

## 싱글 페어 이더넷 (SPE)

연결된 세상에 필요한 데이터와 전력

싱글 페어 이더넷 표준은 통합 통신 프로토콜, 공용 네트워킹 인프라, 진화하는 센서 기술을 위한 전력을 제공할 준비가 되어있다. 이로 인해 인터넷이 연결된 전역으로 이더넷의 비용 효율성과 플러그 앤 플레이 단순성이 확장될 것이다.

엔드 포인트 센서 기술 및 사용 사례들은 "지능형 빌딩" 기술을 지원할 뿐만 아니라 산업/공정, 자동화 구축, 데이터 센터에서 빠르게 진화하고 있다. 또한, 대중 교통 차량, 자동차, 트럭, 비행기, 차세대 자율 주행 차량은 기존 싱글 페어 기술로 지원할 수 있는 것보다 더 높은 대역폭을 필요로 한다.

IEEE 싱글 페어 표준을 지원하기 위해, TIA-TR42 엔지니어링 위원회 TR-42 는 병렬로 실행되는 싱글 페어 통신 케이블링 인프라 표준을 개발 중이다.

해당 글은 IEEE 802.3 이더넷 워킹 그룹(Ethernet Working Group )과 TIA-TR42 엔지니어링 위원회의 싱글 페어 표준화에 대한 개요이다.

**정의:** 링크 세그먼트, 매체 의존 인터페이스(MDI), 물리 계층 엔티티(PHY)에 대한 IEEE 802.3 정의는 전체 글에서 사용되며 아래에 기술되어 있다.

- 물리 계층 엔티티(PHY)는 매체 의존 인터페이스(MDI)와 물리 매체 의존부(PMD) 하위 계층 사이에 있는 물리 계층의 일부이다. PHY 는 물리 매체에서 받아 복구된 인코딩 신호를 전송, 수신 및 관리하는 기능을 포함한다.
- 매체 의존 인터페이스(MDI)는 전송 매체와 PHY 사이에 존재하며, 전송 매체와 관련 전력 기기(PD) 또는 엔드 포인트 전력 소싱 장비(PSE) 사이에 있는 기계 및 전기 인터페이스이다.
- 링크 세그먼트는 단지 두 개의 매체 의존 인터페이스(MDIs) 사이에 있는 포인트 투 포인트 전이중 매체 연결이다.
- 그림 1 에서 이더넷 스위치는 MDI 를 통해 전력 및 데이터를 공급한다. 이 경우 8-포지션 모듈러 잭 (RJ45)이 사용된다. 연선(twisted-pair) 링크 세그먼트는 MDI 사이의 매체(커넥터와 케이블)이다. 주어진 예는 다양한 엔드 포인트로 싱글 페어를 통해 최대 1000m 까지 10 Mb/s 를 지원하는 802.3cg 토폴로지이다.

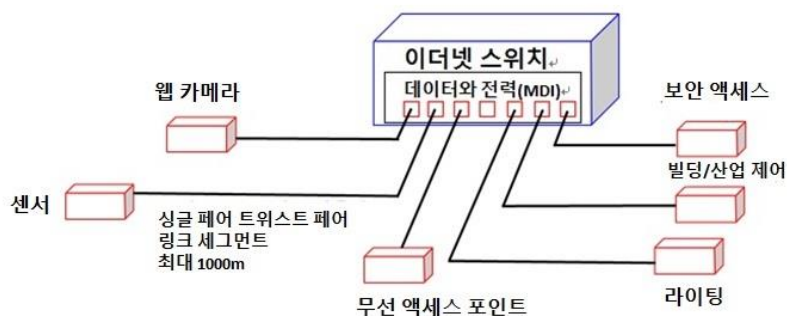


그림 1. 802.3cg 싱글 페어 이더넷 10 Mb/s 와 전력

**IEEE 802.3 표준: IEEE Std 802.3bw-2015 100BASE-T1.** 100BASE-T1 은 단일 균형 트위스트 페어를 통해 자동차 환경(예: 전자파 적합성, 온도)에서 100 Mb/s 작동을 지원하도록 설계된 단일 쌍 이더넷 표준이다. 100BASE-T1 의 케이블링 시스템은 최대 15m 의 단일 균형 트위스트 페어 케이블링으로 구성되며, 90Ω~110Ω(공칭 100Ω) 범위의 임피던스를 가진 최대 4 개의 인라인 커넥터와 2 개의 메이팅 커넥터가 동시에 각 방향으로 100Mb/s 의 데이터율을 지원한다.

그림 2 의 자동차 배선 시스템 예에 나와 있는 케이블의 길이는 최대 1,500 개의 케이블과 최대 3,000 개의 접점으로 3km 를 초과할 수 있다. 무게는 최대 50kg(약 110Lb)이다. 비용, 중량 및 소형화로 인해 100 Mb / s 작동을 위한 비차페 트위스트 페어를 선호한다.



그림 2. 자동차 배선 시스템의 예

**100BASE-T1 링크 세그먼트:** 100BASE-T1 링크 세그먼트 의사양은 100BASE-T1 작동을 지원하기 위해 지정된 최소 케이블링 연결 요건이다. 링크 세그먼트의 케이블링 전송 매개 변수에는 특성 임피던스, 삽입 손실, 반환 손실 및 지연이 포함된다. 싱글 페어 작동의 경우, 링크 세그먼트 사이에

결합되는 노이즈는 외부 누화로 간주되어, 전력 합계 외부 근단 누화(PSANEXT)와 전력 합계 외부 감쇠 대 누화 비율 원단 누화(PSAACRF)로 지정된다. 비차폐 케이블링이 허용되면, 모드 변환 손실은 외부 전자기 간섭 및 링크 세그먼트 사이에 결합된 외부 누화 노이즈를 최소화 하도록 지정된다. 지정된 매개 변수의 주파수 범위는 1MHz ~ 200MHz 에 해당된다.

그림 3 의 링크 세그먼트는 차량용 링크 세그먼트의 경우 100BASE-T1 (802.3bw), 1000BASE-T1 유형 A (802.3bp), 802.3ch 및 10BASE-T1S (802.3cg)에 적용된다.

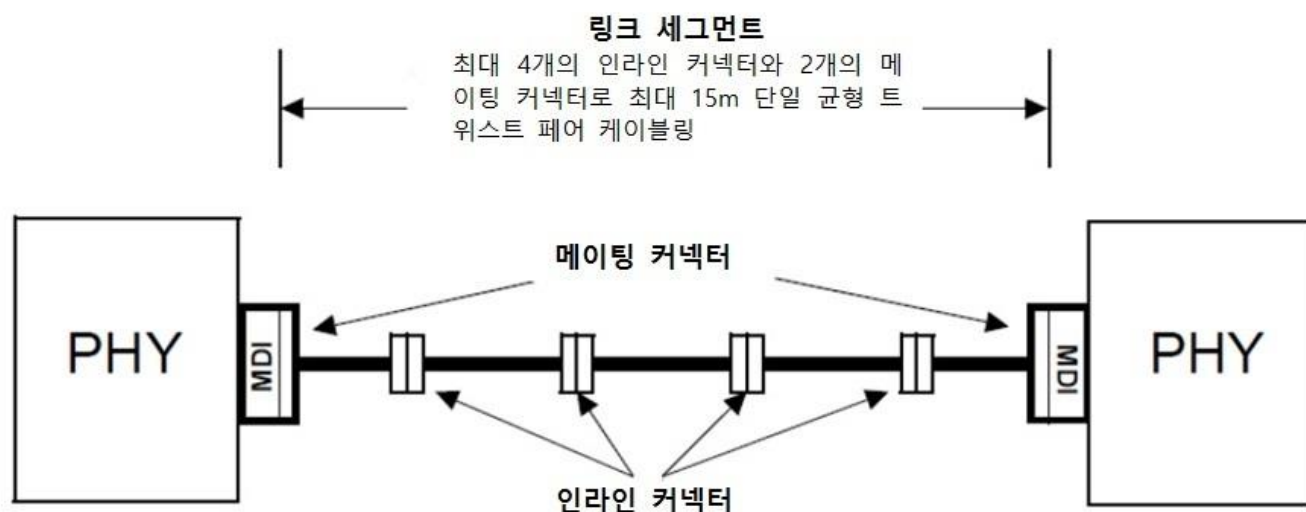


그림 3. 자동차 링크 세그먼트의 예

**IEEE 802.3 표준: IEEE Std 802.3bp-2016 1000BASE-T1 PHY.** 1000BASE-T1 은 자동차 및 산업 환경(예: 전자파 적합성, 온도)에서 1Gb/s 의 작동을 지원하도록 설계되었다. 1000BASE-T1 은 1 Gb/s 의 유효 데이터율을 각 방향에서 동시에 지원하는 싱글 트위스트 페어 케이블 상에서 작동하도록 설계되어 있다.

**IEEE 802.3 표준: IEEE Std 802.3bp-2016 1000BASE-T1 PHY.** 1000BASE-T 1

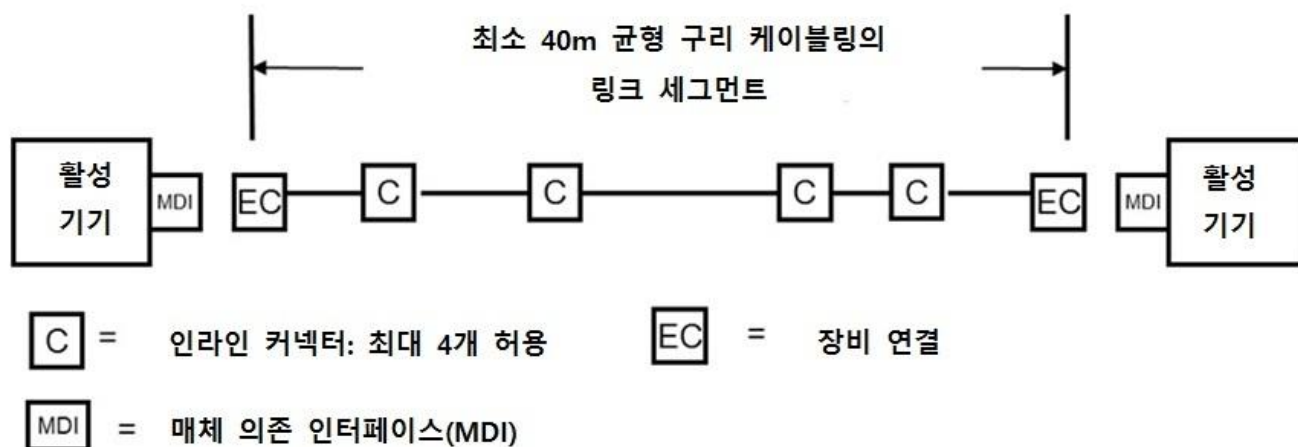
두 개의 링크 세그먼트는 다음과 같이 지정되어 있다:

a) 최소 15m 의 싱글 트위스트 페어 구리 케이블을 사용하여 최대 4 개의 인라인 커넥터를 지원하는 차량용 애플리케이션에 사용하도록 최적화된 링크 세그먼트. 이 링크 세그먼트를 그림 1 에서 표시한 링크 세그먼트 유형 A 라고 한다.

1000BASE-T1 유형 A 링크 세그먼트: 1000BASE-T1 링크 세그먼트 매개변수는 1000BASE-T1 작동을 지원하기 위해 지정된 최소 케이블링 연결 요건이다. 링크 세그먼트의 케이블링 매개 변수에는 특성 임피던스, 삽입 손실, 반사 손실 및 지연이 포함된다. 싱글 페어 작동의 경우, 링크 세그먼트 사이에 결합되는 노이즈는 외부 누화로 간주되어, 전력 합계 외부 근단 누화(PSANEXT)와 전력 합계 외부 감쇠 대 누화 비율 원단 누화(PSEAACRF)로 지정된다. 비차폐 케이블링이 허용되면, 모드 변환 손실은 외부 전자파 간섭 및 링크 세그먼트 사이에 결합된 외부 누화 노이즈를 최소화하도록 지정된다. 지정된 매개 변수의 주파수 범위는 1MHz ~ 600MHz 에 해당된다.

b) 산업 및 자동화 제어, 운송(항공기, 철도, 버스 및 대형트럭)과 같은 추가로 물리적 범위가 필요한 애플리케이션을 지원하기 위해 최소 40m 의 싱글 트위스트 페어 구리 케이블을 사용하여 최대 4 개의 인라인 커넥터를 지원하는 옵션 링크 세그먼트. 이 링크 세그먼트를 그림 4 에서 표시한 링크 세그먼트 유형 B 라고 한다.

1000BASE-T1 유형 B 링크 세그먼트: 1000BASE-T1 링크 세그먼트 매개변수는 1000BASE-T1 작동을 지원하기 위해 지정된 최소 케이블 연결 요건이다. 링크 세그먼트의 케이블링 매개 변수에는 특성 임피던스, 삽입 손실, 반사 손실 및 지연이 포함된다. 싱글 페어 작동의 경우, 링크 세그먼트 사이에 결합되는 노이즈는 외부 누화로 간주되어, 전력 합계 외부 근단 누화(PSANEXT)와 전력 합계 외부 감쇠 대 누화 비율 원단 누화(PSEAACRF)로 지정된다. 차폐 케이블링이 허용되면, 결합 감쇠는 외부 전자파 간섭 및 링크 세그먼트 사이에 결합된 외부 누화 노이즈를 최소화하도록 지정된다. 지정된 매개 변수의 주파수 범위는 1MHz ~ 600MHz 에 해당된다.



## 그림 4. 1000BASE-T1 링크 세그먼트 유형 B 의 예

**IEEE 802.3 표준 초안: IEEE P802.3ch Multi-Gig 차량용 이더넷 PHY 프로젝트 팀.**

싱글 페어 링크 세그먼트 특성(케이블링) 및 관련 데이터율과 관련된 P802.3ch 의 목표는 아래에 기술되어 있다. 802.3ch 링크 세그먼트 토폴로지는 그림 1 에 표시되어 있다. 표준 초안은 발행 전 변경될 수 있다.

802.3ch 상세 사양은 다음과 같다:

- 차량용 링크 세그먼트와 전기 PHY 의 성능 특성을 정의하여, 적어도 한 유형의 자동차 케이블링(예: UTP, STQ, STP, SPP, Coax 또는 Twinax)에서 최소 15m 로 최대 4 개의 인라인 커넥터를 지원하는 이 링크 세그먼트를 통해 2.5Gb/s 로 포인트 투 포인트 작동을 지원한다.
- 차량용 링크 세그먼트와 전기 PHY 의 성능 특성을 정의하여, 적어도 한 유형의 자동차 케이블링에서 최소 15m 로 최대 4 개의 인라인 커넥터를 지원하는 이 링크 세그먼트를 통해 5 Gb/s 로 포인트 투 포인트 작동을 지원한다.
- 차량용 링크 세그먼트와 전기 PHY 의 성능 특성을 정의하여, 적어도 한 유형의 자동차 케이블링에서 최소 15m 로 최대 4 개의 인라인 커넥터를 지원하는 이 링크 세그먼트를 통해 10 Gb/s 로 포인트 투 포인트 작동을 지원한다.

프로젝트 그룹이 IEEE P802.3ch 링크 세그먼트를 개발 중에 있다.

**IEEE 802.3 표준 초안: IEEE P802.3cg 10 Mb/s 싱글 트위스트 페어 이더넷 프로젝트 팀**

싱글 페어 링크 세그먼트 특성(케이블링), 관련 데이터율, 선택적 전력 기법과 관련된 P802.3cg 의 목표는 아래에 기술되어 있다. 표준 초안은 발행 전 변경될 수 있다.

- 단일 균형 트위스트 페어 케이블링을 통해 자동차 환경(예 : EMC, 온도)에서 10Mb / s 작동을 지원한다.
- 단일 균형 트위스트 페어 케이블링을 통해 산업 환경 (예 : EMC, 온도)에서 10Mb / s 작동을 지원한다.
- IEC 60079 에 정의된 기본 안전 장치 및 시스템 내에서의 작업을 준수한다.

- 링크 세그먼트와 PHY의 성능 특성을 정의하여, 최소 15m에 달하는 균형 케이블링으로 최대 4개의 인라인 커넥터를 지원하는 이 싱글 트위스트 페어의 링크 세그먼트를 통해 작동을 지원한다.
- 링크 세그먼트와 PHY의 성능 특성을 정의하여, 최소 1km에 달하는 균형 케이블링으로 최대 10개의 인라인 커넥터를 지원하는 이 싱글 트위스트 페어의 링크 세그먼트를 통해 포인트 투 포인트 작동을 지원한다.
- 자동차 및 산업 환경에서 10 Mb/s 단일 균형 트위스트 페어 PHY와 함께 10 Mb/s 단일 균형 트위스트 페어 링크 세그먼트에 사용할 하나 이상의 선택적 전력 분배 기법을 지정한다.

두 개의 링크 세그먼트는 다음과 같이 지정되어 있다:

a) 최소 15m에 달하는 균형 케이블링으로 최대 4개의 인라인 커넥터를 지원하는 싱글 트위스트 페어의 자동차 환경용 10BASE-T1S 링크 세그먼트. 10BASE-T1S 링크 세그먼트 토폴로지는 그림 1에 나와 있다.

10BASE-T1S 링크 세그먼트: 10BASE-T1S 링크 세그먼트 매개변수는 10BASE-T1S 작동을 지원하기 위해 지정된 최소 케이블링 요건이다. 2017년 12월 현재, 링크 세그먼트의 케이블링 전송 매개변수에는 삽입 손실, 반환 손실, 모드 변환이 포함된다. 비차폐 케이블링이 허용되면, 모드 변환 손실은 외부 전자파 간섭 및 링크 세그먼트 사이에 결합된 외부 누화 노이즈를 최소화하도록 지정된다. 지정된 매개변수의 주파수 범위는 300 KHz ~ 200 MHz에 해당된다.

b) 최소 1 km에 달하는 균형 케이블링으로 최대 10개의 인라인 커넥터를 지원하는 싱글 트위스트 페어의 산업 환경용 10BASE-T1L 링크 세그먼트. 10BASE-T1L 링크 세그먼트 토폴로지는 그림 5에 나와 있다.

10BASE-T1L 링크 세그먼트: 1000BASE-T1L 링크 세그먼트 사양은 100BASE-T1L의 작동을 지원하기 위해 지정된 최소 케이블링 요건이다. 2017년 12월 현재, 링크 세그먼트의 케이블링 전송 매개변수에는 삽입 손실과 반환 손실이 포함된다. 싱글 페어 작동의 경우, 링크 세그먼트 사이에 결합되는 노이즈는 외부 누화로 간주되어, 전력 합계 외부 근단 누화(PSANEXT)와 전력 합계 외부 원단 누화(PSAFEXT)로 지정된다. 지정된 매개변수의 주파수 범위는 100 KHz ~ 20 MHz에 해당된다.

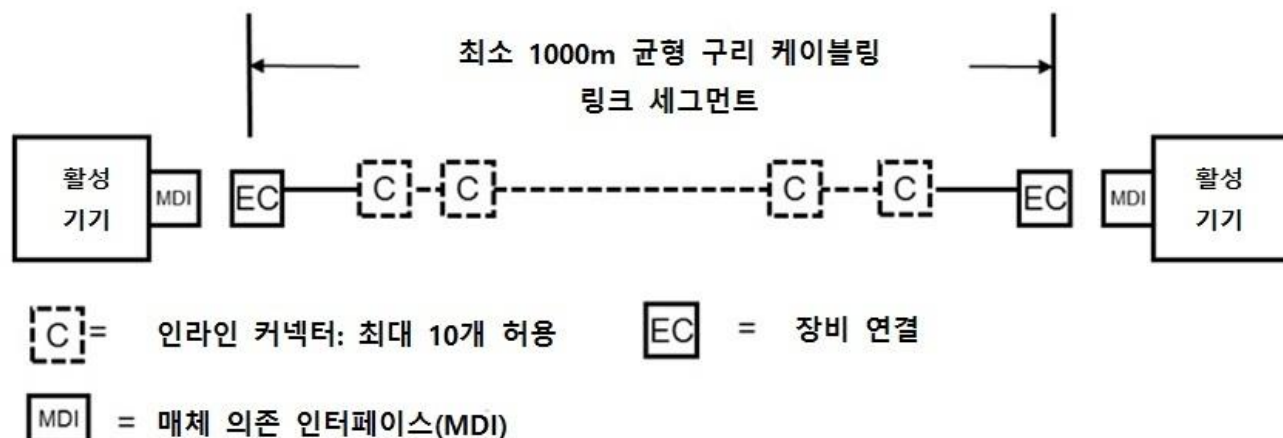


그림 5. 10BASE-T1L 링크 세그먼트의 예

선택적 전력 분배: 10Mb / s 단일 균형 트위스트 페어 링크 세그먼트를 사용하기 위해 하나 이상의 선택적 전력 분배 기술을 지정하는 802.3cg의 목적은 표준 초안의 Annex 200A에 수록되어 있다. 부록에는 자동차 및 산업 환경에서 PD와 PSE의 기능 및 전기적 특성이 규정되어 있다.

두 가지 전력 공급 토폴로지는 부록 "포인트 투 포인트" 및 "전력 트렁크 케이블"에서 확인할 수 있다.

포인트 투 포인트 전력 공급 토폴로지는 그림 6에 나타나 있으며, 이는 싱글 페어 포인트 투 포인트 링크 섹션에 연결된 센서 및 작동기와 같은 싱글 페어 이더넷 전원 장치이다.



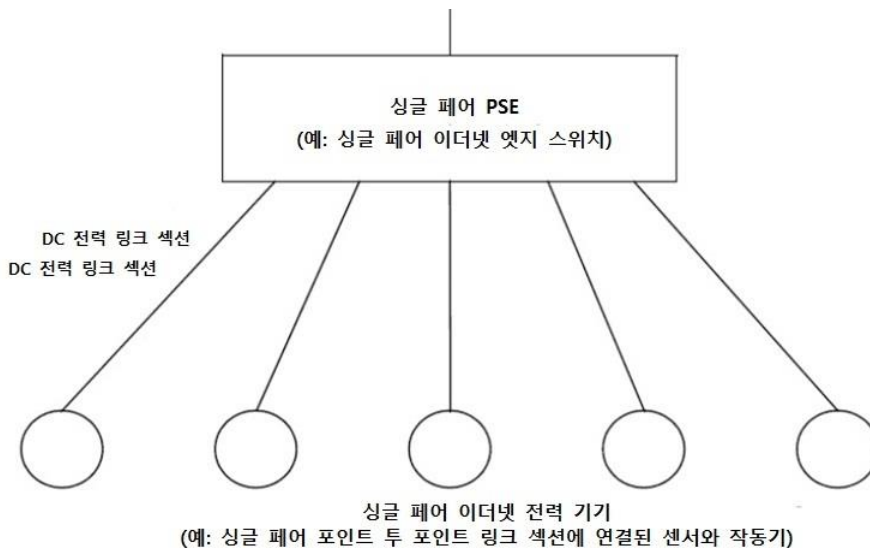


그림 6. 포인트 투 포인트 전력 공급 토폴로지

PD 로 전달되는 전력의 분류는 표 2 에 기재되어 있다. PSE 가 1000m 포인트 투 포인트 링크 세그먼트에 대해 공급할 수 있어야 하는 최소 연속 전력(Ppd)은 각 등급별로 주어진다. 59 ohm 루프 저항은 1000m 의 18 AWG 연선 컨덕터 케이블과 10 개의 인라인 커넥터에서 발생되며, 39 ohm 루프 저항은 1000 m 의 14 AWG 연선 컨덕터 케이블과 10 개의 인라인 커넥터에서 파생된다.

등급	Vpse, min (V)	Ipi, max (A)	Rloop (60C) (ohm)	Ppd(min) (1000 m) (W)
1	20	.102	59	1.4
2	20	.155	39	2.2
3	50	.255	59	8.9
4	50	.388	39	13.6

표 2. 포인트 투 포인트 전력 등급 요건

토폴로지에 전력을 공급하는 "전력 트렁크 케이블"은 그림 7 에 설명되어 있다. 프로젝트 그룹에서 전력 분류를 연구 중에 있다.

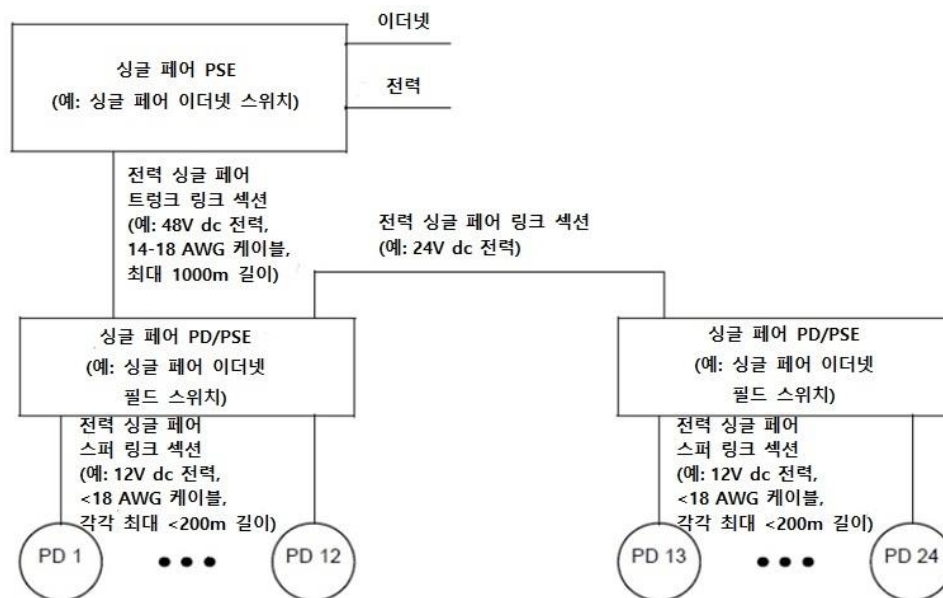


그림 7. "전력 트렁크 케이블" 토폴로지

**IEEE 802.3 표준: IEEE Std 802.3bu-2016 싱글 페어 전력 데이터 라인(PoDL).** PoDL은 싱글 트위스트 페어 링크 세그먼트를 사용하기 위해 전력 분배 기법을 지정하고, 데이터가 존재하지 않더라도 전력 작동을 허용한다. 자동차, 운송, 산업적 제어 산업에 대한 전압과 전류 레벨을 지원한다. PoDL 시스템 블록 도표는 그림 8에 나와 있다. PD와 PSE 시스템은 각각의 전력 인터페이스(PIS)에서 호환되는 것으로 정의된다.

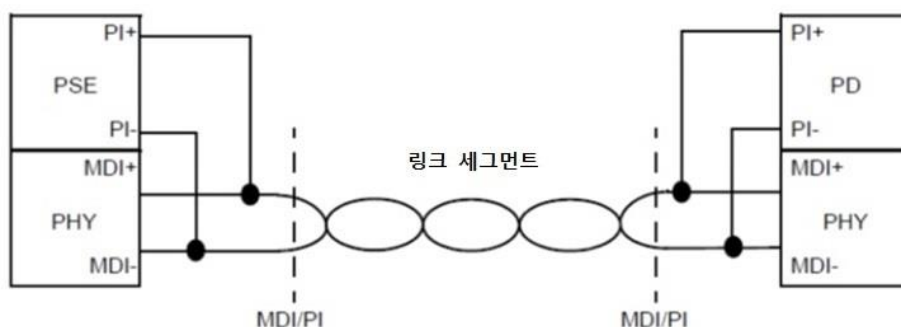


그림 8. PoDL 시스템 블록 도표

PoDL 전력 공급 장비 (PSE) 및 전력 공급 기기 (PD)는 등급별로 분류된다. 이 등급 및 관련 전기 사양은 표 2에 나와 있다. PD에 전달되는 전력은 watt로 측정되는 Ppd이다.

	12 V 비규제 PSE		12 V 규제 PSE		24 V 비규제 PSE		24 V 규제 PSE		48 V 규제 PSE	
등급	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vpse(max) V	18	18	18	18	36	36	36	36	60	60
Vpse(min) V	5.6	5.77	14.4	14.4	11.7	11.7	26	26	48	48
Ipl(max) mA	101	227	249	471	97	339	215	461	735	1360
Pclass(min) W	0.566	1.31	3.59	6.79	1.14	3.97	5.59	12	35.3	65.3
Ppd W	0.5	1	3	5	1	3	5	10	30	50

표 2. PSE, PI, PD 의 전력 요건 등급 표

PoDL 사용 사례의 하나로, 그림 9 에서 통신실의 PSE 가 장비 케이블을 사용하여 수평 케이블링 패치 패널에 상호 연결되는 상호 연결 구성을 보여준다. 상호 연결은 장비 코드를 사용하여 패치 패널에서 PSE 케이블링 재구성을 가능하게 해준다. 두 가지 구성에서 수평 케이블링의 원단에 있는 전력 기기(PD)는 작업 영역 케이블을 통해 통신 콘센트에 연결된다.

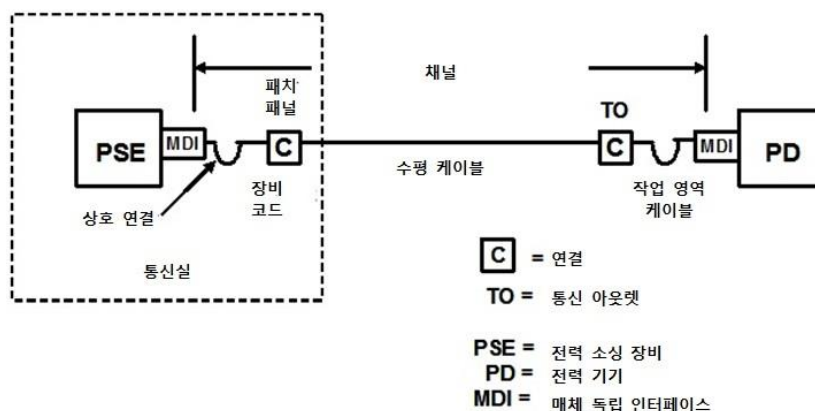


그림 9. 전력 상호 연결 구성

**정의:** ANSI/TIA-568-C.0 에 대한 정보는 본 글과 아래에 설명되어 있는 환경 분류에 관한 부록 F 에 나와 있다.

MICE 는 케이블링이 배치되는 영역을 설명하기 위한 환경 분류이다. MICE 의 사양에는 M - 기계적(mechanical), I -방수방진(ingress), C -기후(climatic), E -전자기적(electromagnetic)이 있다. MICE 1 (M<sub>1</sub>I<sub>1</sub>C<sub>1</sub>E<sub>1</sub>)은 일반적으로 상업용 건물 사무실과 같이 환경적으로 제어되는 구역과 관련이 있고, MICE 2(M<sub>2</sub>I<sub>2</sub>C<sub>2</sub>E<sub>2</sub>)는 일반적으로 경공업 환경과 관련이 있으며, MICE 3(M<sub>3</sub>I<sub>3</sub>C<sub>3</sub>E<sub>3</sub>)은 일반적으로 산업 환경과 관련이 있다. 혼합된 환경 영역의 분류는 각 변수의 분류 수준을

아래첨자(예:  $M_{11}C_3E_1$ )에 포함시켜 설명할 수 있다. 케이블링 시스템 구성 요소가 환경 경계를 넘어서는 경우, 구성 요소 또는 완화 전략은 노출된 최악의 환경과 호환 가능한 것으로 선택되어야 한다.

#### **TR42.1 에서의 싱글 페어 프로젝트 TIA-TR42:**

- ANSI/TIA-862-B-2 지능형 빌딩

IBS 애플리케이션에 사용되는 4 쌍의 케이블링 외에도 1 쌍의 케이블링이 배치되는 건물에 가이드 라인을 제공하는 ANSI / TIA-862-B 에 싱글 트위스트 페어 사용 사례, 토폴로지 및 아키텍처를 추가하는 개정. 이 표준에는 피복 공유를 포함하여 2 개의 4 쌍에서 1 쌍의 케이블링으로 전환하기 위한 설치 요건과 추가 지침이 포함될 것이다. 또한 이 표준은 IOT 기기를 운용하기 위해 더 높은 밀도, 더 작아진 크기, 더 큰 유연성을 필요로 하는 신흥 IOT 및 M2M 어플리케이션에 필요한 싱글 트위스트 페어 케이블링 연결 지침도 제공할 것이다.

- ANSI/TIA-568.0-D-2 일반 케이블링

싱글 페어 TR42.1 일반 케이블링의 범위는 TR42.1 에서 검토되고 있다. 범위에 관한 발표에서는 TIA TR42.1 이 일반 싱글 페어 케이블링 아키텍처를 표준화하여 100BASE-T1, 1000BASE-T1, 10BASE-T1, 10GBASE-T1 을 건물에 넣을 수 있는 표준안을 개발할 것이 제안되었다.

#### **TR42.7 에서의 TIA-TR42 싱글 페어 프로젝트:**

- ANSI/TIA-568.5 - 단일 균형 트위스트 페어 통신 케이블링과 구성 요소 표준

비산업 시설 통신망에서 1 쌍의 연결을 사용하는 케이블, 커넥터, 코드, 링크 및 채널에 대한 규격을 제공하기 위한 단일 균형 트위스트 페어 케이블링 및 구성요소 표준. 이 표준은 MICE1 환경에 중점을 두고, 4 쌍의 케이블링에 대한 적응 지침뿐만 아니라 케이블링, 구성요소 성능 요건과 테스트 절차, 신뢰성 요건과 테스트 절차를 포함할 것이다.

- 이 표준에는 설치된 싱글 페어 케이블의 성능을 확인하기 위해 필드 테스터 사양이 포함될 것이다. 케이블링 전송 성능 요건은 100 KHz ~ 최대 600 MHz 까지 적용된다.

- 100m 와 15m 채널 구성이 지원된다. 100m 테스트 구성은 TIA-568 4 쌍의 케이블링 토폴로지와 일치한다. 15m 토폴로지를 통해 15m 이상의 케이블링이 작동하도록 지정된 100BASE-T1, 1000BASE-T1, 10BASE-T1 및 10GBASE-T1 기술을 지원할 수 있다.

### **TR42.9 에서의 TIA-TR42 싱글 페어 프로젝트:**

- ANSI/TIA-1005-A - Single pair balanced twisted-pair telecommunications cabling and components standard
- ANSI/TIA-1005-A - 단일 균형 트위스트 페어 통신 케이블링과 구성요소 표준

산업 시설 통신망에서 1 쌍의 연결을 사용하는 케이블, 커넥터, 코드, 링크 및 채널에 대한 규격을 제공하기 위한 싱글 트위스트 페어 케이블링 및 구성요소 표준. 이 표준은 MICE2 와 MICE3 환경에 중점을 두고, 4 쌍의 케이블링에 대한 적응 지침뿐만 아니라 케이블링, 구성요소 성능 요건과 테스트 절차, 신뢰성 요건과 테스트 절차를 포함할 것이다.

요약: 우리는 전력과 데이터의 융합이 만들어낸 멋진 신세계(brave new world)에 살고 있다. 싱글 페어 이더넷과 TR42 표준은 2022 년까지 예측되는 수십억 개의 엔드 포인트 센서에 전력을 공급하고 네트워킹을 용이하게 하는 새로운 종류의 저전력 이더넷 장치를 구현할 준비가 되어 있다.

---

자세한 내용은 AEM-Test.com 을 방문하거나 [Customercare@aem-test.com](mailto:Customercare@aem-test.com) 로 문의하십시오.

USA 5560 W. Chandler Blvd. | Chandler, AZ 85226 | 833-572-6916