

EMBEDDED
SYSTEMS
K O R E A

ETHERNET Powerlink

입문

IXXAT Automation GmbH

왜 필드버스로 이더넷인가?

- 전 세계 표준
- 어디에서나 이용 가능
- 엔지니어들이 이더넷에 친숙
- 엄청나게 많은 소프트웨어, 툴과 하드웨어들을 이용 가능
- 매우 빠른 데이터 속도
- Future-proof

자동화 요건과 이더넷

- 실시간 데이터 전송
 - CSMA/CD 로 인해 가능하지 않음
 - 일반 소프트웨어는 버퍼링과 대기열 메커니즘을 사용
 - 일반 프로토콜의 경우 많은 프로토콜 오버헤드
- 위상
 - Switches를 사용하여 어떤 위상도 가능
 - 값비싸고 더욱 긴 전송 시간
 - 일반 이더넷의 경우 라인에 단 2개의 허브
- 환경
 - 견고성, 온도

ETHERNET Powerlink의 특징

- 일반 이더넷 프로토콜과 요소들이 바탕
 - IEEE802.3u 빠른 이더넷
 - 표준 이더넷 컨트롤러들의 사용
 - IEEE1588 클럭 동기화 (V3 에서)
- 결정적 통신(deterministic communication)을 제공
 - 200 μ s 까지의 주기 시간
 - Jitter <1 μ s possible (하드웨어/CPU에 따라 가능)

통신 성능

CANopen:

- 최대 전송 속도 1 Mbit/s
- 최대 메시지 속도 약 14.000 msgs/s (최소 CANopen 메시지 길이)
- Non real-time 결정적 !

EPL:

- 최대 전송 속도 100 Mbit/s (향후 1 Gbit/s 가능)
- 최대 메시지 속도 약 100.000 msgs/s (PReq/PRes)
- Hard real-time 결정적

ETHERNET Powerlink 애플리케이션들

모션 필드 버스

- Hard realtime 요구
- 스테이션의 정밀한 동기화
- 짧은 주기 시간

공장 자동화

- 높은 결정력
- 표준 IP 프로토콜들 지원

백본(Backbone) 네트워크

- 최적화된 대역폭 활용
- 표준 기반구조 요소 사용

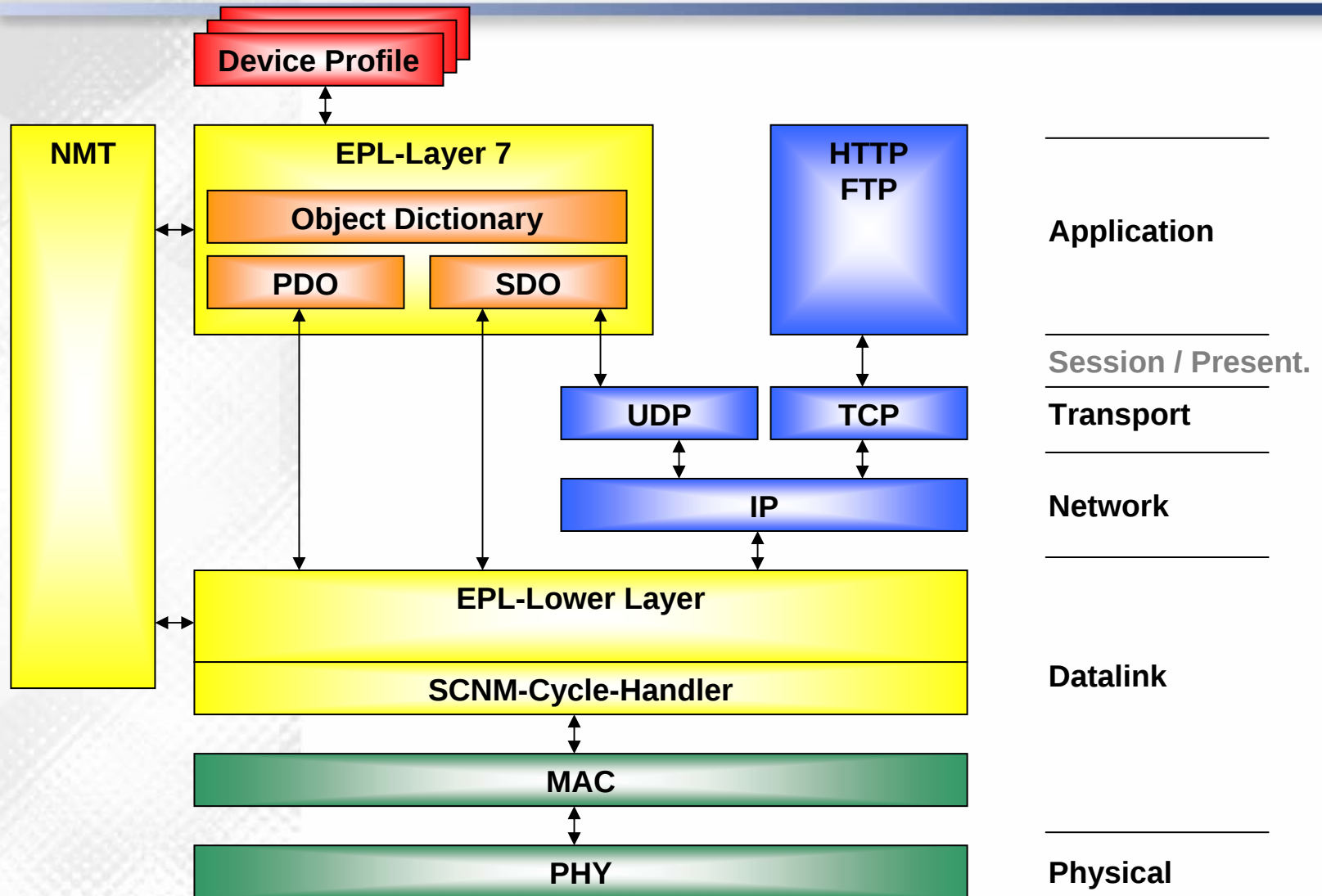
ETHERNET Powerlink의 특징

- CANopen 메커니즘을 통신 프로파일에서 채택
 - Object Dictionary, PDO, SDO
 - 모든 CANopen Device 와 Application Profiles 사용 가능
- N-to-M 통신 구조
- Hot Plugging / Hot Swapping 지원
- 표준 IP 기반 프로토콜들 지원
 - Webserver, FTP, E-Mail 같은 서비스들을 사용 가능

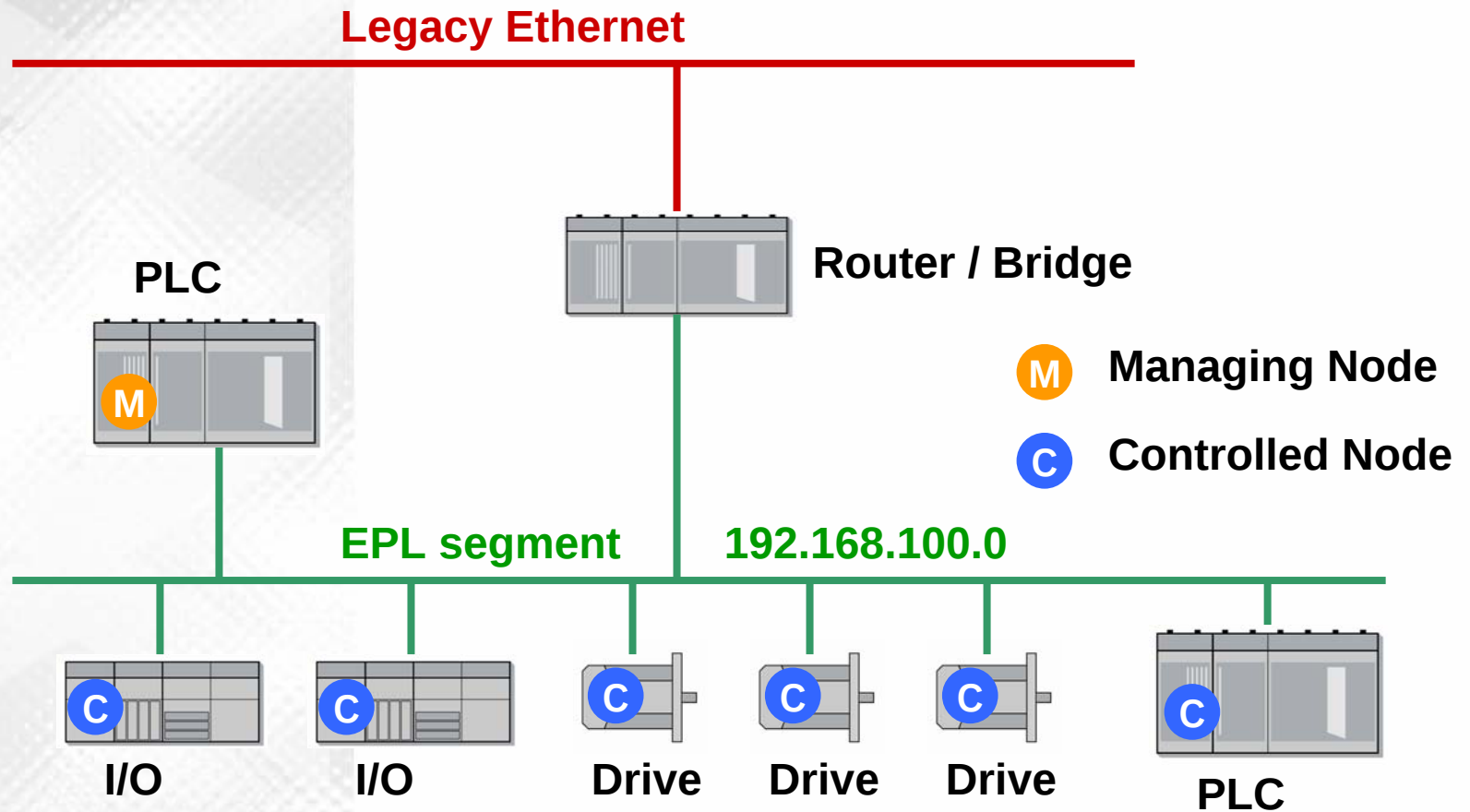
ETHERNET Powerlink의 역사

- 2001. 11 B&R에 의해 ETHERNET Powerlink 도입
- 2002. 4 외부에 기술 공개
- 2002. 11 EPSG 컨소시엄 구성
Hirschmann, Kuka Roboter, Lenze, B&R, ZHW
- 2003. 6 EPSG Association 설립
CANopen에 대해 CiA 와 협력
- 2003. 11 ETHERNET Powerlink Specification V2 발표
- 2005. 4 EPSG 회원 수 약 70

참조 모델(Reference Model)

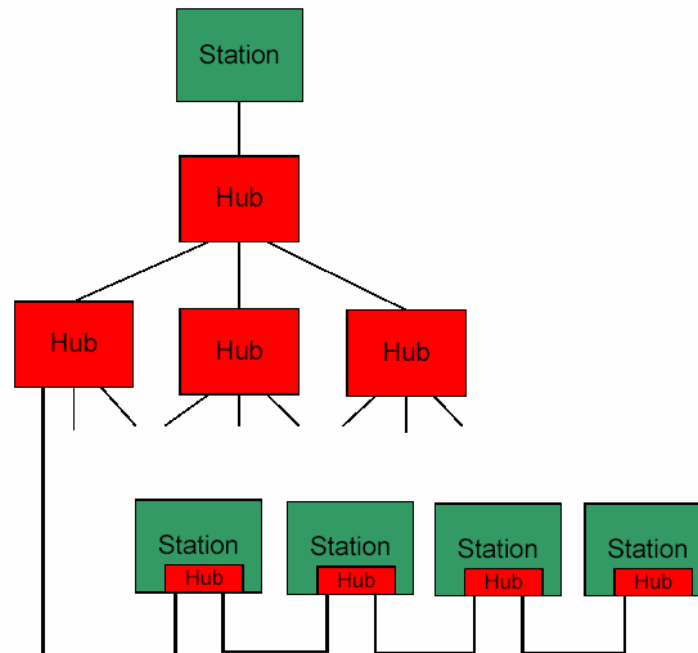


시스템 구조



위상 (Topology)

- 허브들만 sub-net – 안에서 사용되어야 합니다. Switches 는 권장되지 않습니다 (대기열 지연)
- 가능한 위상들: Tree, Star, Line
- 한 라인에 10개 이상의 허브는 권장되지 않습니다



통신 모델

- Protected 모드
 - collision-free 소통의 Sub-net (EPL 세그먼트)
 - 실시간 통신이 중요하게 요구되는 경우
 - 네트워크 접속은 마스터 디바이스에 의해 처리됩니다
 - EPL 특정 메시지들은 이더넷을 통해 전송됩니다
 - Sub-net 은 bridge/router를 통해 접속될 수 있습니다
- 기본 이더넷 모드
 - CSMA/CD (네트워크 소통은 비-결정적입니다) 를 통한 네트워크 접속
 - 별도 하드웨어 없이 일반 PC를 사용하여 디바이스 구성

Protected Mode 통신 원리

- EPL 세그먼트(sub-net)는 non-deterministic 노드로부터 보호됩니다
- 메시지 교환은 cyclic basis(EPL 사이클)에서 구성된 계획대로 실행됩니다
- Managing Device 는 다른 노드들(Controlled Nodes)의 전송을 요청합니다
- 주기적 데이터 전송은 나뉘어집니다
 - 노드당 개별적인 통신 슬롯을 가진 등시성(Isochronous) 통신
 - 모든 노드에 공유된 통신 슬롯을 가진 비동기(Asynchronous) 통신

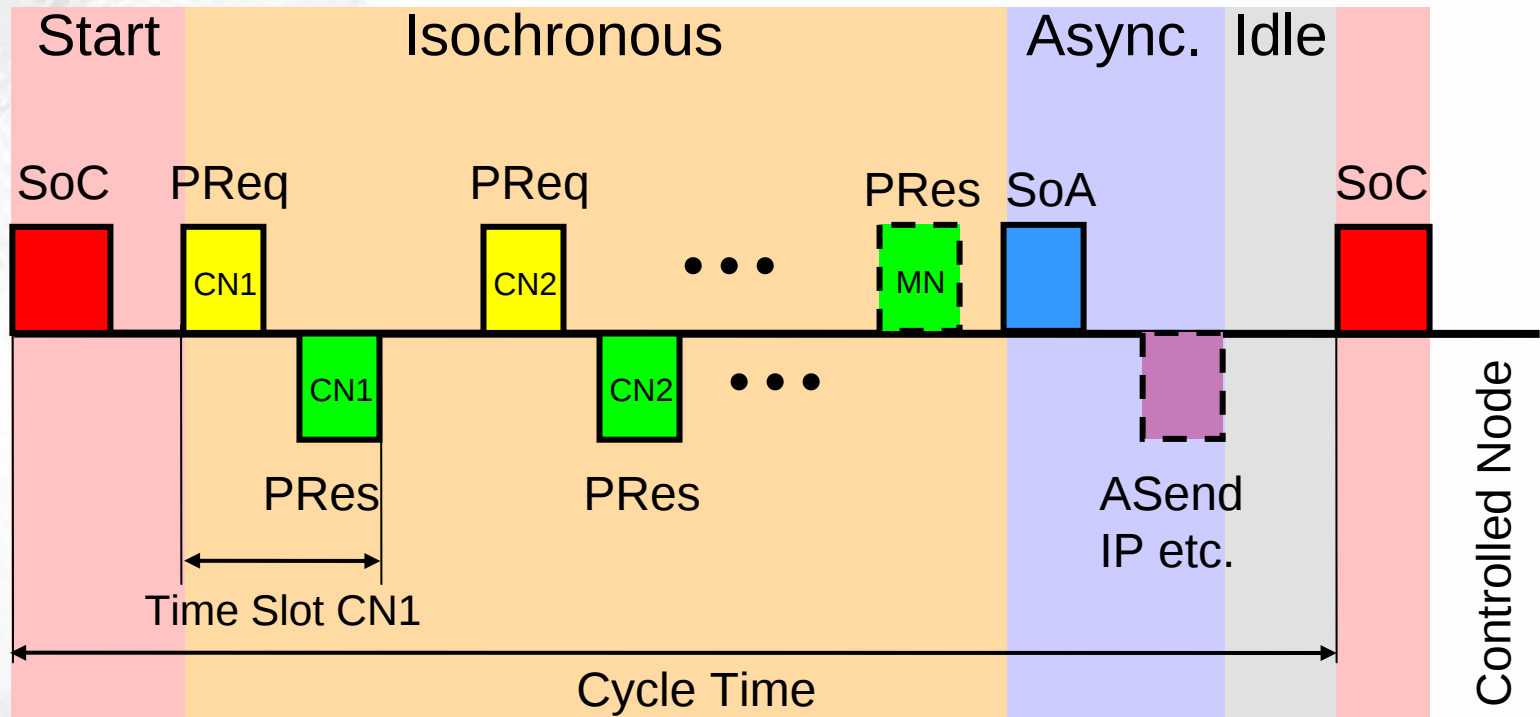
관리 / 제어 노드

- 관리 노드(Managing Node;MN)
 - 메시지를 개별적으로 보낼 수 있음
 - 제어 노드(Controlled Nodes)에 전송을 요청
 - 한 개의 MN 은 반드시 Protected Mode에서 동작하는 EPL 세그먼트에 존재해야 합니다
- 제어 노드(Controlled Node;CN)
 - Protected Mode에서 요청시에만 데이터를 전송
 - CN의 두 가지 종류:
 - 등시성 CN (등시적 그리고 비동기 기간에도 데이터 전송)
 - Async-only CN (비동기 기간에만 데이터 전송)

EPL Cycle

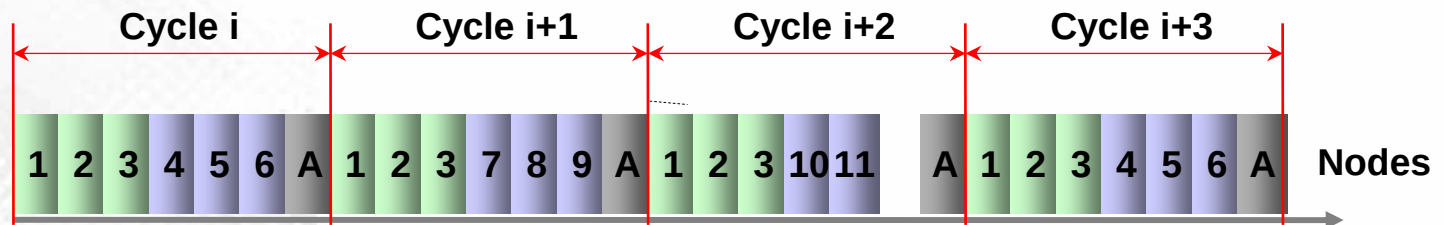
- EPL 사이클의 구성
 - 시작(Start) 주기
 - 동기화
 - 등시(Isochronous) 주기
 - PDO / SDO 통신
 - 비동기(Asynchronous) 주기
 - SDO 통신
 - NMT
 - IP 통신 (구형 이더넷)
 - 유휴 (Idle) 주기
 - 통신 없음

EPL Cycle



EPL Cycle

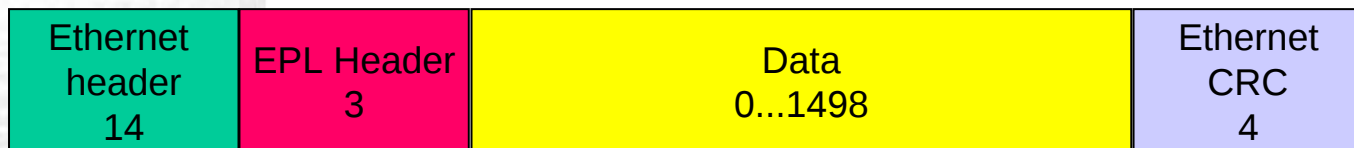
- 연속 타임슬롯
 - 이 CN의 타임슬롯은 모든 EPL 사이클에 존재합니다
- 다중송신(Multiplexed) 타임슬롯
 - 모든 EPL 사이클에서 전송하는 CN들의 그룹은 다중송신 타임슬롯에 배정됩니다
 - CN의 수가 다중송신 타임슬롯의 수보다 더 커야 합니다



Example: 8 CNs in 3 multiplexed timeslots

EPL 메시지 프레임

- 이더넷 헤더
 - 소스 / 목적지 MAC 주소
 - ETHERNET Powerlink EtherType: 0x88AB
- EPL 헤더
 - 메시지 유형
 - 목적지 (EPL Node ID)
 - 소스 (EPL Node ID)
 - 플래그, NMT 상태
- 데이터
 - 필요한 경우 공백으로 메꿔짐



EPL 프로토콜

- 주기 시작 (Start of Cyclic; SoC)
 - 주기의 시작 알림, 디바이스들을 동기화, Nettime (4-byte value in μ s) 전송
- 폴 요청 (Poll Request; PReq)
 - 단일전송 메시지로 MN에서 하나의 CN으로, 최대 총 1490 bytes, PDO 와 SDO 데이터 전송,
- 폴 응답 (Poll Response; PRes)
 - 멀티캐스트 메시지로 하나의 CN 에서 또는 MN에서, 최대 총 1490 bytes, POD 와 SDO 데이터 전송
- 비동기 시작 (Start of Asynchronous; SoA)
 - 전용 CN에서 특정 NMT 서비스를 요청하기 위해 또는 CN이 불특정 데이터를 전송하도록 요구하기 위해 MN에 의해 사용 (비동기 슬롯의 액세스를 위해 CN에 의한 이전의 요청에 대한 응답으로)

EPL 프로토콜

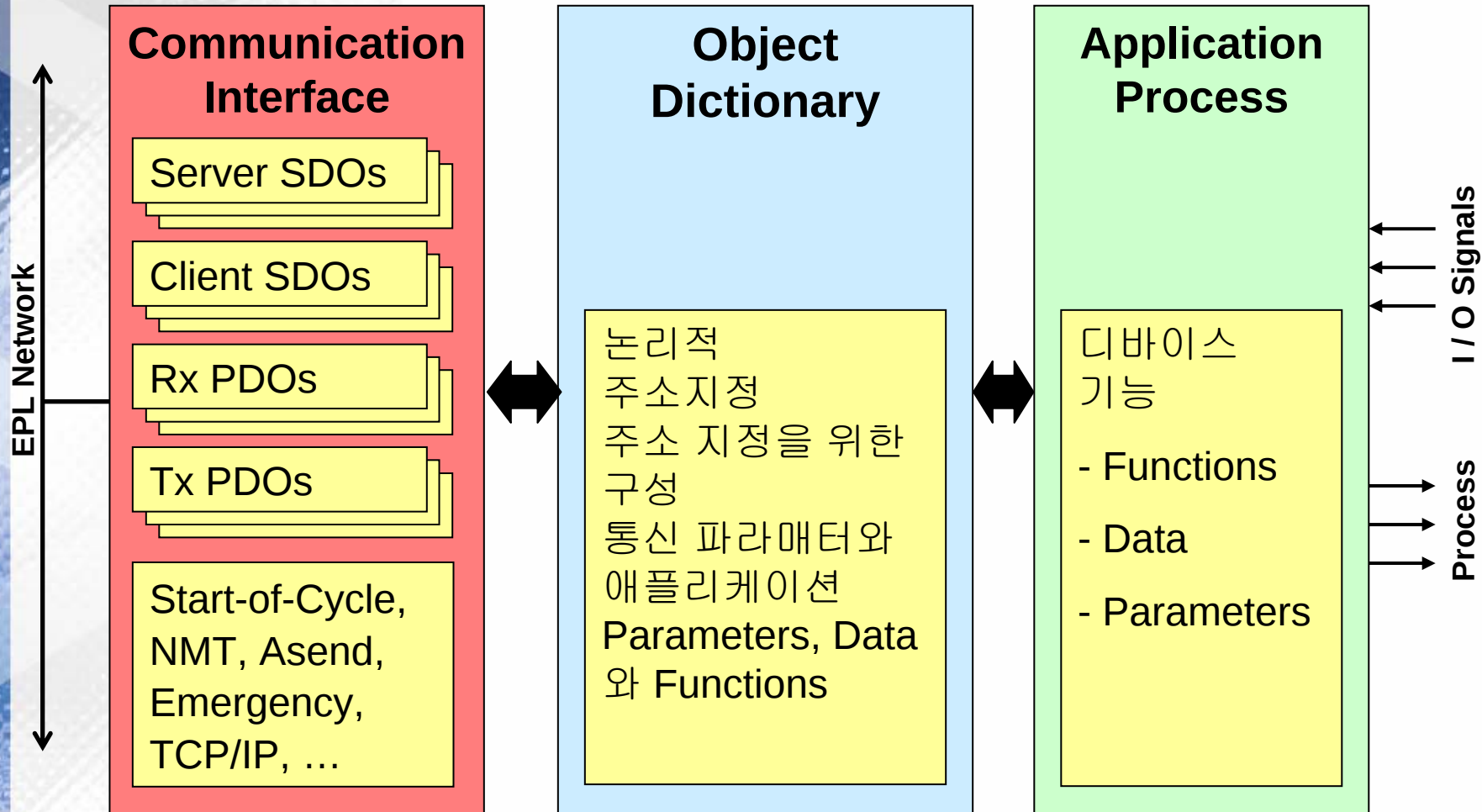
- 비동기 전송 (ASend)
 - EPL-Format
 - NMT 서비스를 전송하기 위해 사용됨
 - IdentResponse
 - StatusResponse
 - NMTRequest (MN에서 NMT 서비스를 요청하기 위해 CN에 의해 사용될 뿐임)
 - NMTCommand (MN에 의해 사용될 뿐임)
 - EPL-Frame 내에서 SDO를 전송하기 위해 사용됨
 - TCP/UDP/IP-Format
 - TCP 와 UDP 기반 서비스들을 전송하기 위해 사용됨
 - UDP를 통해 SDO 서비스를 전송하기 위해 사용됨

EPL Node-ID

- 노드를 어드레스하기 위해 EPL 프레임 내에서 사용됨

EPL Node-ID	Description
0	Invalid
1 – 239	EPL CNs
240	EPL MN
241 – 252	Reserved
253	Diagnostic Device
254	EPL to Legacy Ethernet Router
255	Broadcast

EPL 디바이스 모델



EPL Object Dictionary

Index	Object	
0000H	not used	Common to any Device
0001H- 025FH	Data Type	
0260H- 0FFFFH	Reserved	
1000H- 1FFFFH	Communication Profile Area	
2000H- 5FFFFH	Manufacturer Specific Profile Area	Device specific
6000H- 9FFFFH	Standardized Device Profile Area	
A000H- BFFFFH	Standardized Interface Profile Area	
C000H- FFFFFH	Reserved	

Service Data Object (SDO)

- 두 노드간에 지점 대 지점(point-to-point) 통신을 위해 사용됨
- 노드의 객체 사전(Object Dictionary)에서 모든 엔트리들에 대한 read/write 액세스들을 제공
- 읽히고/기록되는 데이터는 index/subindex에 의해 확인
- 모든 길이의 데이터 전송을 지원 (예.프로그램 다운로드)
- 확인된 통신 (수용은 애플리케이션 수신에 의해 확인됩니다)

Service Data Object (SDO)

- SDO는 다음을 통해 전송될 수 있습니다
 - UDP/IP 메시지 (선호 방법)
 - Poll Response 메시지 (PDO에 map된 함유된 SDO , 단시간 내에 많은 SDO 전송들 허용)
 - 비동기 전송 메시지 (UDP/IP 이용보다 적은 오버헤드)
- SDO 모듈은 2개의 하위계층들로 구성됩니다
 - Command Layer
 - Sequence Layer

Service Data Object (SDO)

- Sequence Layer
 - 세그먼트의 무 손실을 보증합니다
 - 세그먼트의 정확한 순서를 보증합니다
 - 세그먼트의 크기는 Command Layer에 따라 달라집니다
- Command Layer
 - SDO 명령들을 제공하고 처리합니다
 - 전송 유형은 “expedited” 와 “segmented” 입니다
 - 최대 세그먼트 크기를 지정합니다 (적어도 256 bytes 세그먼트 크기가 지원되어야 합니다)

Service Data Object (SDO)

- 명령어
 - 인덱스에 의한 Read/Write
 - 인덱스에 의한 Read/Write All
 - 이름에 의한 Read/Write
 - 인덱스에 의한 Read/Write multiple parameter
 - Read/Write File

Process Data Object (PDO)

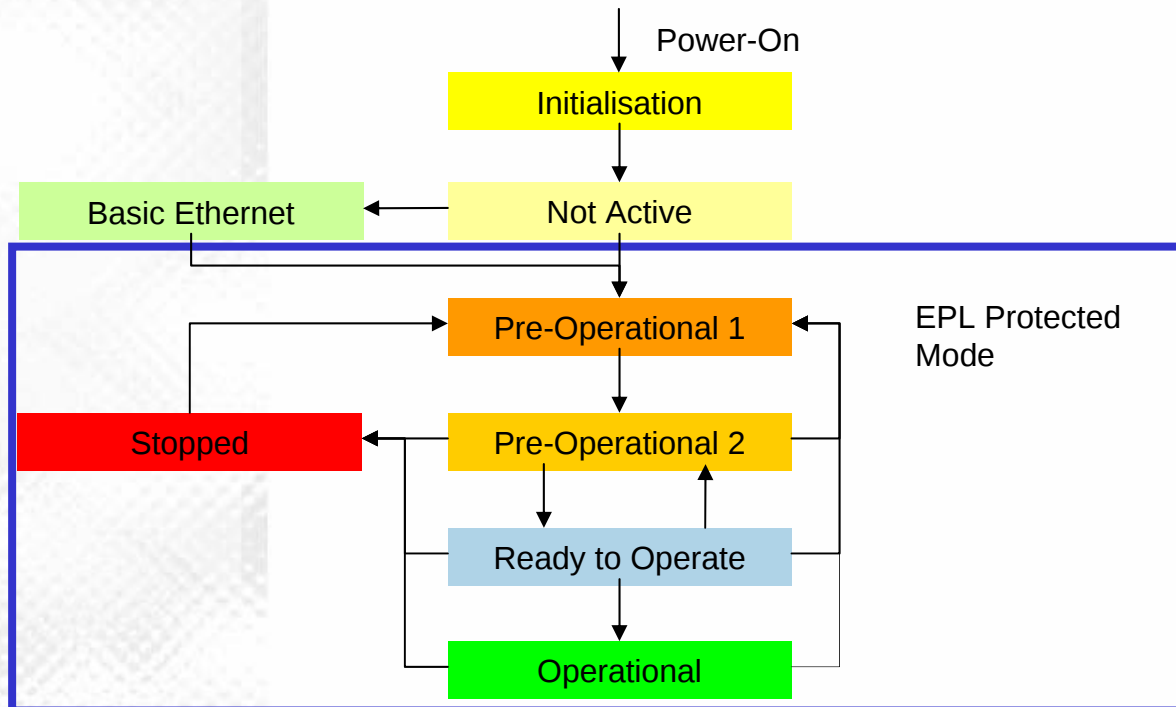
- 처리 데이터의 실시간 전송을 위해 사용됨
- 모델에 따라 데이터의 효율적인 전송을 제공
- 등시(Isochronous) 슬롯 안의 PollResponse 프레임에 의한 주기적 전송
- 비확인 전송
 - 정확한 수용은 주기적 전송과 이더넷 프레임의 CRC checksum에 의해 보장됩니다
- PDO와 같이 전송될 처리 데이터의 어셈블리는 정적으로 또는 실행 동안 (PDO mapping) 설정될 수 있습니다

Process Data Object (PDO)

- CN에서는 단 한 개의 Transmit PDO
- MN에서는 최대 253개의 Transmit PDO 이용가능
- MN/CN에서는 최대 253개의 Receive PDO 이용가능
- Map된 오브젝트들의 최대 수는 253 (하위인덱스의 개수 한도로 인하여) 입니다
- 최대 길이 1490 bytes
- PDO의 일관된 재구성 지원 (버전 제어, 유효성)

NMT CN 통신 상태

- 네트워크의 제어된 Boot-Up은 모든 디바이스들의 동기화를 보증합니다



EPL V2에서의 추가 정의들

- 오류 처리
 - 오류 데이터는 Status Response 메시지 안으로 전송됩니다
- Bootup-절차
- 프로그램 다운로드
- 구성 매니저(Configuration Manager)
- 프로그램 가능 디바이스의 Input/Output
- XML 파일로서의 EDS/DCF
- 데이터 유형과 암호 규칙
- 커넥터
- 지시기 (Indicators)

기반 구조 요소들: Router

- Router Type 1
 - 구형 이더넷 라우터에 대한 EPL
 - 다음 용도에 사용
 - 원격 접속
 - EPL 세그먼트간의 통신
- Router Type 2
 - CANopen Router에 대한 EPL
 - SDO 액세스들의 경로 지정(routing)
 - PDO 데이터의 경로 지정

EPL 확장 – EPLsafety Layer

- EPLsafety는 regular EPL의 상위에 있는 프로토콜 독립적 safety layer입니다
- 한 개 네트워크에서의 Regular 와 safe messages
- 100µs cycle time 에서 IEC 61508 SIL3
- 데이터 양이 감소된 SIL4
- ETHERNET Powerlink의 장점 유지
- Regular PDO내에 포함된 EPLsafety messages