

---

# Wymagania dla podłączenia jednostek oświatowych w ramach drugiego naboru dla działania 1.1 POPC

**Technologia łączy dostępowego**

## Technologia łączy dostępowego

---

- Wymagania na technologię przyłącza jednostki oświatowej nie oznaczonej literą „A” w 2 konkursie POPC, w pkt. 1.6 wymagań stanowią:

*„Sposób realizacji Przyłącza telekomunikacyjnego do Jednostek oświatowych musi spełniać wymóg skalowalności, a więc zastosowana technologia Przyłącza telekomunikacyjnego musi zapewniać możliwość uzyskania odpowiednich parametrów technicznych od WSD do Jednostki oświatowej. Wymaganie to musi być możliwe do spełnienia przy użyciu istniejących na rynku urządzeń telekomunikacyjnych i stanowi wymóg na parametry zastosowanej technologii Przyłącza telekomunikacyjnego, a nie na stosowane przez OSD urządzenia aktywne.*

---



## Technologia łączy dostępowego

---

- *dla Jednostek oświatowych bez litery „A” w spisie stanowiącym Załącznik nr 12 do Regulaminu konkursu zastosowana technologia przyłączenia telekomunikacyjnego musi umożliwiać w relacji od WSD do Jednostki oświatowej, dla każdego kierunku transmisji danych, przy wielkości pakietu 1500B parametry nie gorsze niż:*
  - *opóźnienie (ang. Latency) – 0,2 ms*
  - *zmiennosc opóźnienia (ang. Jitter) - 0,05 ms*
  - *utrata pakietów (ang. Packet loss) - 0,001%.*

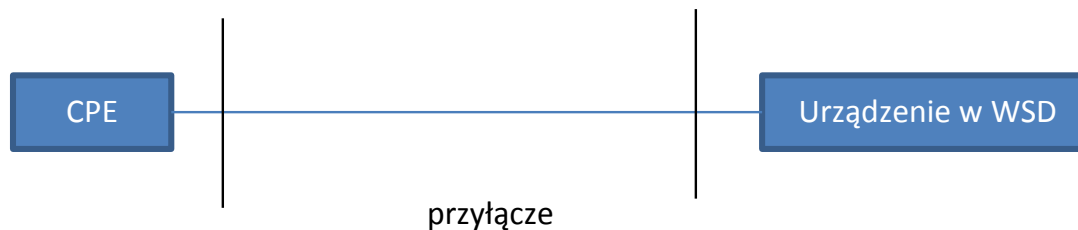
## Technologia łączy dostępowego

---

- *Powyższe wymagania spełnia w szczególności technologia światłowodowa Przyłącza telekomunikacyjnego z transmisją w kanale optycznym (wydzielonym w technologii xWDM lub bez takiego wydzielenia)."*
- W celu realizacji postulatu wielkości opóźnienia zastosowana technologia musi umożliwiać osiągnięcie opóźnienia poniżej 0,05ms, czyli 50  $\mu$ s dla pakietu 1500B.

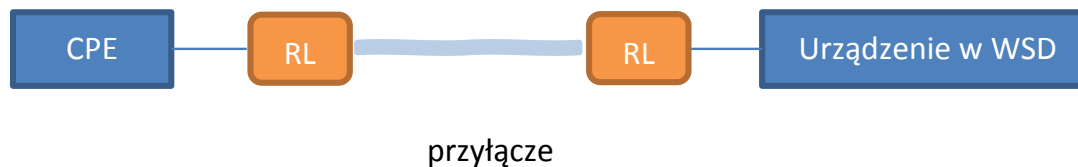
## Technologia łączy dostępowego

Typowy układ zastosowania przyłącza w rozumieniu wymagań dla jednostek oświatowych wygląda następująco:



Dla przyłącza światłowodowego powyższy rysunek oddaje fizyczną realizację połączenia.

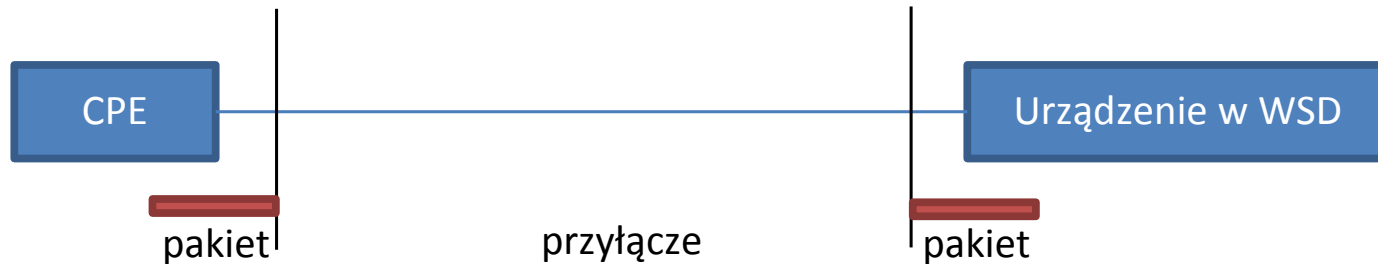
Dla połączenia radioliniowego fizyczna realizacja będzie wyglądała następująco:



## Technologia łączy dostępowego

---

Pomiar opóźnienia powinien wskazać czas od pojawienia się początku pakietu od jednej strony łącza do momentu pojawienia się ostatniego bitu pakietu po drugiej stronie łącza (jak wskazuje RFC7679):



## Technologia łączy dostępowego

---

- Teoretyczne wyliczenie parametrów możliwych do zastosowania technologii wymaga zsumowania czasów transportu pakietu przez przyłącze.
- W tym celu należy zsumować czasy serializacji pakietu i czasu propagacji sygnału

## Technologia łączy dostępowego

---

Czasy serializacji pakietu 1500B w zależności od prędkości transmisji  
(czas trwania od wystąpienia pierwszego bitu pakietu do wystąpienia ostatniego bitu pakietu)

łącze	Czas w $\mu\text{s}$
100 Mb/s	120
200 Mb/s	60
300 Mb/s	40
500 Mb/s	24
1 Gb/s	12
10 Gb/s	1,2
40 Gb/s	0,3
100 Gb/s	0,12



## Technologia łączy dostępowego

---

Opóźnienie wynikające z czasu propagacji zależności od odległości i rodzaju medium

Odległość w km	Czas w $\mu\text{s}$ dla powietrza	Czas w $\mu\text{s}$ dla światłowodu
0,5	1,7	2,5
1,0	3,3	5,0
2,0	6,7	10,0
3,0	10,0	15,0
4,0	13,3	20,0
5,0	16,7	25,0
6,0	20,0	30,0
7,0	23,3	35,0
8,0	26,7	40,0
9,0	30,0	45,0
10,0	33,3	50,0
11,0	36,7	55,0
12,0	40,0	60,0
13,0	43,3	65,0
14,0	46,7	70,0
15,0	50,0	75,0

## Technologia łączy dostępowego

---

- Dodatkowe opóźnienie wprowadzane przez dodatkowe elementy w torze transmisyjnym:

Dla połączenia radioliniowego elementem takim będą urządzenia radiolinii. Zakładając, że urządzenia te transmitują pakiet bajt po bajcie (od razu po jego rozpoczęciu następuje jego transmisja dalej) można założyć, że czas ten będzie wynikał jedynie z efektów wynikających z konieczności przetworzenia informacji w urządzeniu. Z dostępnych danych wynika, że czas ten dla standardowych urządzeń wynosi powyżej 100  $\mu$ s na urządzenie – co automatycznie wyklucza takie rozwiązanie.

## Technologia łączy dostępowego

---

- Przy zastosowaniu urządzeń radioliniowych w technologii ULL (Ultra Low Latency), czasy opóźnień są rzędu dziesiątek ns. Zmniejszenie opóźnienia odbywa się jednak kosztem kontroli przepływu ruchu, adaptacji modulacji i innych cech radiolinii powodujących możliwość uzyskania innych parametrów na wymaganym poziomie (np. strat na poziomie 0,001% w praktycznie każdych warunkach atmosferycznych)
- Urządzenia takie nie wprowadzają ograniczeń powodujących ich automatyczne wykluczenie z rozważań na temat możliwej do zastosowania technologii ze względu na wprowadzane opóźnienie, jednakże wnoszone straty czy dostępność usługi rozwiązanie takie poważnie ogranicza

## Technologia łączy dostępowego

---

Przyłącze światłowodowe.

- ❑ Opóźnienie w tym wypadku wynika z opóźnienia transmisji związanego z prędkością światła i opóźnieniem serializacji.
- ❑ Obecnie dostępne urządzenia pozwalają na jednorodną transmisję z przepływnością 100Gb/s i większą. Czas serializacji jest w tym wypadku 0,12  $\mu$ s, czyli w porównaniu z 50  $\mu$ s wartość pomijalna.
- ❑ Opóźnienie wynikające z prędkości światła ogranicza długość przyłącza do 10 km

## Technologia łączy dostępowego

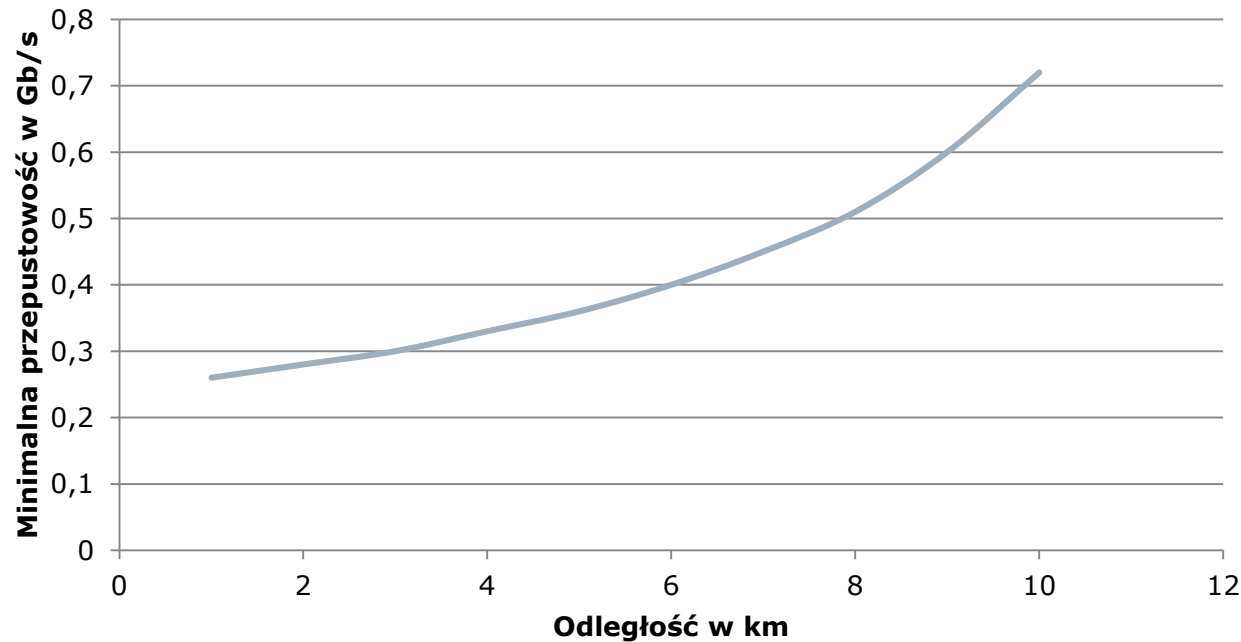
---

Przyłącze radioliniowe.

- Budowa takiego przyłącza jest możliwa jedynie z zastosowaniem technologii ULL, z odpowiednim przeliczeniem dostępności i strat takiej radiolinii i z uwzględnieniem wymogów na minimalną przepustowość wynikającą z połączenia czasu serializacji i opóźnienia transmisji sygnału radiowego w powietrzu.

## Technologia łączy dostępowego

Dla różnych długości przyłącza, dla sumarycznego opóźnienia 50  $\mu$ s i przy założeniu pomijalnego opóźnienia wprowadzanego przez urządzenia radiolinii ULL zależność ta wygląda następująco:



## Technologia łącza dostępowego - podsumowanie

---

- Zastosowanie radiolinii w technologii ULL o odpowiedniej przepustowości, z odpowiednimi zapasami mocy potrzebnymi do osiągnięcia niskich strat i wysokiej dostępności łącza, rosnącej wraz ze wzrostem odległości – w większości przypadków może być ekonomicznie nieopłacalne w porównaniu z przyłączem światłowodowym



**Fundusze Europejskie**  
Polska Cyfrowa



CENTRUM  
PROJEKTÓW  
POLSKA  
CYFROWA

**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



---

Dziękuję za uwagę



**INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI**  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY