확인
Gateway 상태	사용	현재 연결 상태 유지
Gateway Last Will	사용	비정상 종료 상태 유지
이벤트	미사용	과거 이벤트의 신규 이벤트 오인 방지

13. 공장 전체 집계 원칙

3P3W와 3P4W가 혼재하는 경우 서버는 각 장치의 ch 값을 직접 합산하지 않고 total 값을 기준으로 공장 전체 전력을 집계한다.

```
Pfactory = Σ Pdevice, total
Qfactory = Σ Qdevice, total
```

항목	의미
wire	결선 방식 판정
ch	채널별 상세 측정 및 이상 진단
total	장치 및 공장 전체 전력 집계
wh	누적 유효전력량 관리
/status	Edge Meter 통신 상태
/gateway	Gateway 자체 상태
/event	비주기 장치 이벤트

결론

3P3W와 3P4W는 동일한 MQTT Topic 체계와 공통 Payload 골격을 사용할 수 있다. 서버는 wire를 먼저 확인하여 ch를 해석하고, 결선 방식과 관계없는 통합 집계에는 total을 사용한다. 측정값은 비 Retain, 상태 및 Gateway 연결 정보는 Retain으로 운용한다.