

Ethernet dobry na wszystko

*Carrier Ethernet (CE)
podsumowanie*

Krzysztof Nowicki

**Katedra Teleinformatyki
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechniki Gdańskiej**

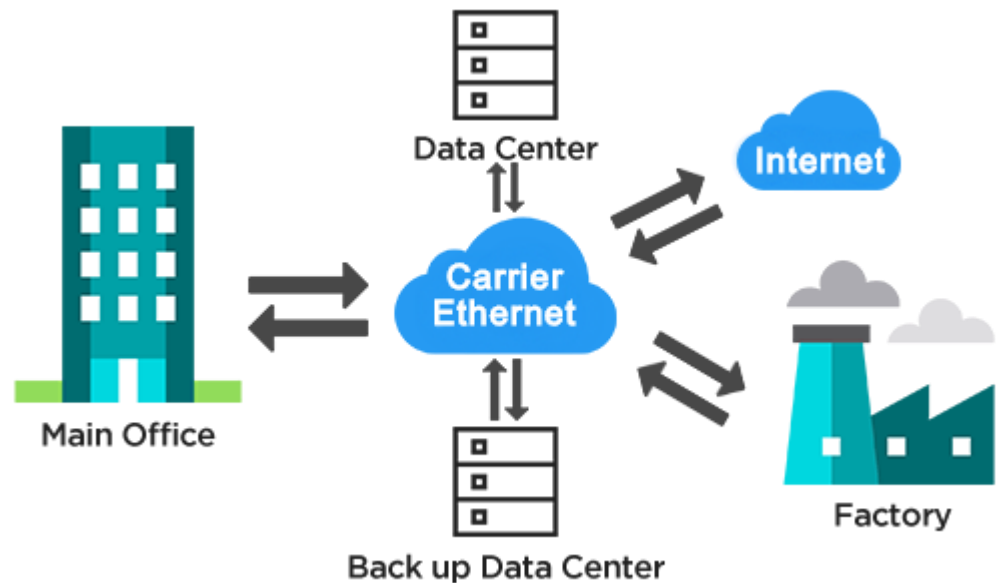
Koncepcja wykorzystania Ethernetu „wszędzie”

Wszędzie czyli

- duże LANy
- operatorzy telekomunikacyjni - w swojej sieci rozległej (i z odpowiednimi parametrami)

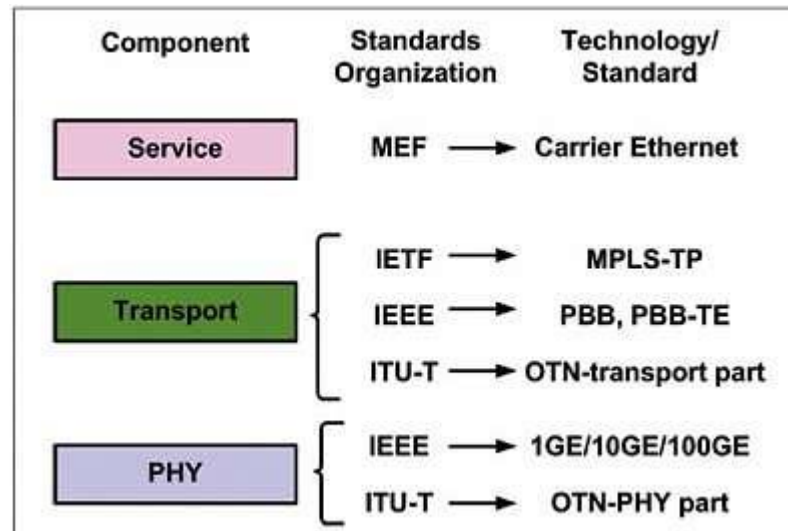
Cel - zapewnienie klientom zakres usług, w taki sam sposób, jak dawniej oferowali to operatorzy ATM, usług Frame Relay i X.25.

Autonegocjacja, PoE,
nowe STP...
CE ...



Kto decyduje o rozwoju ETHERNETu?

- IEEE 802. (1 / 3)
- MEF – Metro Ethernet Forum
- IETF
- Duże firmy



Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

1. Szybkości

2. Media

a) Skrętka - autonegocjacja

b) Światłowody

c) Co-axial

d) Backplane

3. PoE

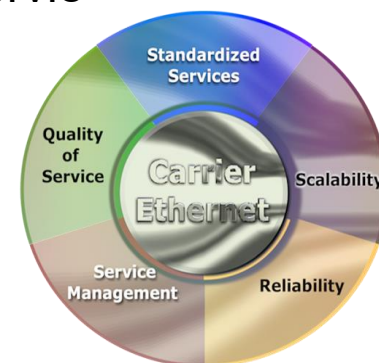
4. EPON

5. Warstwa II – SPB/Trill/...

6. Aplikacje

Problemy i próby ich rozwiązania

- skalowalność
- bezpieczeństwo, w tym VLANy
- zarządzanie
- niezawodność
- Quality of Service



Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

1. Szybkości

2. Media

a) Skrętka - autonegocjacja

b) Światłowody

c) Co-axial

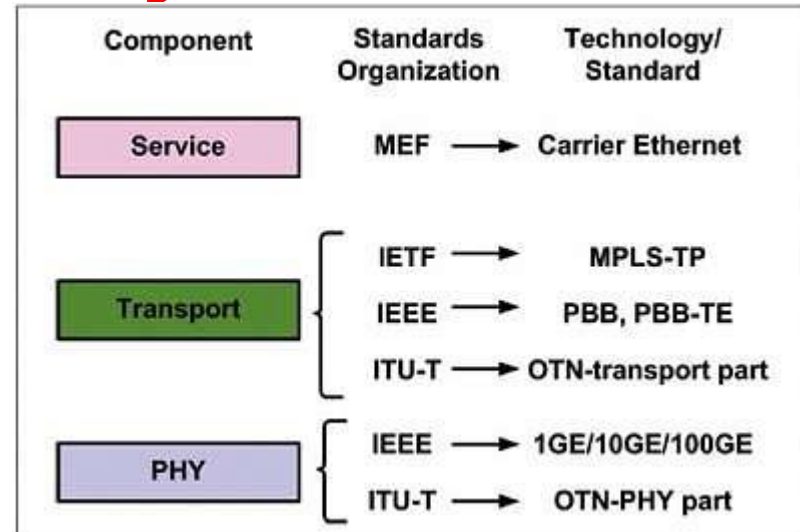
d) Backplane

3. PoE

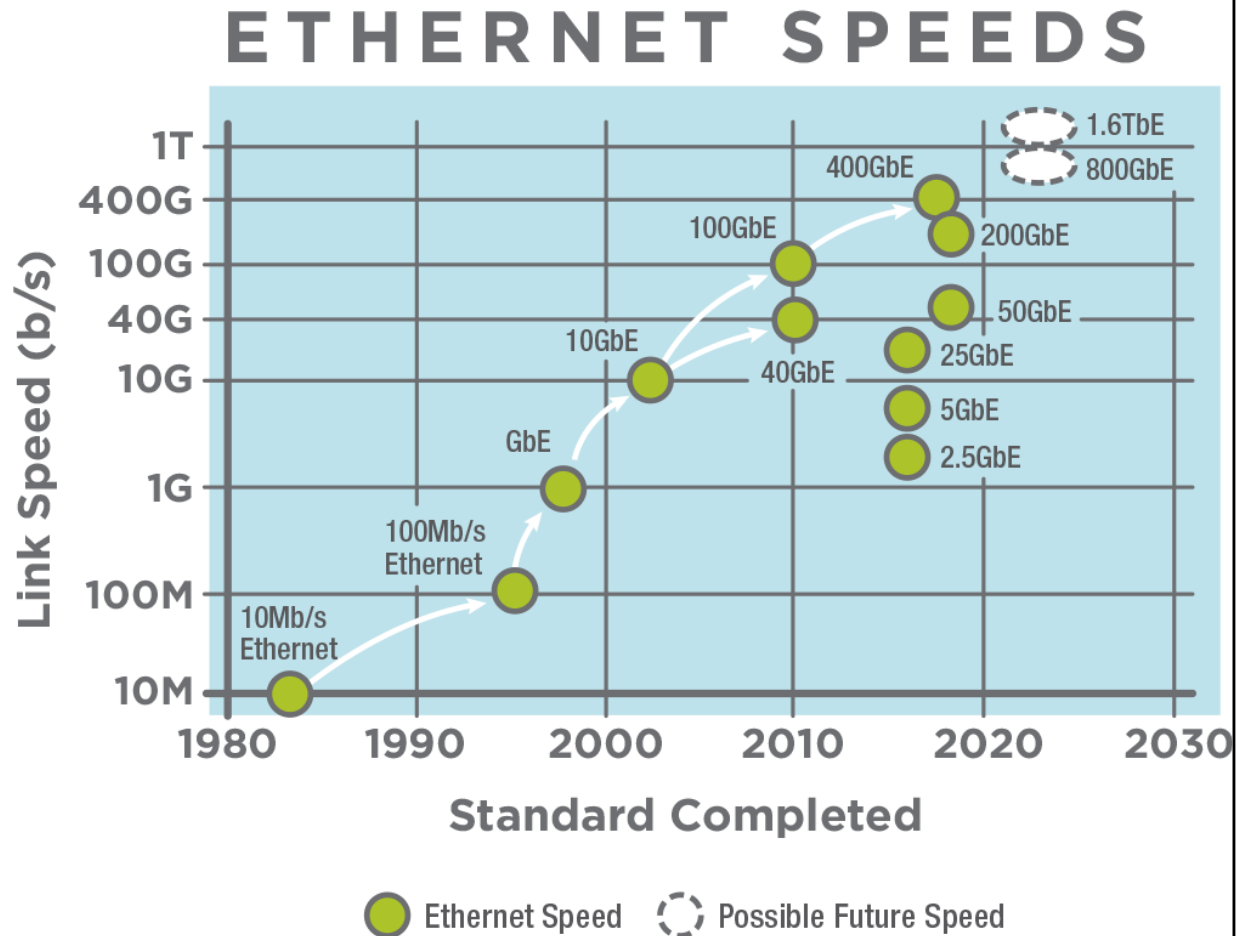
4. EPON

5. Warstwa II – SPB/Trill/...

6. Aplikacje



Ethernet ewolucja standardów - szybkości



Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

1. Szybkości

2. Media

a) Skrętka - autonegocjacja

b) Światłowody

c) Co-axial

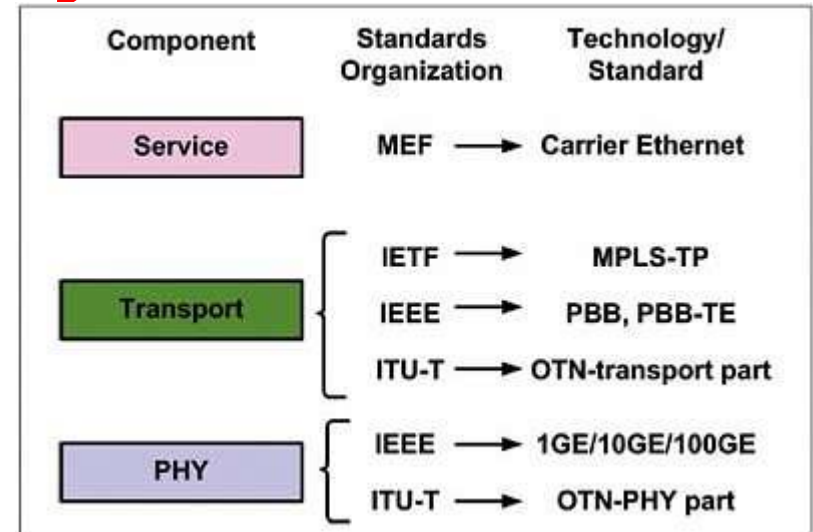
d) Backplane

3. PoE

4. EPON

5. Warstwa II – SPB/Trill/...

6. Aplikacje



Ethernet ewolucja standardów media

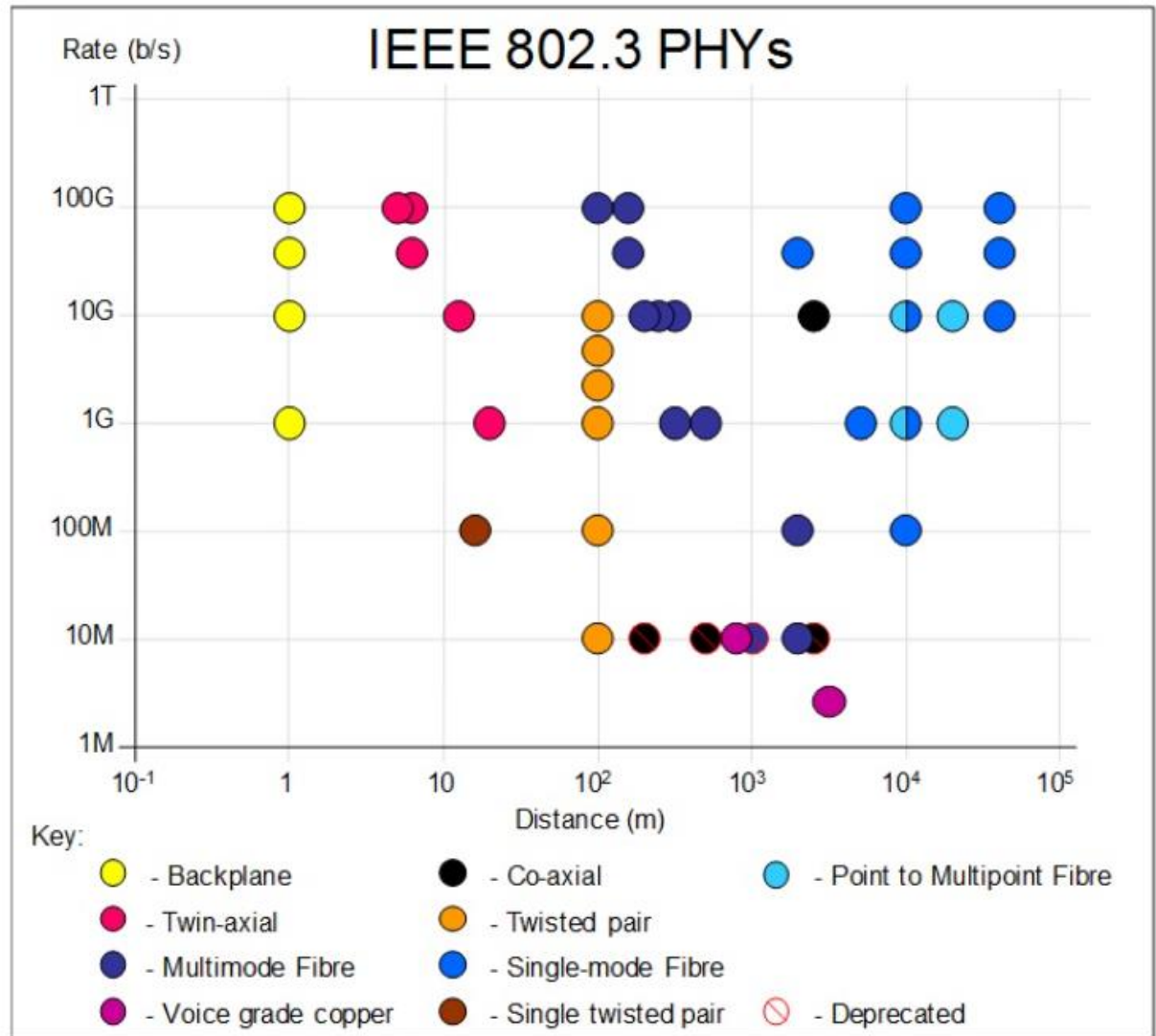


Figure 1: Speed and reach for various IEEE Std 802.3 MAUs and PHYs

Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

1. Szybkości

2. Media

a) Skrętka - autonegocjacja

b) Światłowody

c) Co-axial

d) Backplane

3. PoE

4. EPON

5. Warstwa II – SPB/Trill/...

6. Aplikacje

MB/s

10

100

1 000

10 000

40 000

100 000

Typ*	Nazwa standardu Data wprowadzenia	Szybkość	Topologia	Medium transmisyjne	Maksymalna długość segmentu [m]	
					Pół-dupleks	Dupleks
10Base-5	DIX-1980, 802.3-1983	10Mb/s	Magistrala	Przewód współosiowy 50Ω ("gruby" Ethernet – 10 mm średnicy)	500	-
10Base-2	802.3a-1985	10Mb/s	Magistrala	Przewód współosiowy RG58 50Ω ("cienki" Ethernet – 5 mm średnicy)	185	-
10Broad36	802.3b-1985	10Mb/s	Magistrala	Przewód współosiowy 150Ω ("gruby" Ethernet – 1800 mm średnicy)	1800	-
FOIRL	802.3d-1987	10Mb/s	Gwiazda	2 światłowody	100	>1000
1Base-5	802.3e-1987	1Mb/s	Gwiazda	Dwie pary skrętki telefonicznej	250	-
10Base-T	802.3i-1990	10Mb/s	Gwiazda	Dwie pary 100Ω skrętki UTP kategorii 3 lub wyższej	100	100
10Base-FL	802.3j-1993	10Mb/s	Gwiazda	2 światłowody	2000	>2000
10Base-FB	802.3j-1993	10Mb/s	Gwiazda	2 światłowody	2000	-
10Base-FP	802.3j-1993	10Mb/s	Gwiazda	2 światłowody	1000	-
100Base-TX	802.3u-1995	100Mb/s	Gwiazda	Dwie pary 100Ω skrętki UTP kategorii 5	100	100
100Base-FX	802.3u-1995	100Mb/s	Gwiazda	2 światłowody	412	2000
100Base-T4	802.3u-1995	100Mb/s	Gwiazda	Cztery pary 100Ω skrętki UTP kategorii 3 lub wyższej	100	-
100Base-T2	802.3y-1997	100Mb/s	Gwiazda	Dwie pary 100Ω skrętki UTP kategorii 3 lub wyższej	100	100
1000Base-LX	802.3z-1998	1Gb/s	Gwiazda	Światłowód - długość fali 1310 nm: - 62,5 um wielomodowy, - 50 um wielomodowy, - 9 um jednomodowy.	316 316 316	550 550 3000
1000Base-SX	802.3z-1998	1Gb/s	Gwiazda	Światłowód - długość fali 850 nm: - 62,5um wielomodowy, - 50um wielomodowy.	260 316	260 550
1000Base-CX	802.3z-1998	1Gb/s	Gwiazda	Specjalny, ekranowany przewód miedziany ("twinax", "short haul copper")	25	25
1000Base-T	802.3ab-1999	1Gb/s	Gwiazda	Cztery pary 100Ω skrętki UTP kategorii 5 lub wyższej	100	100
10 GBase-X 10 GBase-R 10 GBase-W	802.3ae-2002	10Gb/s	Gwiazda	światłowody - WWDM światłowody (R - długość fali 850 nm, L -długość fali 1310 nm, R - długość fali 1550 nm)	-	40 km

Auto-Negocjacja

Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

1. Szybkości
2. Media
 - a) Skrętka - autonegocjacja
 - b) Światłowody
 - c) Co-axial
 - d) Backplane
3. PoE
4. EPON
5. Warstwa II – SPB/Trill/...
6. Aplikacje

**Ethernet
wszędzie
?**

Ethernet ewolucja standardów - PoE

PoE Types and Classes	2-Pair PoE+ – Type 2					4-Pair PoE in Standardization			
	2-Pair PoE – Type 1								
Class	0	1	2	3	4	5	6	7	8
PSE Power (W)	15.4	4	7	15.4	30	45	60	75	90
PD Power (W)	13	3.84	6.49	13	25.5	40	51	62	71.3
	4-Pair PoE–Type 3							4-Pair PoE Type 4	

Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

- 1. Szybkości**

- 2. Media**
 - a) Skrętka - autonegocjacja
 - b) Światłowody
 - c) Co-axial
 - d) Backplane

- 3. PoE**
- 4. EPON**

- 5. Warstwa II – SPB/Trill/...**
- 6. Aplikacje**

**Ethernet
wszędzie
?**

Ethernet ewolucja standardów EPON

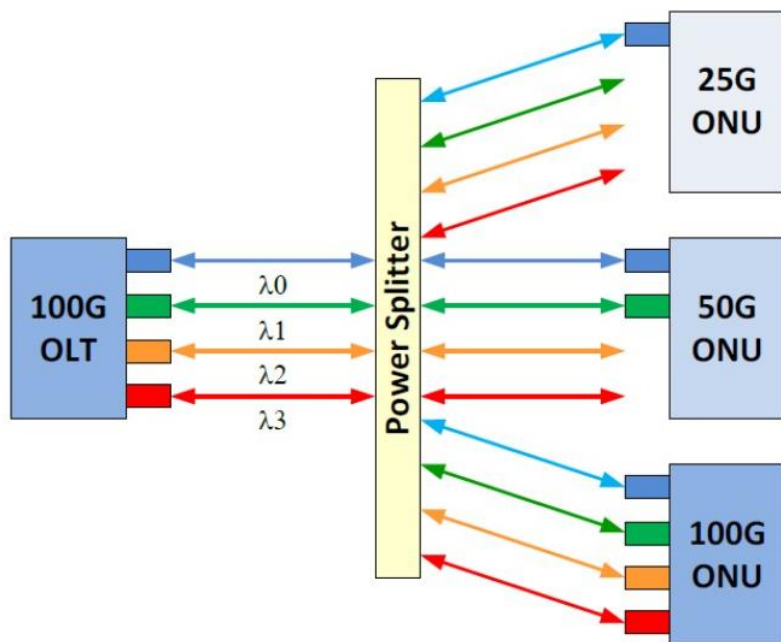


Fig. 4. NG-EPON OLT supporting multiple NG-EPON ONUs.

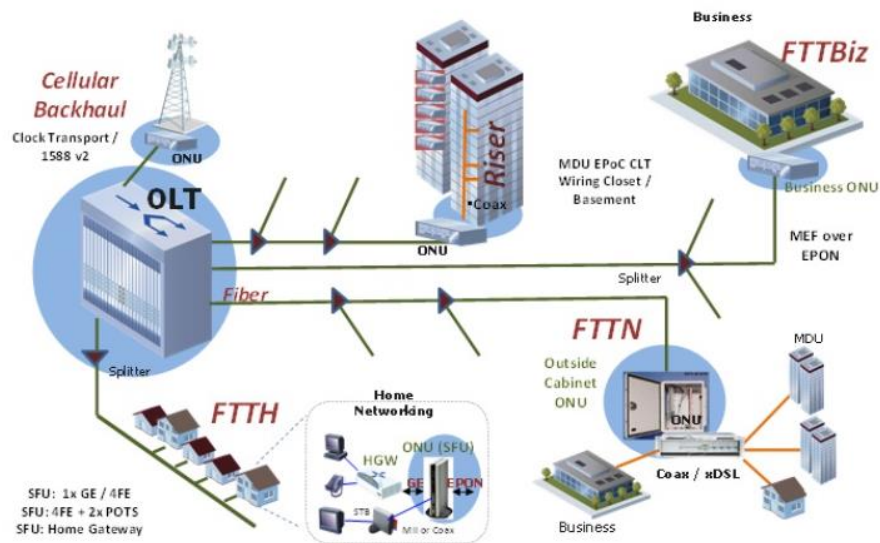


Fig. 3. Examples of various EPON deployment scenarios.

Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

- 1. Szybkości**

- 2. Media**
 - a) Skrętka - autonegocjacja
 - b) Światłowody
 - c) Co-axial
 - d) Backplane

- 3. PoE**
- 4. EPON**

- 5. Warstwa II – SPB/Trill/...**
- 6. Aplikacje**

**Ethernet
wszędzie
?**

IDEA REALIZACJI

"Przyszłość sieci jest płaska"

idea TRILLa i SPB:

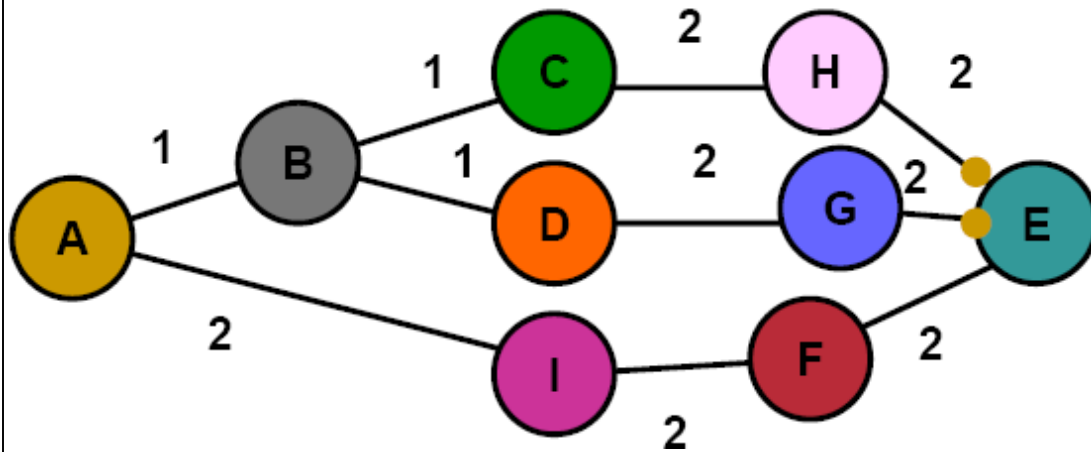
IDEA REALIZACJI

- wybieranie najlepszej trasy zachowując **aktywne** wszystkie trasy alternatywne
- proste zarządzanie, redukcja urządzeń sieciowych
- efektywniejsze wykorzystanie pasma

Shortest Path Bridging (SPB)

- SPB zapewnia dwa modele tworzenia równoległych ścieżek (*multipath bridging*)
 - Shortest Path Bridging VLAN (SPBV)
 - Shortest Path Bridging Mac-in-Mac (SPBM)
- Sposoby wyliczania najkrótszej drogi oraz osiągalności węzłów:
 - SPBV stosuje Shortest Path VLAN ID (SPVID);
 - SPBM stosuje Backbone VLAN ID (BVID)

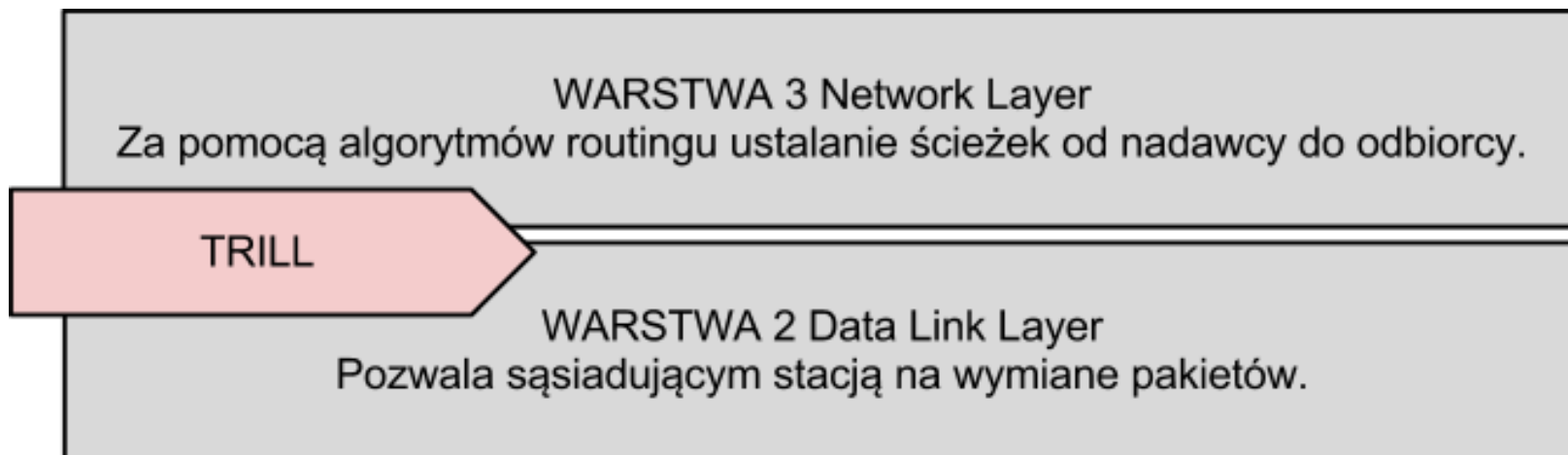
avaya.com "Compare and Contrast SPB and TRILL"



- Ścieżka E...G: optymalna EG; tutaj: EFIABDG
- Idea: zamiast jednego spanning tree dla całej sieci, każdy bridge jest rootem własnego spanning tree

TRILL

"Switch when you can, route when you must"



- Stosuje algorytmy routingu warstwy trzeciej do utworzenia chmury połączeń widzianej jako pojedyncza podsieć IP.
- **Płaska przestrzeń adresowa** - stacja może poruszać się w chmurze bez zmiany swojego adresu IP

Jaki jest dzisiaj Ethernet

Szeroka oferta:

1. Szybkości

2. Media

a) Skrętka - autonegocjacja

b) Światłowody

c) Co-axial

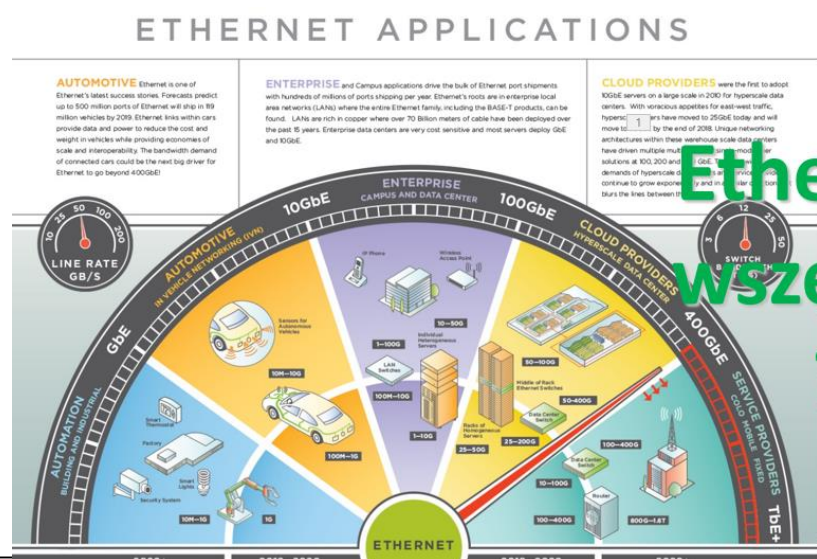
d) Backplane

3. PoE

4. EPON

5. Warstwa II – SPB/Trill/...

6. Aplikacje



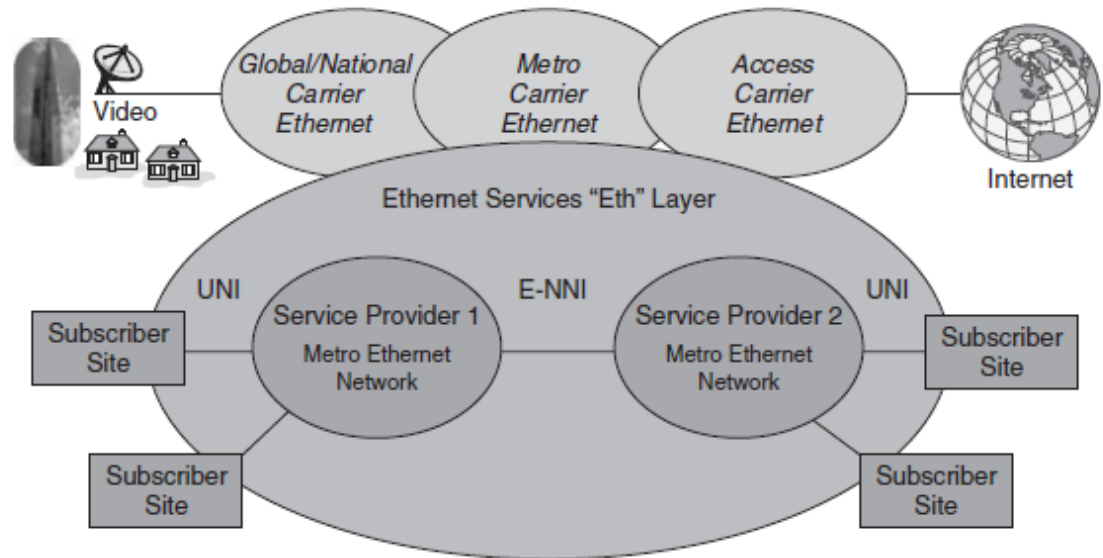
Ethernet
władzie
?

Konceptcja wykorzystania Ethernetu „wszędzie”

„Carrier Ethernet”

Koncepcja wykorzystania Ethernetu „wszędzie”

- Cel - umożliwienie obsługi ruchu end-to-end przy użyciu jednej technologii (na poziomie transportowania pakietów).
- uproszczenie sieci oraz do obniżenia kosztów jej budowy i utrzymania.
- Zastosowanie technologii Ethernet we wszystkich segmentach sieci, w tym w sieciach rozległych (WAN), stawia wiele wyzwań, dla których opracowywane są nowe technologie pod nazwą Ethernetu operatorskiego (ang. Carrier Ethernet - CE).



Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski

"Carrier Ethernet" jest w rzeczywistości, skrótem pierwotnego terminu "Carrier Grade Ethernet".

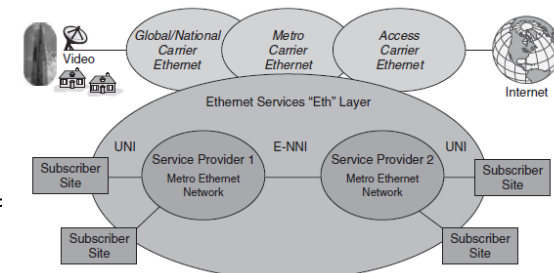
"Carrier Grade" lub "Carrier Class" są pojęciami używanymi w odniesieniu do technologii i urządzeń, które zapewniają solidne i niezawodne usługi na poziomie, na którym operatorzy telekomunikacyjni chcą wdrażać je w swojej sieci rozległej.

Są to wymagania znacznie odbiegające od tych realizowanych w LANach.

Wykorzystanie rozwiązań Ethernet zaprojektowanych początkowo dla zastosowań w sieciach lokalnych, stało się możliwe w sieciach operatorów telekomunikacyjnych dzięki wprowadzeniu do niego wielu rozszerzeń i ulepszeń, dzięki którym uzyskał cechy „operatorskie”.

Wyróżnia się:

- **Ethernet over nie-Ethernet (Ethernet over non-Ethernet) i**
- **Ethernet over Ethernet (Ethernet over Ethernet).**



Carrier Ethernet

Z punktu widzenia użytkownika końcowego:

- Standaryzowana usługa określona przez 5 cech



Z punktu widzenia dostawcy usług:

- Zbiór certyfikowanych, połączonych ze sobą elementów sieciowych w celu dostarczenia usług Carrier Ethernet dla wszystkich użytkowników

MEF – Metro Ethernet Forum



Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Skalowalność
- Niezawodność
- Zarządzanie
- Jakości QoS
- Standaryzowane usługi

...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,
- zapewnienia odporności na awarie oraz
- zapewnienie odpowiedniego poziomu OAM .

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Standaryzowane usługi

- Skalowalność
- Niezawodność

- Zarządzanie
- Jakości QoS

...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,
- zapewnienia odporności na awarie oraz
- zapewnienie odpowiedniego poziomu DDoS.

Skalowalność

Skalowalność

- Możliwość łatwego uaktualniania pasma istniejącej usługi dzięki programowej zmiany pasma według profilu usługi danego użytkownika
- Ujednolicenie połączeń sieci Carrier Ethernet różnych dostawców usług za pomocą standaryzowanego interfejsu ENNI

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Standaryzowane usługi
- **Skalowalność**
- Niezawodność
- Zarządzanie
- Jakości QoS

...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- **oddzielenie sieci dostawcy i użytkowników,**
 - zapewnienia odporności na awarie oraz
 - zapewnienie odpowiedniego poziomu OAM.
- dostawców i użytkowników**

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski

Ethernet over Ethernet (Carrier Ethernet Transport) Q-in-Q

- Oddzielenie sieci dostawców i użytkowników

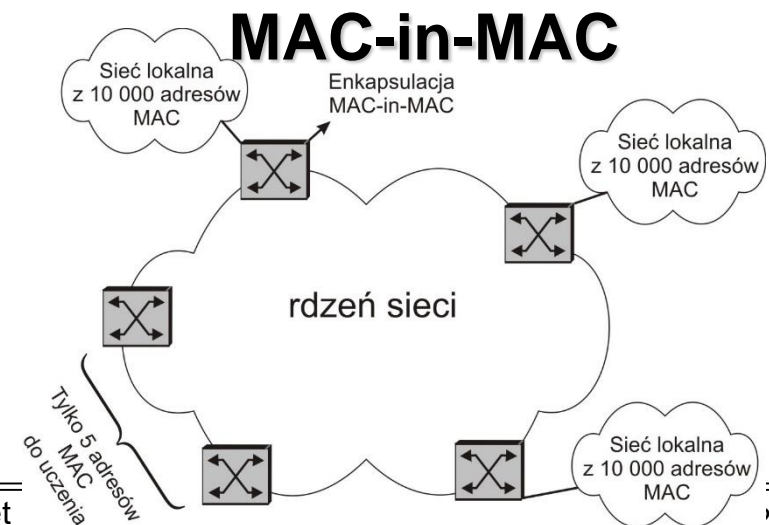
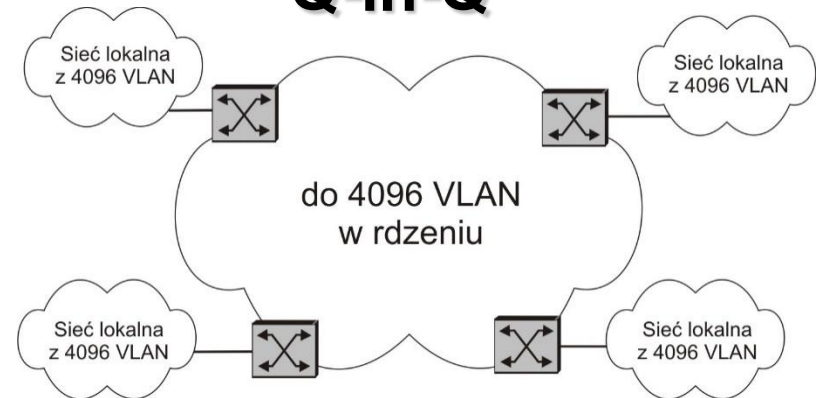
Można sobie wyobrazić, iż sieć dostawcy i wszystkie strony klientów pracowały by w jednej sieci (tak jak w wielkim LANie), ale byłaby ona trudna do zarządzania (prawie nie do opanowania).

IEEE opracowała dwa standardy:

1. Provider Bridge (PB; 802.1ad; Q-in-Q) i
2. Provider Backbone Bridge (PBB; 802.1ah; MAC-in-MAC).

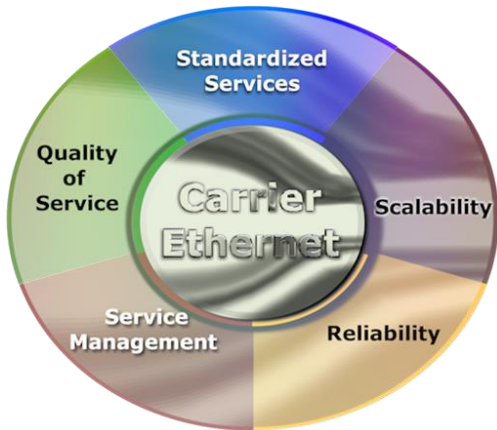
PB oddziela znaczniki (tagi) VLAN dostawcy od tagów klientów.

PBB idzie jeszcze dalej i rozdziela adresy MAC poprzez umieszczenie ramki Ethernet użytkownika w ramce dostawcy



Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Standaryzowane usługi
- Skalowalność
- Niezawodność
- Zarządzanie
- Jakości QoS

...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,
- zapewnienia odporności na awarie oraz
- zapewnienie odpowiedniego poziomu OAM.

niezawodność

Niezawodność

- Sieci Carrier Ethernet muszą szybko wykrywać i naprawiać wszelkie usterki bez wpływu na jakość odbioru usługi przez użytkownika
- Krytycznym wymogiem jest zapewnienie przywrócenia łącza w czasie mniejszym niż 50ms

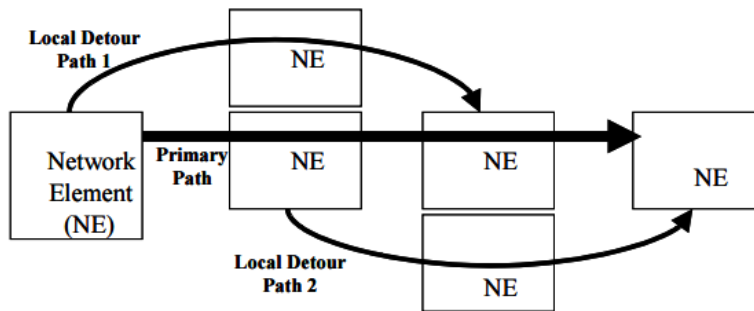
Stosowane mechanizmy redundancji:

- 1+1 – Wykorzystuje zasoby cały czas wysyłając replikę ruchu sieciowego, punkt w którym się zbiegają decyduję o tym którą z kopii wybrać, aby przesłać ją dalej
- 1:1 – Jeden zasób chroniący na każdy pracujący, który jest wykorzystywany tylko podczas awarii, wyróżniamy gorącą rezerwę oraz zimną

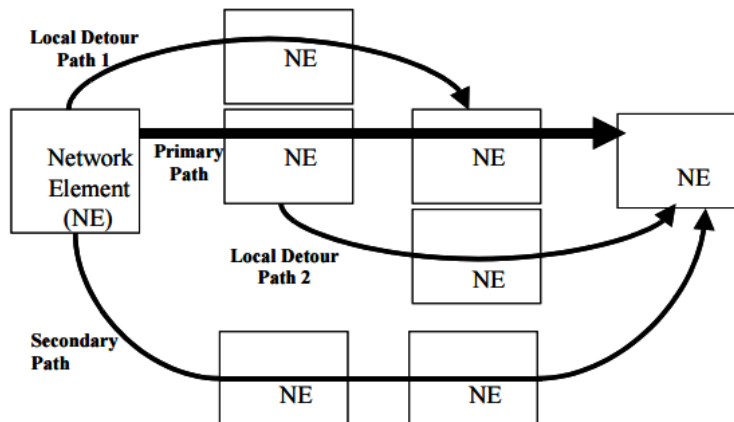
Niezawodność

4 mechanizmy zdefiniowane w standardzie MEF 2:

- Ochrona zagregowanego łącza oraz węzła (ALNP)



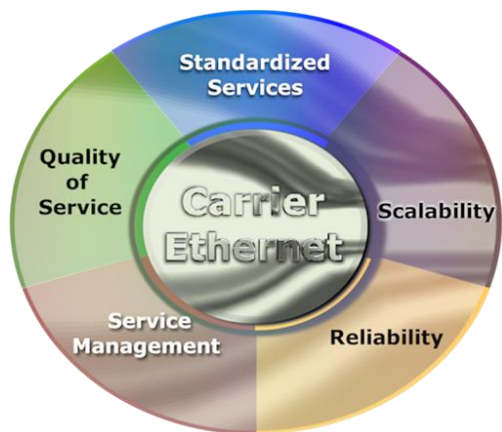
- Ochrona ścieżki od końca do końca (EEPP)



- Ochrona MP2MP
- Ochrona łącza oparta na agregacji łączy

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Standaryzowane usługi
- Skalowalność
- **Niezawodność**
- Zarządzanie
- Jakości QoS

...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,

• **zapewnienie odporności na awarie** oraz

- zapewnienie odpowiedniego poziomu CAPEX.

na awarie

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski

Ethernet over Ethernet (Carrier Ethernet Transport)

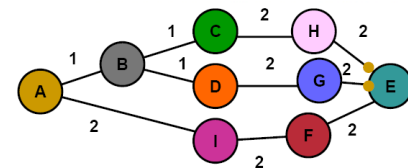
- **Odporność na awarie (Resilience)**

LAN - mechanizm drzewa rozpinającego (Spanning Tree Protocol - STP); w przypadku wystąpienia awarii czas przełączania do alternatywnej trasy jest bardzo długi – nawet kilkadziesiąt sekund. Nie spełnia to wymagań nowoczesnych sieci.

Nowsze rozwiązania tego mechanizmu (Rapid STP lub Multiple STP) także są niewystarczające.

Obecnie IEEE proponuje dwa standardy, które są oparte na różnych podejściach:

- **PBB-TE**, który wykorzystuje koncepcję tworzenia kopii zapasowych (deterministyczne ścieżki w stylu SDH) oraz
- Shortest Path Bridging (**SPB**), który wykorzystuje protokoły routingu typu link-state w celu znalezienia odpowiedniej topologii (w sposób podobny do stanu łącza protokołów routingu IP).



Z kolei IETF zaproponował swoje rozwiązanie – **TRILL (TRansparent Interconnection of Lots of Links)**, także wykorzystujące protokoły routingu typu link-state.

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Standaryzowane usługi
- Skalowalność
- Niezawodność
- Zarządzanie

• **Jakość usług**

...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,
- zapewnienia odporności na awarie oraz
- zapewnienie odpowiedniego poziomu OAM .

Jakość usług

Carrier Ethernet posiada zdolność do odmiennego traktowania ruchu sieciowego różnych klientów według przyjętych kontraktów SLA

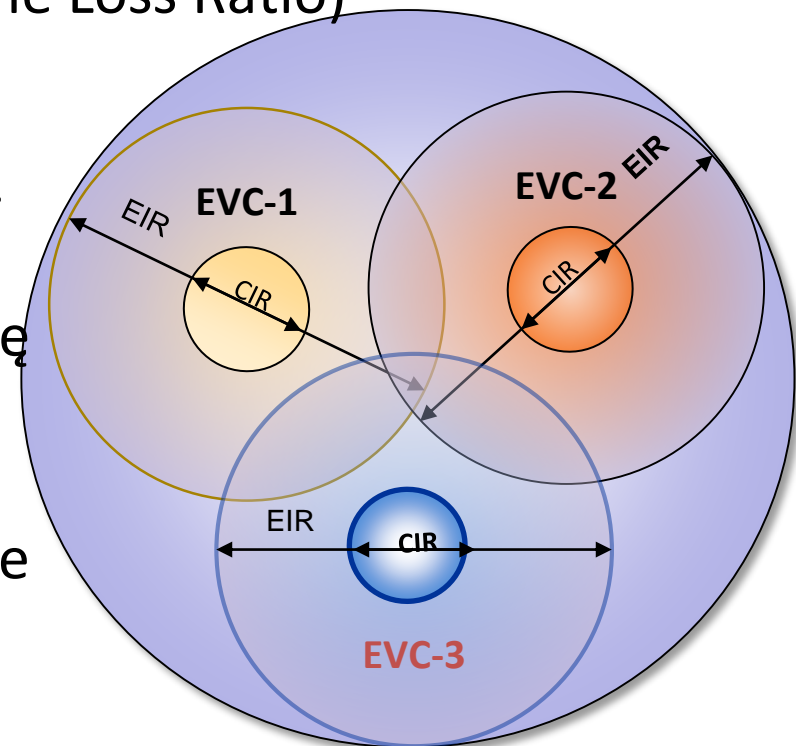
Jakość usług

Standardy MEF definiują atrybuty usług Carrier Ethernet określające m.in. takie parametry jak

- Opóźnienie pakietów (Frame Delay)
- Wariacja opóźnienia (IFDV)
- Współczynnik straty pakietów (Frame Loss Ratio)

lub wartości profili przepływności

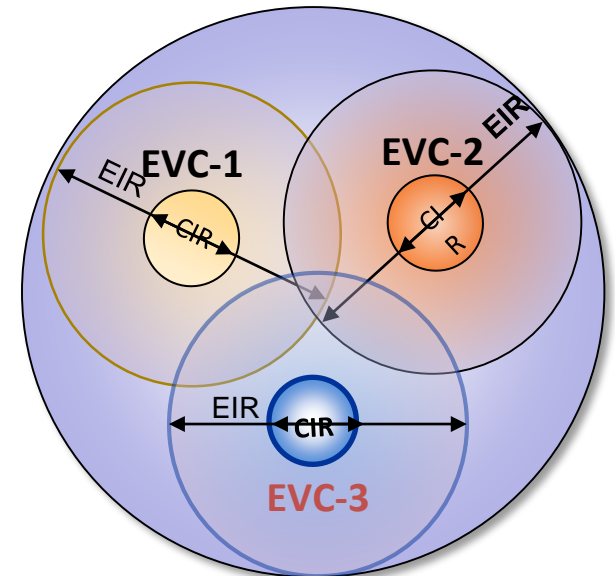
- CIR (Committed Information Rate) – wartość przepływności zagwarantowana poprzez rezerwację czy też elementy inżynierii ruchu
- EIR (Excess Information Rate) – wartość maksymalna, która nie może zostać przekroczona



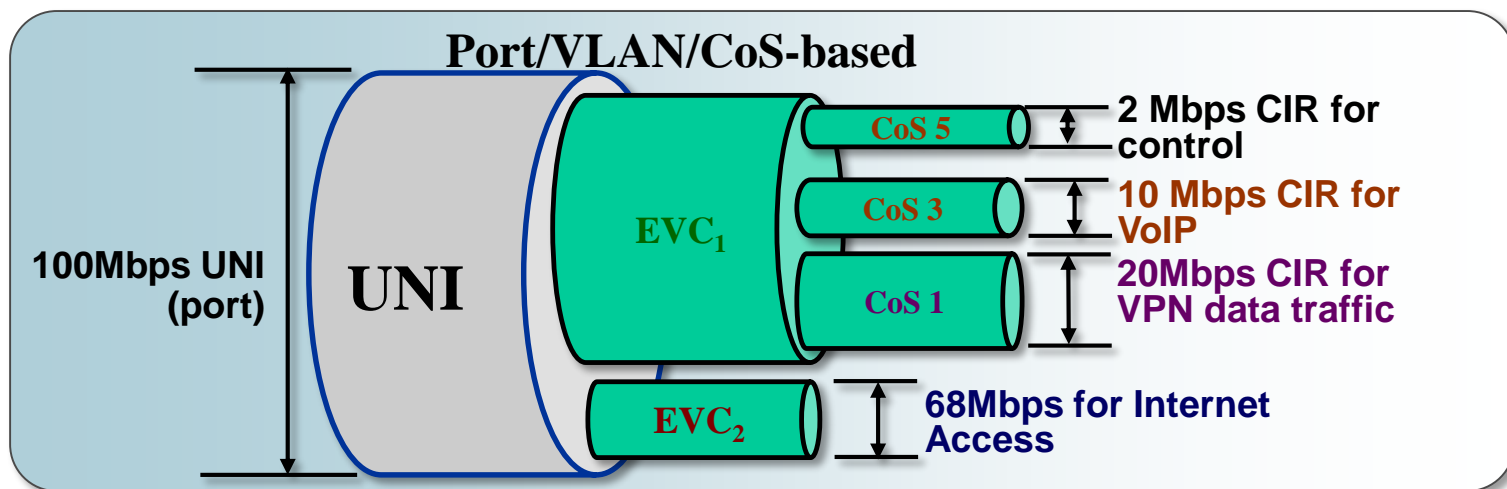
Jakość usług

Znakowanie „Color Aware” określa które pakiety mają najniższy priorytet (np. zostaną odrzucone jako pierwsze w przypadku przeciążenia sieci)

- **Zielony** – Pakiety mieszczące się w danym CIR, przekazywane bez odrzucania
- **Żółty** – Pakiety, które wykraczają poza CIR, ale mieszczą się w danym EIR, zostaną odrzucone w przypadku zaistnienia sytuacji przeciążenia sieci
- **Czerwony** – Odrzucane pakiety, które przekraczają EIR



Jakość usług



Standard 23.2 podaje trzy etykiety klas usług

- H – dla mowy oraz sterowania siecią mobilną
- M – dla video
- L – dla pozostałych danych o niskim priorytecie

Jakość usług

CoS Label	C-Tag PCP		PHB (DSCP)	
	Color Green	Color Yellow	Color Green	Color Yellow
H	5	N/S in Phase 2	EF (46)	N/S in Phase 2
M	3	2	AF31 (26)	AF32 (28) or AF33 (30)
L	1	0	AF11 (10)	AF12 (12), AF13 (14) or Default (0)

Klasy usług oznacza się w polach

- PCP (Priority Code Point) – 3 bitowe pole ramki Ethernet w standardzie 802.1Q(VLAN)
- DSCP (DiffServ Code Point) – 8 bitowe pole pakietu IP w miejsce pola Type of Service w IPv4 lub Traffic Class w IPv6

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



- Standaryzowane usługi
- Skalowalność
- Niezawodność
- Zarządzanie
- Jakości QoS

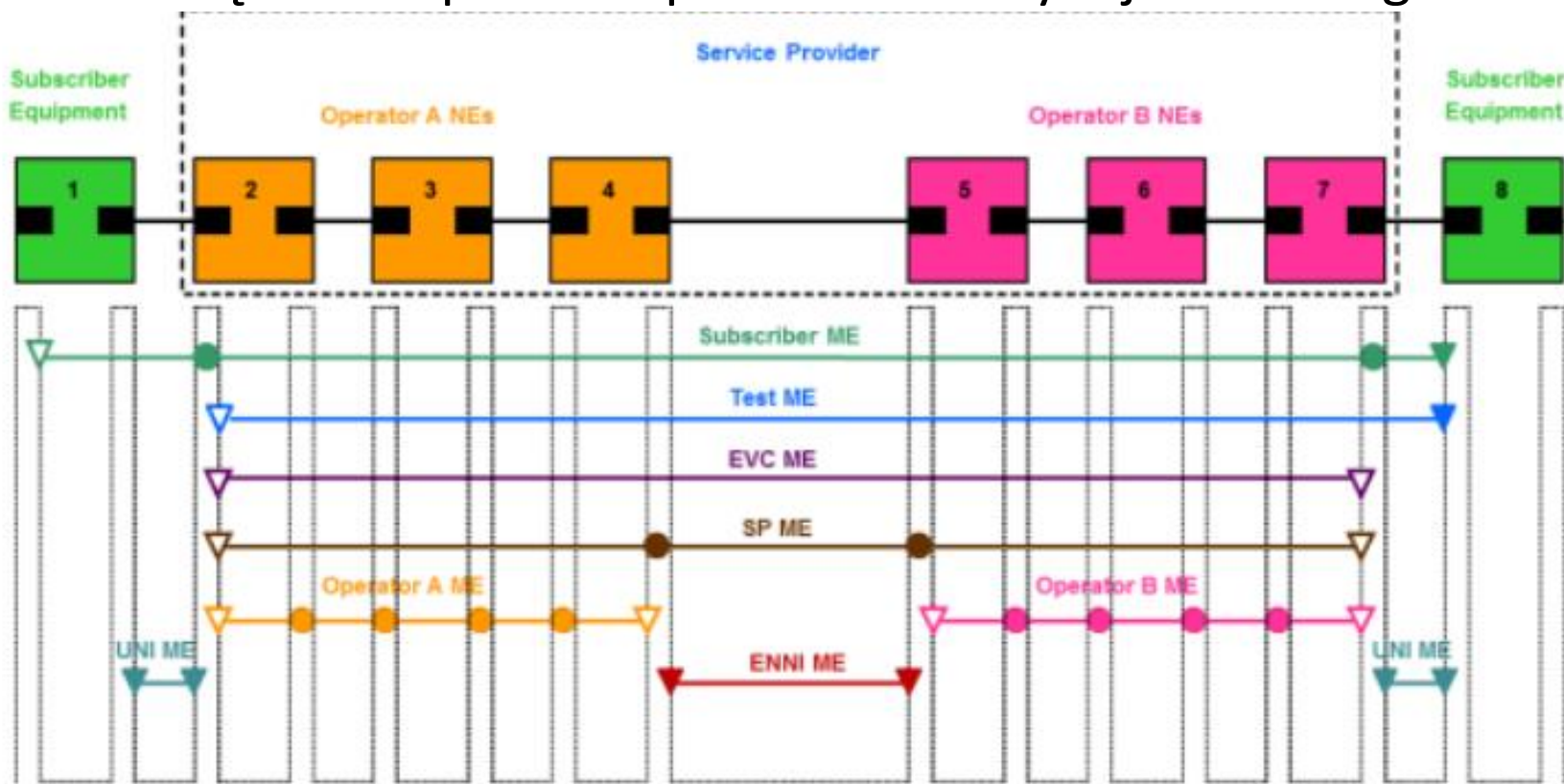
...

Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,
- zapewnienia odporności na awarie oraz
- zapewnienie odpowiedniego poziomu OAM .

np. ITU-T Y.1731 Performance Monitoring

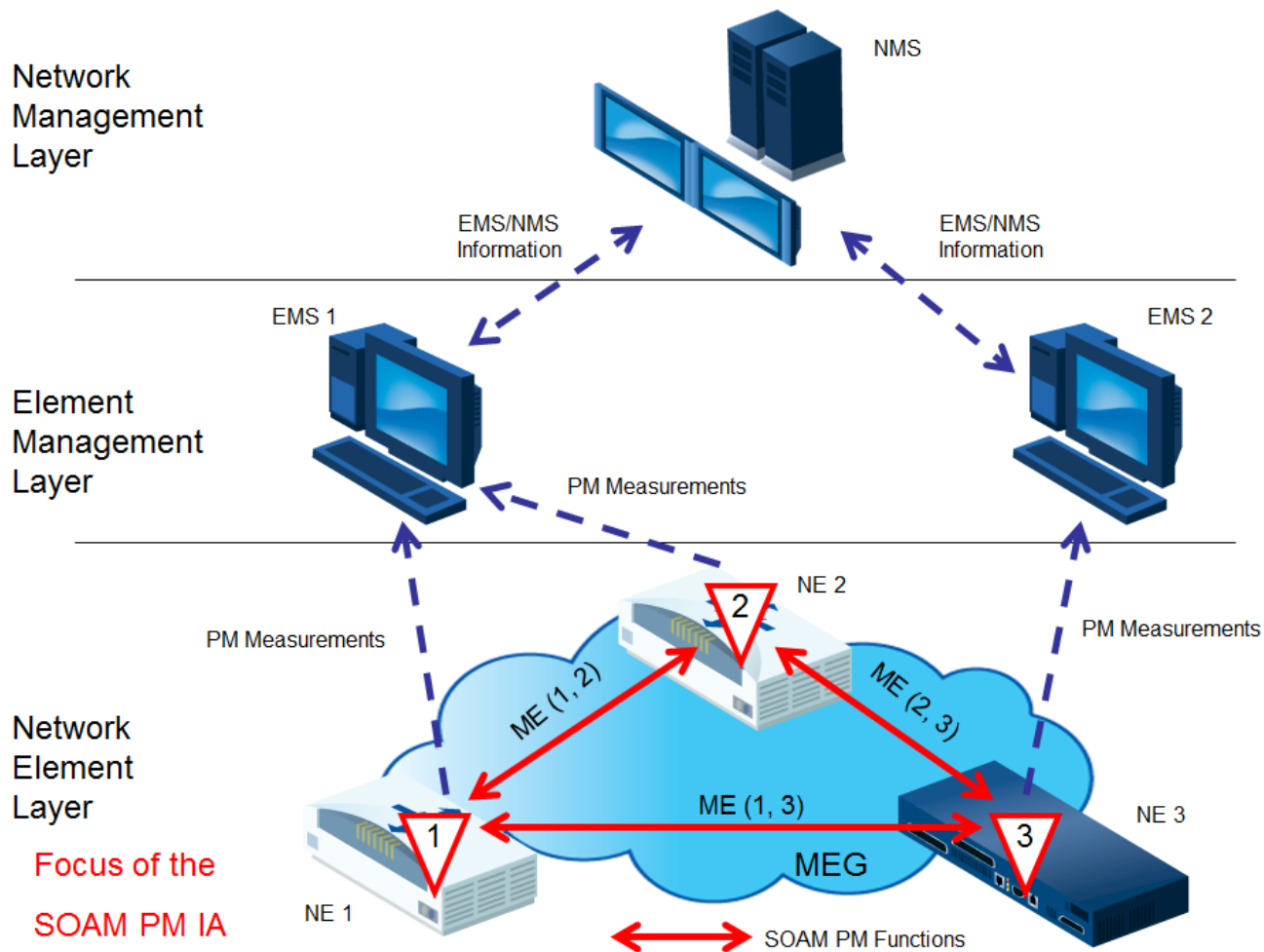
- Standard *OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks* wydany w 2006 roku przez ITU-T
- Obejmują zarządzanie połączeniami, a także zapewnia narzędzia do pomiaru parametrów wydajności usługi.



ITU-T Y.1731 Performance Monitoring

- ME - Maintenance Entities
- MEG – Maintenance Entities Group
- MEP – MEG End Point

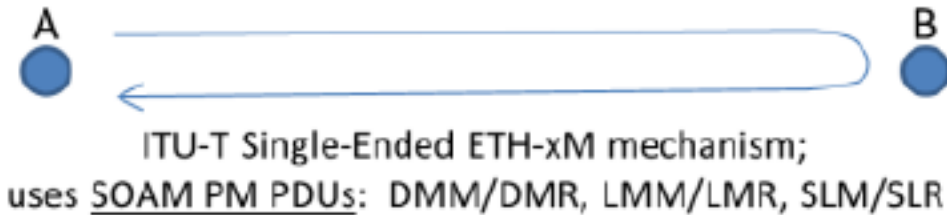
MEP wprowadza ramki monitorujące w paśmie z usługami Ethernetu w celu mierzenia parametrów usług. Następnie w MEP są one przechwytywane i zbierane są z nich dane dotyczące wydajności.



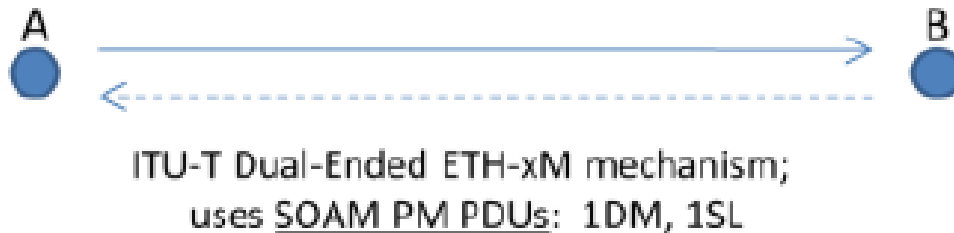
ITU-T Y.1731 Performance Monitoring

Wyróżniamy dwa rodzaje funkcji:

Single-Ended:



Dual-Ended:



Mierzenie opóźnienia oraz wariacji opóźnienia ramek ETH-DM (Ethernet frame Delay Measurement)

- ETH-DM Single-Ended: każdy MEP wysyła ramki z żądaniem informacji ETH-DM do źródłowego MEP i otrzymują odpowiedź od docelowego MEP.
- ETH-DM Dual-Ended: każdy MEP transmituje ramki ETH-DM do źródłowego MEP. Wymaga to synchronizacji obu zegarów dla pomiaru opóźnienia.

Carrier Ethernet (CE) – Ethernet operatorski LAN/MAN/WAN

Co zapewnić?



Podstawowe zadania jakie należy rozwiązać dotyczą

- oddzielenie sieci dostawców i użytkowników,
- zapewnienia odporności na awarie oraz
- zapewnienie odpowiedniego poziomu OAM .

• **Standardyzowane usługi**

- Skalowalność
- Niezawodność
- Zarządzanie
- Jakości QoS

...



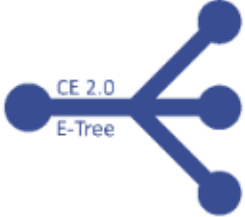
Carrier Ethernet Service

- Usługa Carrier Ethernet to usługa przysyłania danych oparta na sieci Ethernet, które jest dostarczana subskrybentowi przez jego usługodawcę.
- Dostarcza ramki Ethernet z prędkością od 1 Mbps do 400 Gbps.
- Rozróżnia ruch wielu użytkowników końcowych działających w jednej sieci
- Współistnieje z istniejącymi rozwiązaniami warstwy 2 i 3.



- MEF zdefiniowało takie usługi jak:
 - E-Line
 - E-LAN
 - E-Tree
 - E-Access
 - E-Transit
- Jedne z ostatnich rozszerzeń (MEF dla CE 3.0) - standard 6.3 (Listopad, 2019)

Carrier Ethernet Service

- W zależności od rodzaju wirtualnego połączenia występują dwie kategorie usług
 - EVC-based Carrier Ethernet Services (UNI-UNI)

E-Line		MEF 6.2
E-LAN		MEF 6.2
E-Tree		MEF 6.2

- OVC-based Carrier Ethernet Services (UNI-ENNI)

E-Access		MEF 33 and MEF 51
E-Transit		MEF 51

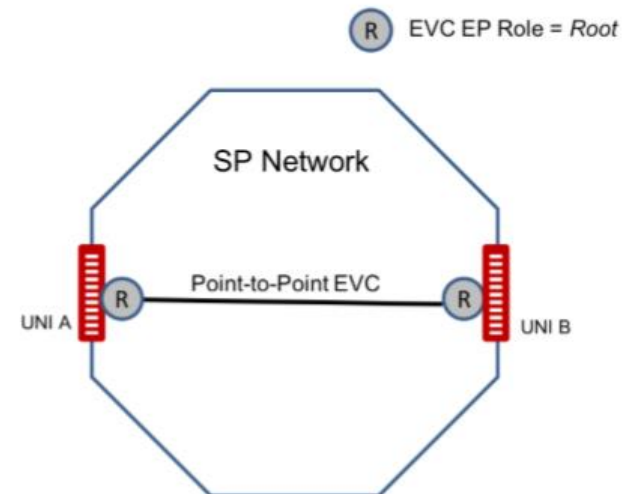
Carrier Ethernet Service

- Podział usług

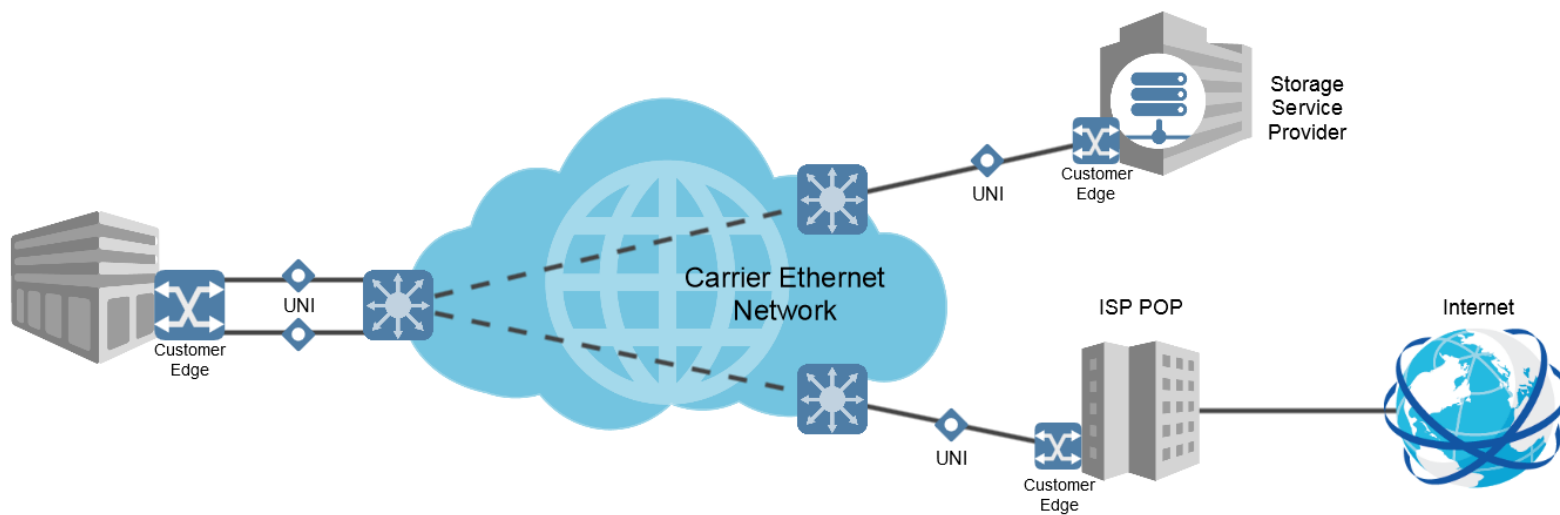
Rodzaj usługi	Port-Based	VLAN-Based
E-Line (Point-to-Point EVC)	Ethernet Private Line (EPL)	Ethernet Virtual Private Line (EVLP)
E-LAN (Multipoint-to- Multipoint EVC)	Ethernet Private LAN (EP-LAN)	Ethernet Virtual Private LAN (EVP-LAN)
E-Tree (Rooted-Multipoint EVC)	Ethernet Private Tree (EP-Tree)	Ethernet Virtual Private Tree (EVP-Tree)

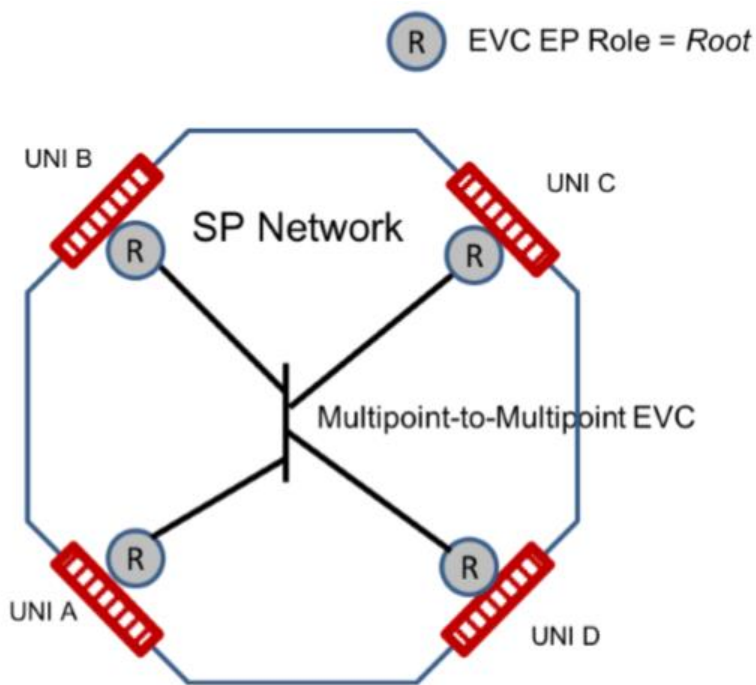
E-Line (P2P)

- Usługa zdefiniowana dla EVC – łączy dokładnie dwa interfejsy użytkownik-sieć (MEF 6.3 i MEF 10.4)
- Najbardziej popularna usługa Carrier Ethernet z powodu jej prostoty
- Może zapewnić symetryczne pasmo dla danych bez gwarancji wydajności np. usługa best effort pomiędzy dwoma 10Mb/s UNIs
- E-Line jest wykorzystywane m.in. do: **tworzenia prywatnych linii, dostępu do internetu przez Ethernet oraz jako zastąpienie linii prywatnych TDM**

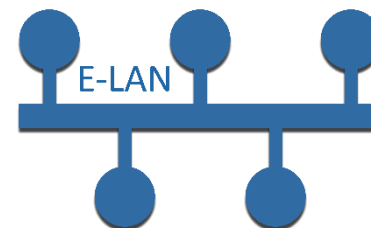


E-Line - przykład



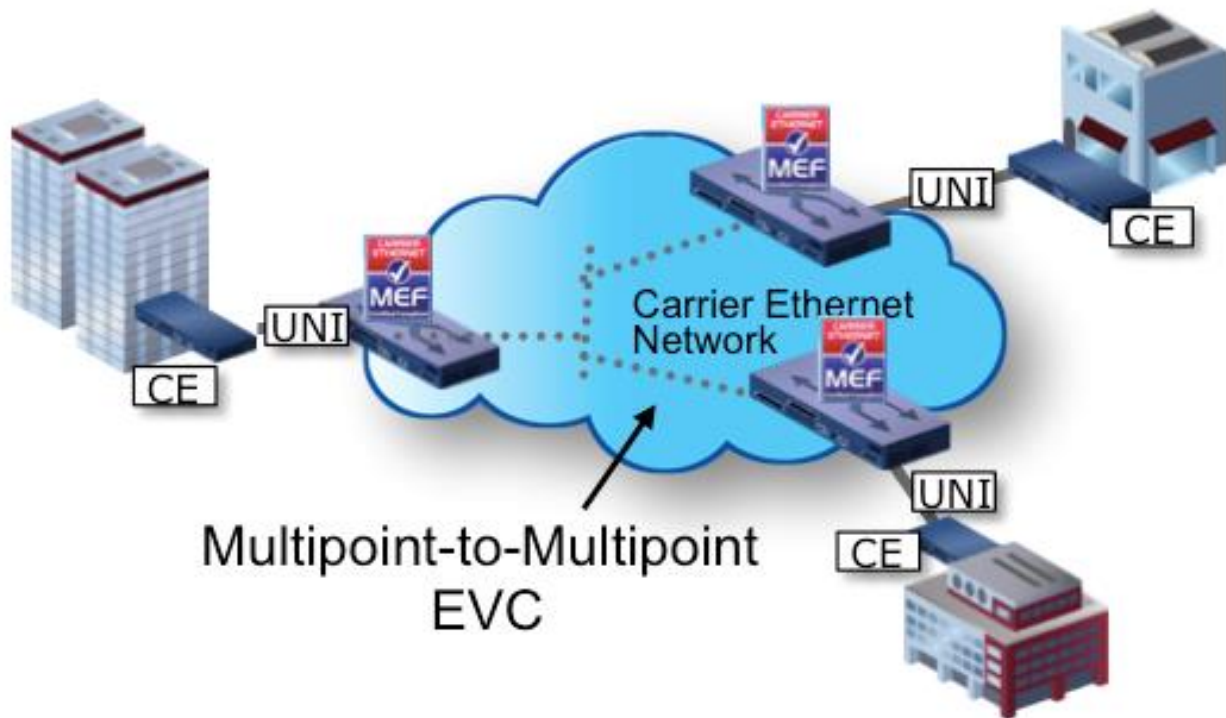


E-LAN

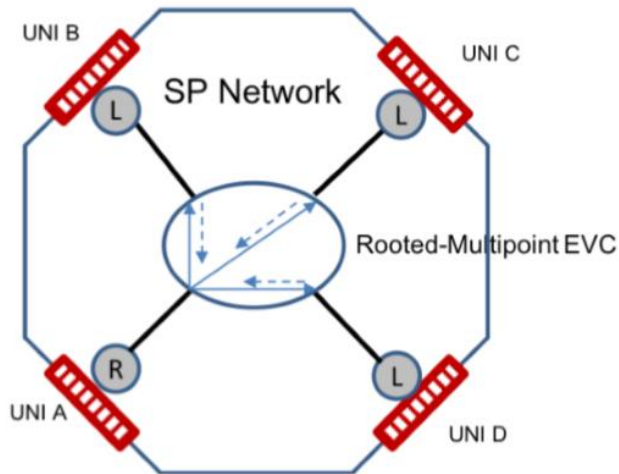
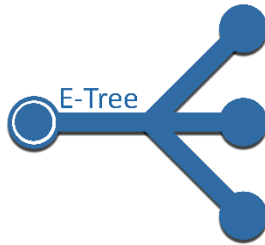


- Usługa wielopunkt-wielopunkt, która łączy dwa lub więcej urządzenia UNI
- Zapewnia pełną łączność wszystkich urządzeń w sieci
- Każde UNI może komunikować się z dowolnym UNI w sieci
- Wykorzystywane do tworzenia:
 - Usług wielopunktowego VPN w warstwie drugiej
 - Transparent LAN services (TLS)
 - Podstaw pod technologie IPTV oraz sieci multicastowych

E-LAN - przykład



E-Tree



- Usługa wielopunkt-wielopunkt na podstawie struktury drzewa z ustalonymi rolami liścia oraz korzenia
- Rozwiązanie E-Tree zapewnia separację między jednostkami UNI różnych klientów (UNI – leaf) w celu dostarczenia wybranej usługi danemu użytkownikowi
- Wykorzystuję się do
 - **Dostarczania usług multicastowych**
 - **Dostępu do internetu**
 - **Usług telemetrycznych – zbierania i monitorowanie danych**

E-Tree - przykład

