

Załącznik nr 6

do Studium Wykonalności projektu *Sieć Szerokopasmowa Polski Wschodniej* województwo lubelskie

Zalecenia oraz wymagania dla projektu technicznego sieci.

Załącznik nr 6 do Studium Wykonalności projektu *Sieć Szerokopasmowa Polski Wschodniej*, województwo lubelskie – Zalecenia oraz wymagania dla projektu technicznego sieci.

Wytyczne dla elementów infrastruktury sieciowej

Punktem wyjściowym dla przygotowania wymagań funkcjonalnych dla poszczególnych elementów sieci jest analiza oddziaływania projektu na rozwój społeczeństwa informacyjnego które będzie wymuszało na sieci możliwość świadczenia wielu usług. W szczególności:

- Praca na odległość (telepraca);
- Nauczanie na odległość (e-learning);
- Zdalna opieka medyczna (e-medycyna);
- Handel elektroniczny (e-handel);
- Organizacja działalności gospodarczej przy wykorzystaniu ICT;
- Administracja państwowa i samorządowa (e-urząd).

Zaproponowane poniżej wymagania sprawiają że zaproponowana koncepcja sieci będzie posiadać właściwości które pozwolą świadczyć powyższe usługi w momencie jej uruchomienia, jak również w okresie jej eksploatacji.

1 Część aktywna

1.1 Wymagania funkcjonalne dla warstwy szkieletu sieci

Rola urządzeń aktywnych w sieci

Urządzenia zlokalizowane w węzłach warstwy szkieletu sieci stanowią główne węzły odbierające oraz agregujące ruch pochodzący z urządzeń Operatorów Sieci Dostępowych z poszczególnych części warstwy dystrybucyjnej. Węzły będą zapewniać tranzyt ruchu pomiędzy tymi częściami sieci szkieletowej, jak i z sieciami zewnętrznymi.

Przez każdy węzeł szkieletowy przechodzi ruch dziesiątek lub setek tysięcy klientów operatorów sieci dostępowych, co nakłada na urządzenia wymagania niezawodności i skalowalności.

Urządzeń pełniących taką rolę będzie w sieci od kilkunastu do kilkudziesięciu, w zależności od wybranej topologii.

Architektura urządzenia

Urządzenia powinny posiadać budowę modułową, umożliwiającą rozbudowę i zwiększanie liczby portów, pozwalającą na wymianę komponentów w trakcie pracy. Elementy krytyczne (moduł zarządzający, zasilanie, chłodzenie) powinny być zdublowane, zapewniając poprawną pracę w przypadku awarii jednego z elementów z pary (lub większej liczby).

Matryca przełączająca powinna zapewnić przepustowość wystarczającą do obsługi zainstalowanych w niej portów ($\text{przepustowość matrycy} \geq \text{suma przepustowości portów} \cdot 2$), z uwzględnieniem zapasu na rozbudowę urządzenia. Architektura powinna zapewniać izolację portów, tzn. brak wpływu przeciążenia na jednym porcie na działanie pozostałych portów, poprzez stosowanie odpowiednich mechanizmów buforowania i kolejkovania ruchu.

Architektura urządzenia powinna zapewnić akcelerowaną sprzętowo obsługę funkcjonalności (przełączanie pakietów, filtrowanie, *QoS*), aby wydajność była przewidywalna i adekwatna do przepustowości obsługiwanych portów przy uwzględnieniu typowego rozmiaru pakietu.

Technologie transmisji

Na potrzeby połączeń pomiędzy węzłami warstwy szkieletu sieci urządzenie powinno obsługiwać spotykane dzisiaj w operatorskich sieciach szkieletowych technologie transmisji o dużej przepustowości:

- Ethernet: 1 Gbit/s (GE), 10 Gbit/s (10GE),
- Packet over SDH: 2.5 Gbit/s (STM-16c), 10 Gbit/s (STM-64c), 40Gbit/s (STM-256c),
- w zależności od potrzeby także inne typy łączy: E1, E3; ATM: STM-1c, STM-4c.

Transmisja powinna być możliwa zarówno przy wykorzystaniu światła „białego”, jak i „kolorowego” zgodnego z siatką częstotliwości ITU-T o odstępach 100GHz. Zmiana parametrów transmisji powinna odbywać się przez wymianę wkładki optycznej lub przestrojenie lasera, w zależności od technologii.

Urządzenie powinno umożliwiać łączenie wielu (co najmniej 4) portów fizycznych w jeden port logiczny (*link bundling/port aggregation*) aby zapewnić transmisję o większej przepustowości, gdy brak możliwości zwiększenia przepustowości pojedynczego łącza (np. ograniczenia warstwy optycznej).

Porty muszą umożliwiać tworzenie podinterfejsów logicznych, np. VLAN dla portów Ethernet.

W obecnej chwili (koniec 2009) w trakcie standaryzacji jest także technologia Ethernet 100Gbit/s (100GE). Pierwsze prototypy kart z takimi portami zostały zapowiedziane przez producentów urządzeń w 2008 i 2009 roku. Zakończenie standaryzacji i faktyczne pojawienie się pierwszych rozwiązań dostępnych komercyjnie jest przewidywane na drugą połowę roku 2010, a pierwsze wdrożenia na początku 2011 roku. Ze względu na ramy czasowe projektu należy brać pod uwagę także rozbudowę urządzeń do obsługi portów 100Gbit/s. Producenci powinni przedstawić plany rozwoju urządzeń i technologii, z uwzględnieniem koniecznych do wymiany elementów (np. zasilanie, chłodzenie, matryca przełączająca) w proponowanych urządzeniach.

Przełączanie i routing

Urządzenie powinno obsługiwać przełączanie ruchu unicast i multicast IPv4 i IPv6. Urządzenie powinno obsługiwać przełączenie ruchu MPLS (funkcjonalność P i PE).

Urządzenie powinno obsługiwać powszechnie stosowane protokoły routingu wewnątrzsieciowego (IGP), to jest OSPF i ISIS dla IPv4; OSPFv3 i ISIS dla IPv6; LDP, targeted LDP i RSVP dla MPLS, PIM-SM dla ruchu multicast. Dla każdego z protokołów powinna być zapewniona typowa funkcjonalność stosowana dzisiaj w sieciach operatorskich, to jest filtrowanie tras, czy dokonywanie

wyboru najlepszej trasy na podstawie protokołu i innych kryteriów. Musi być także możliwe ręczne tworzenie tras (tzw. routing statyczny).

Urządzenie powinno obsługiwać protokół BGP i MP BGP, wraz z stosowanymi do tworzenia usług rozszerzeniami (np. rodziny adresów IPv6, VPNv4, VPNv6, *multicast*). Implementacja protokołu BGP powinna zawierać powszechnie stosowaną funkcjonalność operatorską (w szczególności tworzenie polityk wymiany tras oraz mechanizmy *route reflector*).

Urządzenia powinny obsługiwać przyjmowanie tablic tras od wielu sąsiadów (do określenia w zależności od topologii sieci), utrzymując te trasy w pamięci modułu odpowiedzialnego za przetwarzanie tablic routingu. Wybrane trasy (w ilości zależnej od miejsca w sieci i funkcji urządzenia) umieszczone w tablicy przełączania (FIB) powinny mieścić się w pamięci modułów przełączających, uwzględniając zapas na zwiększanie liczby tras z upływem czasu.

Bezpieczeństwo

Urządzenia powinny zapewniać podstawowe mechanizmy obrony siebie (ruch skierowany na własne adresy) i innych urządzeń (ruch tranzytowy) przed atakami sieciowymi.

Konieczna jest możliwość tworzenia filtrów (ACL) na portach i podinterfejsach, aby zapobiec fałszowaniu adresów źródłowych oraz wysyłaniu ruchu na adresy wewnętrzne sieci spoza sieci, oraz weryfikacja adresów IP z tablicą routingu (unicast RPF) aby zapobiec fałszowaniu adresów źródłowych.

Urządzenie musi mieć też mechanizmy filtrujące zapobiegające przeciążeniu urządzenia ruchem skierowanym bezpośrednio do niego (ping, ataki na protokoły routingu).

Niezawodność

Oprócz kryteriów architektury (zduplikowanie głównych modułów) urządzenie musi też obsługiwać szereg mechanizmów podnoszących dostępność sieci, czyli zmniejszających czas wykrycia awarii i odtworzenia sieci po wykryciu.

Dla modułów sprzętowych (zasilanie, chłodzenie, pozostałe moduły) urządzenie musi prowadzić monitorowanie sprawności, wykrywać uszkodzenia i raportować je. W przypadku awarii możliwych do skorygowania w ten sposób urządzenie musi dokonać przełączenia na moduł zapasowy.

Przełączenie na zapasowy moduł sterujący powinno minimalizować czas przerwy w ruchu sieciowym, tzn. w miarę możliwości zachować (*Non-Stop Routing*: zachowanie informacji i stanu sesji, *Graceful Restart*: odtworzenie stanu sesji przy pomocy sąsiadów), a następnie w możliwie najkrótszym czasie odświeżyć (w ramach protokołów routingu) stan informacji routingowych i uaktualnić tablice przełączania.

Urządzenie powinno posiadać mechanizmy wspomagające szybkie (poniżej sekundy) wykrywanie awarii łączy wewnątrz sieci, na przykład poprzez wysyłanie pakietów kontrolnych BFD, Ethernet OAM.

Urządzenie powinno obsługiwać mechanizmy szybkiego (poniżej sekundy) przełączanie ruchu na ścieżkę zapasową, o ile takowa istnieje. Mechanizmy takie powinny być dostępne co najmniej dla ruchu IP (tzw. *IP Fast Convergence*) i MPLS (*Fast Reroute*).

Gwarancja jakości usług

Urządzenia powinny zapewnić możliwość świadczenia usług o gwarantowanym poziomie jakości, poprzez udostępnienie mechanizmów klasyfikacji ruchu oraz zapobiegania i kontroli natłoków w sieci.

Urządzenie powinno zapewnić klasyfikację ruchu w oparciu o powszechnie stosowane kryteria (np. adresacja IP, port lub podinterfejs urządzenia) i oznakowanie pakietów (odpowiednie pola nagłówka IPv4, IPv6 lub etykiety MPLS) stosownie do ich klasy.

Urządzenie powinno zapewnić rozpoznawanie klasy danego ruchu (na podstawie istniejącego oznakowania, lub poprzez klasyfikację) i przydzielenie ich do właściwej kolejki, dzięki czemu klasa (lub zbiór klas) może być traktowana odrębnie od pozostałych, na podstawie parametrów przypisanych do tej klasy (lub ich grupy).

Urządzenie powinno umożliwić ograniczanie odbieranego ruchu (ang. *policing*) w danej klasie do określonej przepustowości, zgodnej z kontraktem ruchowym.

Urządzenie powinno umożliwiać przypisywanie ruchu wysłanemu w danej klasie (lub grupie klas) minimalnej gwarantowanej przepustowości (w ramach danego portu lub podinterfejsu) oraz maksymalnej przepustowości jaką taki ruch może zająć, oraz stosowanie mechanizmów kształtowania ruchu (ang. *shaping*) aby buforować ruch i dostosowywać prędkość transmisji do kontraktu.

Urządzenie powinno umożliwić utworzenie kolejki priorytetowej, umożliwiającej transmisję głosu z możliwie minimalnym opóźnieniem.

Urządzenie powinno umożliwić tworzenie odrębnego zestawu kolejek dla klas ruchu na każdym z portów, oraz każdym z podinterfejsów. Jest to konieczne dla zapewnienia separacji ruchu, czyli zachowania prawidłowych parametrów transmisji klas pozostałych w przypadku natłoku w jednej z klas lub na jednym podinterfejsie.

Urządzenie powinno posiadać mechanizmy odrzucania pakietów w przypadku natłoku. Oprócz mechanizmu *tail-drop* (odrzucenie pakietów nie mieszczących się w kolejce) powinny być też obsługiwane mechanizmy odrzucające losowe pakiety w danej kolejce (*Random Early Discard*).

Urządzenie powinno posiadać mechanizmy pozwalające sprawdzać jakość transmisji w każdej z klas ruchu poprzez pomiary czasu odpowiedzi dla różnych protokołów (np. ping czy zapytanie HTTP).

Usługi

Urządzenie, oprócz samego przesyłania ruchu IP z gwarancją jakości usług, powinno umożliwiać także tworzenie bardziej zaawansowanych usług transmisji, takich jak tworzenie wirtualnych sieci prywatnych dla ruchu IPv4 i IPv6 (VPN, VPNv6) i dla ruchu IP *multicast* (mVPN), a także przenoszenie ruchu warstwy drugiej, na przykład Ethernet (L2VPN: punkt-punkt, VPLS: punkt-wielopunkt) lub w miarę możliwości innych protokołów (ATM, *Frame Relay*) czy ruchu warstwy pierwszej (TDM over IP).

Zarządzanie

Urządzenie powinno być w pełni zarządzalne lokalnie (port konsoli lub dedykowany port do zarządzania) oraz zdalnie (poprzez szyfrowane połączenie, np. SSH).

Urządzenia powinny zapewniać kontrolę nad dostępem, poprzez filtrowanie adresów z których można nimi zarządzać, weryfikację nazw użytkownika i odpowiadającym im hasłom (lokalnie oraz poprzez protokół RADIUS), weryfikację uprawnień użytkownika do przeprowadzania konkretnych czynności.

Urządzenie powinno obsługiwać generowanie informacji oraz wysyłanie powiadomień poprzez protokół SNMP.

Urządzenie powinno zapewniać podstawowe narzędzia do diagnozowania i wykrywania awarii w sieci (OAM), oprócz ruchu IP (*ping*, *traceroute* i ich rozwinięcia) także dla MPLS (MPLS OAM), czy specyficzne dla technologii (np. Ethernet OAM). Parametry pracy urządzenia (np. konfiguracja, stan zajętości pamięci i różnych procesorów) i wykorzystywane przez nie informacje (tablice routingu, tablice przełączania, bazy danych protokołów) muszą być dostępne i możliwe do wyświetlenia za pomocą odpowiednich komend (a także SNMP).

Urządzenie powinno zbierać i udostępniać zbiorcze statystyki ruchowe dla poszczególnych portów i podinterfejsów na tych portach, z uwzględnieniem różnych klas ruchu. Powinny być także zbierane statystyki dla strumieni ruchu przełączanego, z możliwością ich eksportu do zewnętrznych systemów przetwarzania czy wykrywania anomalii.

1.2 Wymagania funkcjonalne dla urządzeń warstwy sieci dystrybucyjnej

Rola w sieci

Urządzenia sieci dystrybucyjnej służą do połączenia urządzeń dostępowych znajdujących się w wielu lokalizacjach i przesłania zagregowanego ruchu z nich do sieci szkieletowej. Przez każdy taki węzeł przechodzi ruch kilkuset do kilku tysięcy klientów. Urządzeń takich jest więcej niż urządzeń szkieletowych, od kilkudziesięciu do kilkuset, w zależności od topologii sieci.

Architektura urządzenia

Urządzenie powinno być urządzeniem zoptymalizowanym do pełnionej funkcji, nie musi być modularne. Elementy krytyczne nie muszą być redundantne jednakże ze względu na dość długi „gałęzie” w niektórych miejscach sieci dystrybucyjnej dochodzące do kilkunastu segmentów całkowita rezygnacja z redundancji może w przypadku awarii urządzeń unieruchomić znaczne obszary sieci. Na etapie projektowania sieci dystrybucyjnej należy rozważyć możliwość wyposażenia węzłów sieci dystrybucyjnej w urządzenia z protekcją (szczególnie jeżeli chodzi o protekcję zasilania). Pozwoli to podnieść stopień zabezpieczenia przed awariami.

Matryca przełączająca powinna zapewnić przepustowość wystarczającą do obsługi zainstalowanych w niej portów ($\text{przepustowość matrycy} \geq \text{suma przepustowości portów} \cdot 2$), z uwzględnieniem zapasu na rozbudowę urządzenia. Architektura powinna zapewniać izolację portów, tzn. brak wpływu przeciążenia na jednym porcie na działanie pozostałych portów, poprzez stosowanie odpowiednich mechanizmów buforowania i kolejkowania ruchu.

Architektura urządzenia powinna zapewnić akcelеровaną sprzętowo obsługę funkcjonalności (przełączanie pakietów, filtrowanie, QoS), aby wydajność była przewidywalna i adekwatna do przepustowości obsługiwanych portów przy uwzględnieniu typowego rozmiaru pakietu.

Na potrzeby podłączenia do węzłów szkieletowych urządzenie powinno być wyposażone w co najmniej dwa porty typu „*uplink*”, przeznaczone do redundantnego podłączenia do węzłów szkieletowych, lub zbudowania pierścienia z urządzeń dystrybucyjnych.

W kierunku urządzeń dostępowych urządzenie powinno posiadać co najmniej kilkanaście portów typu „*downlink*”.

Technologie transmisji

Urządzenie powinno obsługiwać następujące technologie transmisji wykorzystywane typowo w sieciach tego typu:

- Ethernet: 10Gbit/s (10GE), 1 Gbit/s (GE), 100Mbit/s (FE).

Porty w kierunku szkieletu powinny być wyposażone w interfejsy optyczne, wskazane jest zastosowanie wkładek optycznych, aby dostosować parametry transmisji do wymagań (zasięg, system transmisji).

Porty w kierunku urządzeń dostępowych powinny umożliwiać zarówno transmisję optyczną jak i po przewodach miedzianych, z wyborem przepustowości 100/1000 Mbit/s.

Przełączanie i routing

Urządzenie powinno obsługiwać przełączanie ruchu *unicast* i *multicast* IPv4 i IPv6. Urządzenie powinno obsługiwać przełączenie ruchu MPLS (PE).

Urządzenie powinno obsługiwać powszechnie stosowane protokoły routingu wewnątrzsieciowego (IGP), to jest OSPF i ISIS dla IPv4; OSPFv3 i ISIS dla IPv6; LDP, *targeted* LDP i RSVP dla MPLS, PIM-SM dla ruchu *multicast*. Dla każdego z protokołów powinna być zapewniona typowa funkcjonalność stosowana dzisiaj w sieciach operatorskich, to jest filtrowanie tras, czy dokonywanie wyboru najlepszej trasy na podstawie protokołu i innych kryteriów. Musi być także możliwe ręczne tworzenie tras (tzw. routing statyczny).

Urządzenie powinno obsługiwać protokół BGP i MP BGP, wraz z stosowanymi do tworzenia usług rozszerzeniami (np. rodziny adresów IPv6, VPNv4, VPNv6, *multicast*). Implementacja protokołu BGP powinna zawierać powszechnie stosowaną funkcjonalność operatorską (w szczególności tworzenie polityk wymiany tras oraz mechanizmy *route reflector*). Zakres funkcji BGP zależy od przyjętego modelu świadczenia usług i udziału urządzeń dystrybucyjnych.

Bezpieczeństwo

Urządzenia powinny zapewniać podstawowe mechanizmy obrony siebie (ruch skierowany na własne adresy) i innych urządzeń (ruch tranzytowy) przed atakami sieciowymi.

Konieczna jest możliwość tworzenia filtrów (ACL) na portach i podinterfejsach aby zapobiec fałszowaniu adresów źródłowych oraz wysyłaniu ruchu na adresy wewnętrzne sieci spoza sieci, oraz weryfikacja adresów IP z tablicą routingu (*unicast* RPF) aby zapobiec fałszowaniu adresów źródłowych.

Urządzenie musi mieć też mechanizmy filtrujące zapobiegające przeciążeniu urządzenia ruchem skierowanym bezpośrednio do niego (*ping*, ataki na protokoły routingu).

Niezawodność

Urządzenie powinno posiadać mechanizmy wspomagające szybkie (poniżej sekundy) wykrywanie awarii łączy wewnątrz sieci, na przykład poprzez wysyłanie pakietów kontrolnych BFD, Ethernet OAM.

Urządzenie powinno obsługiwać mechanizmy szybkiego (poniżej sekundy) przełączanie ruchu na ścieżkę zapasową, o ile takowa istnieje. Mechanizmy takie powinny być dostępne co najmniej dla ruchu IP (*IP Fast Convergence*) i MPLS (*Fast Reroute*), oraz w części sieci Ethernet w kierunku do urządzeń dostępowych (rozszerzenia *Spanning Tree Protocol*).

Gwarancja jakości usług

Urządzenia powinny zapewnić możliwość świadczenia usług o gwarantowanym poziomie jakości, poprzez udostępnienie mechanizmów klasyfikacji ruchu oraz zapobiegania i kontroli natłoków w sieci.

Mechanizmy gwarancji jakości usług powinny być spójne z mechanizmami stosowanymi w urządzeniach szkieletowych, aby zapewnić usługę na całej trasie ruchu.

Urządzenie powinno zapewnić klasyfikację ruchu w oparciu o powszechnie stosowane kryteria (np. adresacja IP, port lub podinterfejs urządzenia) i oznakowanie pakietów (odpowiednie pola nagłówka IPv4, IPv6 lub etykiety MPLS) stosownie do ich klasy.

Urządzenie powinno zapewnić rozpoznawanie klasy danego ruchu (na podstawie istniejącego oznakowania, lub poprzez klasyfikację) i przydzielenie ich do właściwej kolejki, dzięki czemu klasa (lub zbiór klas) może być traktowana odrębnie od pozostałych, na podstawie parametrów przypisanych do tej klasy (lub ich grupy).

Urządzenie powinno umożliwić ograniczanie odbieranego ruchu (ang. *policing*) w danej klasie do określonej przepustowości, zgodnej z kontraktem ruchowym.

Urządzenie powinno umożliwiać przypisywanie ruchu wysłanemu w danej klasie (lub grupie klas) minimalnej gwarantowanej przepustowości (w ramach danego portu lub podinterfejsu) oraz maksymalnej przepustowości jaką taki ruch może zająć, oraz stosowanie mechanizmów kształtowania ruchu (ang. *shaping*) aby buforować ruch i dostosowywać prędkość transmisji do kontraktu.

Urządzenie powinno umożliwić utworzenie kolejki priorytetowej, umożliwiającej transmisję głosu z możliwie minimalnym opóźnieniem.

Urządzenie powinno umożliwić tworzenie odrębnego zestawu kolejek dla klas ruchu na każdym z portów, oraz każdym z podinterfejsów. Jest to konieczne dla zapewnienia separacji ruchu, czyli zachowania prawidłowych parametrów transmisji klas pozostałych w przypadku natłoku w jednej z klas lub na jednym podinterfejsie.

Urządzenie powinno posiadać mechanizmy odrzucania pakietów w przypadku natłoku. Oprócz mechanizmu *tail-drop* (odrzućcie pakietów nie mieszczących się w kolejce) powinny być też obsługiwane mechanizmy odrzucające losowe pakiety w danej kolejce (*Random Early Discard*).

Urządzenie powinno posiadać mechanizmy pozwalające sprawdzać jakość transmisji w każdej z klas ruchu poprzez pomiary czasu odpowiedzi dla różnych protokołów (np. *ping* czy zapytanie HTTP).

Usługi

Urządzenie, oprócz samego przesyłania ruchu IP z gwarancją jakości usług, powinno umożliwiać także tworzenie bardziej zaawansowanych usług transmisji, takich jak tworzenie wirtualnych sieci prywatnych dla ruchu IP (VPN), a także przenoszenie ruchu warstwy drugiej, na przykład Ethernet (L2VPN: punkt-punkt).

Zarządzanie

Urządzenie powinno być w pełni zarządzalne lokalnie (port konsoli lub dedykowany port do zarządzania) oraz zdalnie (poprzez szyfrowane połączenie, np. SSH).

Urządzenia powinny zapewniać kontrolę nad dostępem, poprzez filtrowanie adresów z których można nimi zarządzać, weryfikację nazw użytkownika i odpowiadającym im hasłom (lokalnie oraz poprzez protokół RADIUS), weryfikację uprawnień użytkownika do przeprowadzania konkretnych czynności.

Urządzenie powinno obsługiwać generowanie informacji oraz wysyłanie powiadomień poprzez protokół SNMP.

Urządzenie powinno zapewniać podstawowe narzędzia do diagnozowania i wykrywania awarii w sieci (OAM), oprócz ruchu IP (ping, *traceroute* i ich rozwinięcia) także dla MPLS (MPLS OAM), czy specyficzne dla technologii (np. Ethernet OAM). Parametry pracy urządzenia (np. konfiguracja, stan zajętości pamięci i różnych procesorów) i wykorzystywane przez nie informacje (tablice routingu, tablice przełączania, bazy danych protokołów) muszą być dostępne i możliwe do wyświetlenia za pomocą odpowiednich komend (a także SNMP).

1.3 Wymagania funkcjonalne dla urządzeń sieci optycznej

Systemy zwielokrotnienia optycznego WDM

W przypadku posiadanie niewielkiej liczby włókien optycznych, bądź przy chęci świadczenia usług także w oparciu o transmisję warstwy pierwszej, wskazane jest rozważenie systemów zwielokrotnienia optycznego WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).

Systemy WDM dzielą się na prostsze systemy CWDM (*Coarse WDM*) pozwalające uzyskać jedynie kilka długości fal (typowo 4 lub 8), oraz systemu gęstsze DWDM (*Dense WDM*) umożliwiające transport od 16 do kilkudziesięciu, lub nawet powyżej setki fal.

Systemy DWDM zazwyczaj pozwalają na rozbudowę (w określonych granicach) liczby obsługiwanych fal. Powszechne jest stosowanie uniwersalnych transponderów, umożliwiających transport wielu różnych typów sygnałów (POS, Ethernet) o różnych przepustowościach, lecz w ramach maksymalnej przepustowości obsługiwanej przez system DWDM, na przykład do 10Gbit/s. Przejście na wyższą przepustowość wymaga albo wymiany systemu DWDM, albo obsługi przez istniejący system DWDM funkcjonalności „*alien wavelength*”, czyli transmisji sygnału „kolorowego” pochodzącego z zewnętrznego urządzenia (np. routera) bez konieczności znajomości jego struktury przez system DWDM. Obecnie systemy obsługują przepustowości do 40 Gbit/s, począwszy już od 2 Mbit/s (E1). Istotne jest by dobrać zakres przepustowości do faktycznych potrzeb i wymagań usługowych, na przykład obsługi systemów transmisji wykorzystywanych przez centra przetwarzania danych.

System powinien też umożliwiać multipleksowanie wielu sygnałów o niższej przepustowości na jednej długości fali (np. 4x2.5Gbit/s STM-16c w jedną falę 10Gbit/s).

Multipleksery sygnałów OADM, (ang. *Optical Add/Drop Multiplexer*) powinny umożliwiać rekonfigurację części optycznej, aby umożliwić zmianę liczby i typu transportowanych fal bez wymiany sprzętu (w określonych granicach). Takie multipleksery są często określane mianem ROADM (*Reconfigurable OADM*).

O ile umożliwi to topologia fizyczna (przebiegi światłowodów) system DWDM powinien także zapewniać możliwości zabezpieczenia relacji poprzez przekierowanie ruchu na inną trasę (np. łącznie ze zmianą długości fali o ile jest to wymagane). Aby umożliwić właściwą reakcję na awarię routerom, system powinien propagować informację o awarii także do systemów końcowych, np. poprzez zgłoszenie interfejsu w stronę takiego systemu.

Funkcjonalność systemów DWDM powinna być możliwa do rozbudowy za pomocą uaktualniania oprogramowania.

Od strony zarządzania systemy DWDM posiadają rozbudowane funkcje znane z sieci optycznych SDH. Automatyczne wykrywanie węzłów i ich konfiguracja, zestawianie ścieżek optycznych.

Integracja warstwy IP z warstwą optyczną WDM

Zakładając wykorzystanie systemów WDM, wskazane jest rozpatrzenie ewentualnej integracji warstw sieci IP i WDM, począwszy od mechanizmów transmisji, poprzez zarządzanie, monitorowanie i reagowanie na wydarzenia w sieci.

Analizując możliwe sposoby połączenia systemów IP i DWDM, można wyodrębnić kilka podstawowych przypadków. Pierwszy z nich to model klasyczny – tutaj router IP z systemem optycznym jest połączony za pomocą klasycznego i bardzo szybkiego a co za tym idzie kosztownego interfejsu. W takim podejściu nie ma praktycznie żadnej interakcji między routerem a urządzeniami DWDM. System optyczny zapewnia tutaj jedynie połączenia punkt-punkt między routerami. Jest to obecnie najbardziej popularny przypadek w sieciach operatorskich.

Kolejny model to usprawnienie wyżej opisanego, znane jako IPoDWDM. W tym modelu, transponder optyczny przeniesiony zostaje z warstwy optycznej do routera. Rozwiązanie jest rozwiązaniem tańszym, gdyż uproszczeniu ulega warstwa optyczna (nie trzeba kupować osobnego transpondera).

Przy analizie powyższych rozwiązań można zwrócić na uwagę na nie zawsze optymalne wykorzystanie pasma w systemie optycznym. Warstwa optyczna nie dokonuje logicznego upakowania ruchu (np. upakowanie dwóch interfejsów 10G z ruchem 5G każdy do jednego interfejsu 10G z ruchem 10G; ang. grooming). Nie może, bowiem realizuje ona jedynie proste połączenia punkt-punkt. Zostaną więc zajęte 2 lambdy 10G. Brak możliwości agregacji kilku interfejsów fizycznych routera w jedną lambdę jest słabą stroną tego rozwiązania i może przełożyć się na nieefektywne wykorzystanie posiadanych zasobów.

Należy wskazać, że istnieją rozwiązania oferowane przez wiodących producentów routerów oraz urządzeń DWDM które pozwalają na agregację ruchu w routerach i wysłanie „upakowanego” sygnału w warstwie optycznej lub przeniesienia logicznego upakowywania ruchu częściowo do warstwy

optycznej. Dysponowanie właściwymi metodami agregacji ruchu może być kluczowe dla eksploatacji sieci.

Oprócz aspektu transmisyjnego ważne jest też zintegrowanie systemu zarządzania dla warstwy IP i DWDM. Ze względu na to że część mechanizmów DWDM (korekcja błędów, dobór mocy transmisji) odbywa się teraz na routerze, także router musi stanowić część sieci optycznej – raportować wydarzenia, pozwalać monitorować parametry transmisji.

1.4 Wymagania realizacyjne

Polityka wsparcia

Producent powinien posiadać politykę wycofywania i wprowadzania nowych produktów, oraz określić czasy ich życia/sprzedaży. Urządzenia powinny być serwisowane przez co najmniej 5 lat od odbioru. Producent w ramach kontraktu serwisowego powinien zapewniać dostęp do części zamiennych i poprawek oprogramowania.

Należy przyjąć spójne warunki serwisowe dla budowanej sieci, gdzie wymagany zakres i czas trwania serwisu jest jasno określony. Serwis będzie zróżnicowany w zależności od roli urządzenia

Należy zwrócić uwagę na dostępność certyfikowanych inżynierów i specjalistów posiadających potwierdzoną wiedzę w zakresie proponowanych rozwiązań, co pozwoli na minimalizację kosztów utrzymania sieci jako wydatki niekwalifikowane.

Polityka bezpieczeństwa

Producent sprzętu powinien posiadać jasno określoną politykę bezpieczeństwa dotyczącą usterek związanych z bezpieczeństwem w oferowanych przez niego urządzeniach.

Producent powinien posiadać zespół odpowiedzialny za bezpieczeństwo, do którego bezpośrednio można zgłaszać problemy. Procedura zgłaszania problemów związanych z bezpieczeństwem powinna być opublikowana.

Producent powinien publikować informacje o stwierdzonych usterek bezpieczeństwa i przedstawiać informacje o sposobie ich zapobiegania.

Referencje

Konieczne jest posiadanie przez dostawcę i producenta należytych referencji w zakresie wdrożeń o podobnym charakterze (sieć operatorska szkieletowa oraz dystrybucyjna) oraz wielkości (typ i liczba węzłów).

2 Część pasywna

2.1 Projektowanie kanalizacji kablowej

Kanalizacja teletechniczna

Przebieg kanalizacji teletechnicznej powinien na terenach miejskich uwzględniać przebieg ulic ze szczególnym uwzględnieniem ulic remontowanych i modernizowanych przez zarządy dróg. Z uwagi na wysokie koszty odtworzenia nawierzchni instalacja kanalizacji przy wspólnych inwestycjach może

przynieść inwestorowi znaczące oszczędności. W projektach powinno kłaść się duży nacisk na koordynację projektu i harmonogramu prac z ziemnymi pracami i inwestycjami prowadzonymi przez miejskie służby infrastrukturalne. W miarę możliwości należy unikać projektowania w zbliżeniach do linii kolejowych i tramwajowych, rurociągów i linii elektroenergetycznych. Zalecane natomiast jest projektowanie tras rurociągów kablowych przez obszary w jak największym stopniu wykorzystujące zasoby miejskie tj.:

- w istniejącej kanalizacji teletechnicznej będącej zasobem miasta;
- w chodniku ulicy;
- w trawniku ulicy;
- w pasie rozdzielającym drogi dwujezdniowe (wymaga uzgodnienia z Inwestorem);
- w pasie drogowym (wymaga uzgodnienia z zarządcą drogi);
- w polu i terenach zielonych miasta;
- na mostach, przejściach schodowych, tunelach będących zasobem miasta.

Jeśli kanalizacja teletechniczna ma być budowana na nieruchomościach niebędących własnością Skarbu Państwa, należy dołożyć maksimum starań o polubowne zawarcie stosownych umów z właścicielami nieruchomości, tak, aby nie trzeba było uciekać się do procedur wywłaszczeniowych.

Trasa rurociągów kablowych powinna przebiegać zgodnie z postanowieniami Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 25 października 2006 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie wzdłuż dróg publicznych, wodnych, kanałów oraz w pobliżu lotnisk i w miejscowościach, a także ustalania warunków, jakim te linie powinny odpowiadać.

Wytyczne zawarte w tym rozporządzeniu określają również głębokości układania rurociągów kablowych w ziemi oraz zasady prowadzenia rurociągów kablowych na odcinkach zbliżeń i skrzyżowań z różnymi elementami uzbrojenia terenu.

Wszelkie odgałęzienia i zmiany tras przebiegu kabli w rurociągach kablowych w warstwie magistralnej oraz odgałęziania kabli światłowodowych (z zastosowaniem osłon złączowych) należy wykonywać w studniach zasobnikach, szafach kablowych lub komorach kablowych budynków należących do Inwestora.

Przed budynkami, do których mają być wprowadzone kable światłowodowe, rurociąg kablowy powinien być zakończony w studni kablowej stacyjnej i uszczelniony. Elementami wprowadzenia kanalizacji do budynków obiektów telekomunikacyjnych są studnia przybudynkowa i kanalizacja wprowadzeniowa, łącząca studnię z komorą kablową budynku.

Kanalizację pierwotną (w zależności od potrzeb wykonywaną jako kanalizacja magistralna lub rozdzielcza) należy budować się na terenie miast oraz innych miejscowości o zabudowie zwartej, willowej lub osiedlowej i o uporządkowanym w zasadzie charakterze ulic (wytyczone lub wykonane jezdnie i chodniki), jeżeli celowość budowy kanalizacji na terenie tych miejscowości jest technicznie i ekonomicznie uzasadniona.

Kanalizacja kablowa powinna być ułożona pod chodnikiem ulicy lub w niezadrzewionym pasie zieleni, równolegle do osi ulicy lub linii zabudowy. Należy unikać prowadzenia odcinków kanalizacji pod jezdniami, z wyjątkiem skrzyżowań. Przebieg na krótkich odcinkach pod jezdnią dopuszcza się dla uniknięcia kolizji z elementami uzbrojenia podziemnego lub w celu ominięcia przeszkód naziemnych.

Na terenach osiedli mieszkaniowych budowanych systemem blokowym, poza liniami rozgraniczającymi ciągi kanalizacji kablowej powinny przebiegać równolegle do budynków, a na odcinkach między blokami - równolegle do ulic wewnątrzosiedlowych lub chodników dla pieszych. Dopuszcza się skośne układanie kanalizacji dla zachowania równoległości w stosunku do ciągów innych urządzeń podziemnych.

W kanalizacji pierwotnej dopuszczalne jest stosowanie rur prostych a w uzasadnionych wypadkach rur dwudzielnych oraz rur giętkich dla kanalizacji rozdzielczej

Rurociąg kablowy wykonuje się dla ziemnych odcinków trasy kabla światłowodowego dielektrycznego, nie przebiegających w kanalizacji wtórnej.

Podstawową funkcją sieci kanalizacji światłowodowej jest stworzenie podziemnej infrastruktury liniowej służącej do prowadzenia kabli światłowodowych spełniających funkcję medium transmisyjnego.

Elementy sieci oraz instalacje powinny zapewniać trwałość i funkcjonalność sieci przez okres 30 lat. Zaprojektowana sieć kanalizacji powinna umożliwiać instalacje i deinstalacje kabli światłowodowych z rurociągów przez cały okres eksploatacji. Dla zapewnienia długotrwałej sprawności i funkcjonalności rurociągi kablowe powinny być szczelne w każdym punkcie, niedostępne dla zanieczyszczeń stałych i płynnych zarówno w czasie budowy, jak i eksploatacji. Dotyczy to zarówno ciągów zajętych przez kable oraz ciągów pustych.

W wojewódzkiej sieci szerokopasmowej kanalizacja teletechniczna wykonana powinna być w postaci zestandaryzowanych rurociągów kablowych HDPE¹ układanych bezpośrednio w ziemi, równolegle. Rury na całej długości rurociągu kablowego nie powinny w żadnym miejscu krzyżować się lub zamieniać miejscami z rurami sąsiednimi.

Projektowane rury RHDPE powinny charakteryzować się wysoką klasą odporności na ściskanie wynoszącą minimum 750 N wyznaczonej w próbie odporności na ściskanie, o której mowa w pkt 10.2 normy PN-EN 50086-1 2001 "Systemy rur instalacyjnych do prowadzenia przewodów. Część 1: Wymagania ogólne". Tak wysoka klasa wytrzymałości umożliwia ich zastosowanie jako rur osłonowych, zbliżeniowych i skrzyżowaniowych. Materiał użyty do ich produkcji powinien być wysokiej jakości, zaleca się stosowanie do produkcji granulatu pierwotnego. Rury powinny być dostarczane na plac budowy na bębnach lub w zwojach z uszczelnionymi końcówkami. Przy dłuższym okresie składowania rury powinny być osłanianie przed światłem słonecznym.

Kanalizację wtórną należy stosować w przypadku gdy kanalizacja pierwotna pozyskana jest od innego operatora, gdy w kanalizacji pierwotnej ma być przeprowadzony przynajmniej jeden kabel

¹ lub innych innowacyjnych technologii, takich jak mikrokanalizacja

światłowodowy lub inny kabel w osobnym otworze. Dla realizacji kanalizacji wtórnej należy stosować rury RHDPE z warstwą poślizgową lub rowkowanych o średnicach 32 i 40 mm.

Przebieg - określony trasą kanalizacji pierwotnej, z tym że należy dążyć do zachowania jednakowych miejsc wprowadzenia kanalizacji wtórnej do studni kablowych (z położonych odpowiednio naprzeciw siebie otworów kanalizacji pierwotnej). Przy zmianie kierunku przebiegu kanalizacji wtórnej w studni należy dążyć, aby kanalizacja wtórna wchodziła do otworów kanalizacji pierwotnej odpowiadających sobie, nie krzyżując się w studni (zachowując tę samą stronę przebiegu w studni).

Do usytuowania rur kanalizacji wtórnej należy, w miarę możliwości, wybierać wolne otwory kanalizacji pierwotnej leżące w skrajnych pionach profilu kanalizacji, zwracając zarazem uwagę na jednakowe usytuowanie w profilu kanalizacji na sąsiednich odcinkach przelotowych. Dopuszcza się wykorzystanie dla kanalizacji wtórnej otworów kanalizacji pierwotnej częściowo zajętych przez kable z żyłami metalowymi, jeśli zmieści się w tych otworach wymagana liczba rur kanalizacji wtórnej.

Zalecane studnie betonowe typu SKR przeznaczone są do budowy telekomunikacyjnej kanalizacji kablowej pierwotnej od 1-4 otworowej oraz kanalizacji teletechnicznej. Kształty i wymiary oraz wykonanie studni kablowych typu SKR uwzględniają wymagania dotyczące warunków instalowania współczesnych kabli telekomunikacyjnych kabli optotelekomunikacyjnych (światłowodowych) oraz zapewniają wystarczająco dużo miejsca na instalację elementów rozdzielczych i połączeniowych umożliwiając ponadto wykorzystanie studni przelotowo, narożnie, odgałęźnie.

2.2 Budowa kanalizacji teletechnicznej

Układanie kanalizacji teletechnicznej w ziemi

Odcinki rur polietylenowych dostarczane na bębnach układa się bezpośrednio w ziemi ręcznie, w uprzednio przygotowanym rowie albo też metodami bezwykopowymi. Wybór technologii układania uzależniony jest od rodzaju gruntu, ukształtowania terenu i uzbrojenia go w inne urządzenia podziemne i nadziemne. Decyzje, co do możliwości zastosowania odpowiedniego sprzętu mechanicznego należy podjąć po określeniu kategorii gruntu zgodnie z normą ZN-02/TD S.A. – 03.

Układanie rur rurociągu kablowego będzie realizowane na głębokości 1m +/- 5cm od powierzchni wykopu. Stosowanie zmniejszonych głębokości wykopu musi zostać podyktowane trudnymi warunkami terenowymi (np. grunty skaliste) wymagającymi specjalnych metod wydobywczych.

Umieszczając rury na głębokości płytszej niż do 0,6m należy projektować zastosowanie dodatkowej rury ochronnej lub innych metod zabezpieczających rurociąg kablowy przed uszkodzeniem mechanicznym.

Wykopy na odcinkach miejskich będą zasypywane warstwami po 20 cm, z ubijaniem każdej warstwy. Na ulicach i drogach grunt powinien być zagęszczony zgodnie z wymaganiami administracji – wymagania w tym zakresie należy zapisywać w projekcie technicznym. W terenie zabudowanym i uzbrojonym roboty ziemne mogą być prowadzone tylko sposobem ręcznym. W terenie zamieszkałym odcinki robot ziemnych powinny być ogrodzone, a przy prowadzeniu robot na ulicach powinny być ustawione mostki dla pieszych przekraczających wykopy.

Przed ułożeniem rur polietylenowych dno rowu (wykopu) powinno być oczyszczone z kamieni i innych przedmiotów oraz starannie wyrównane. Urobek z wykopu o głębokości do 1,2 m powinien być odkładany, na co najmniej 0,5 m od krawędzi (w pasie drogowym od strony jezdni). Nawierzchnia asfaltowa lub betonowa dla wykonania rowu kablowego powinna być zdejmowana szerzej od szerokości rowu po 10 cm z każdej strony, a nawierzchnia ceglana lub kamienna - po 20 cm.

Zasypanie rowów kablowych może być wykonane spycharkami lub ręcznie. Po ułożeniu rur, lecz przed zasypaniem rowu, powinna być wykonana powykonawcza inwentaryzacja geodezyjna. W procesie zasypywania rowów kablowych powinny być w nich ułożone na odpowiedniej głębokości: taśma ostrzegawcza, taśma ostrzegawczo lokalizacyjna lub taśma i przewody lokalizacyjne oraz opcjonalne przewody odgromowe i przykrywy kablowe. Powinny też być ustawione słupki oznaczeniowe i słupki lokalizacyjne oraz zakopane znaczniki lokalizacyjne, jeśli występują.

Masy ziemne, które powstaną na etapie realizacji prac ziemnych zostaną rozplanowane zgodnie ze stanem pierwotnym zachowując stałą niweletę terenu.

Wycinka drzew i krzewów zostanie ograniczona do niezbędnego minimum. Wszystkie pozostałe drzewa nieprzeznaczone do wycinki, znajdujące się w obrębie projektowanych tras zostaną zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Przebieg przez mosty, tunele i wiadukty

Zgodnie z zapisami Załącznika 1 pkt. 4 ww. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 25 października 2006 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać telekomunikacyjne obiekty budowlane i ich usytuowanie wzdłuż dróg publicznych, wodnych, kanałów oraz w pobliżu lotnisk i w miejscowościach, a także ustalania warunków, jakim te linie powinny odpowiadać, usytuowanie rurociągu kablowego przy przejściu przez mosty, tunele i wiadukty zostanie zrealizowane z zachowaniem zabezpieczeń zawartych w Tabeli 1.

Tabela 1 Sposób prowadzenia rurociągu kablowego przy przejściu przez mosty, tunele i wiadukty

Rodzaj obiektu	Usytuowanie	Zabezpieczenie specjalne	Zabezpieczenie szczególne
Most	W istniejącym ciągu przeznaczonym do konstrukcji mostu lub w inny – wg uzgodnienia	Rury trudno zapalne lub rury zbliżeniowe trudno zapalne	Rury przepustowe trudno zapalne, dodatkowe osłony, np. korytka metalowe
Tunel	W istniejącym kanale kablowym, pod chodnikiem, na ścianę tunelu, w kanałach przepustowych pod stacjami metra, lub w inny sposób - wg uzgodnienia	Rury trudno zapalne lub rury zbliżeniowe trudno zapalne	Rury przepustowe trudno zapalne, dodatkowe osłony, np. korytka metalowe
Wiadukt	W istniejącym kanale kablowym, pod chodnikiem, na konstrukcji wiaduktu, lub w inny sposób - wg uzgodnienia	Rury trudno zapalne lub rury zbliżeniowe trudno zapalne	Rury przepustowe trudno zapalne, dodatkowe osłony metalowe

Źródło: Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 25 października 2006 r.

Przejście przez ciek wodne

Skrzyżowanie z ciekami wodnymi zostanie wykonane zgodnie z zapisami zawartymi w załączniku 1 pkt. 13 do ww. rozporządzenia:

„13. Śródlądowe wody powierzchniowe:

- 1) kanalizacja kablowa powinna być tak usytuowana, aby nie powodowała przeszkód w żegludze oraz utrzymaniu śródlądowych wód powierzchniowych;
- 2) warunki budowy kanalizacji kablowej na skrzyżowaniach z śródlądowymi wodami powierzchniowymi:
 - a) skrzyżowanie w dogodnym i bezpiecznym dla kanalizacji kablowej miejscu, pod kątem 90° do osi podłużnej cieku, z dopuszczalnym odchyleniem 15%,
 - b) lokalizację skrzyżowania uzgadnia się z właściwym dyrektorem regionalnego zarządu gospodarki wodnej oraz organami wykonującymi prawa właścicielskie w stosunku do wód publicznych stanowiących własność Skarbu Państwa,
 - c) oznaczenie skrzyżowania znakami o zakazie kotwiczenia lub wleczenia kotwicy, dobrze widocznymi ze środka toru wodnego, ustawionymi na każdym brzegu w odległości nie większej niż 50 m od kanalizacji kablowej w górę i w dół drogi wodnej,
 - d) przepust kanalizacji kablowej pod śródlądową wodą powierzchniową o szerokości lustra wody nie większej niż 5 m może być wykonane metodą bagrowania, pod warunkiem przywrócenia stanu pierwotnego po wykonaniu przejścia,
 - e) przepust kanalizacji kablowej pod śródlądową wodą powierzchniową o szerokości lustra wody powyżej 5 m należy wykonywać pod dnem z zastosowaniem technologii niepowodującej naruszenia koryta,
 - f) przepust kanalizacji kablowej pod śródlądową wodą powierzchniową o szerokości lustra większej niż 25 m powinien być wykonany na głębokości co najmniej 5 m, licząc od najniższej położonego punktu dna oczyszczonego,
 - g) przepust kanalizacji kablowej pod śródlądową wodą powierzchniową (kanałem) o szerokości lustra mniejszej niż 25 m powinien być wykonany przy zachowaniu głębokości ułożenia co najmniej 0,8 m odmierzanej prostopadłe do powierzchni stoku i dna. Odległość osi przepustu od mostu nie powinna być mniejsza niż 20 m - przy szerokości lustra wody powyżej 10 m - i 10 m - przy szerokości do 10 m,
 - h) zabezpieczenie specjalne: rury przepustowe.”

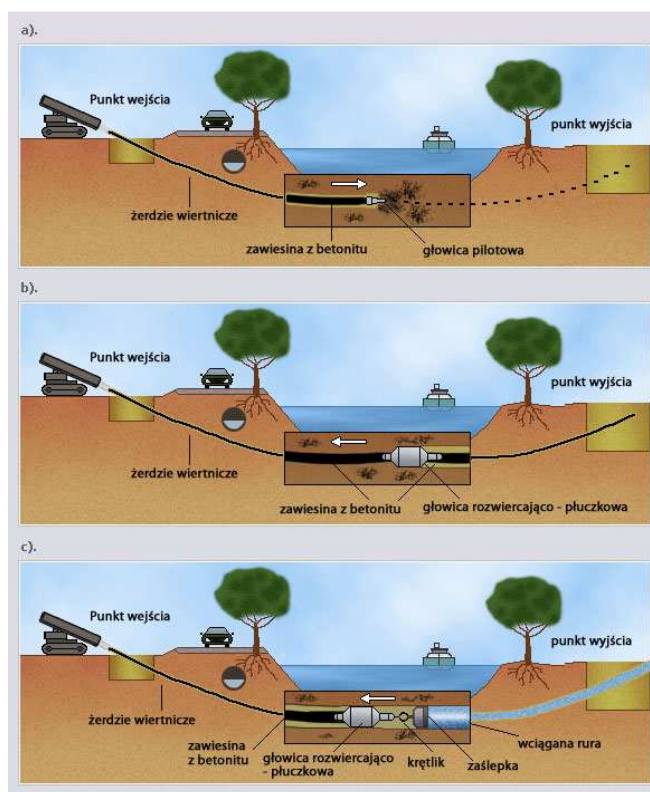
Połączenie sieci wojewódzkich pomiędzy woj. lubelskim a podlaskim należy wykonać, metodą przewiertu sterowanego, pod korytem rzeki. Wykonanie przewiertu sterowanego następuje w trzech etapach:

- przewiert pilotażowy – wykonanie przewiertu pomiędzy określonymi punktami z założoną trajektorią ,

- rozwieranie otworu – powiększenie przewiertu pilotażowego do średnicy projektowanego rurociągu ,
- przeciąganie rury – umieszczenie rurociągu w wykonanym przewiercie.

Rysunek 1 Budowa rurociągu metodą przewiertu sterowanego:

a) wiercenie pilotowe, b) rozwieranie, c) wciąganie



Źródło: <http://technologie-bezwykopowe.raport.xtech.pl>

W zależności od złożoności zadania, długości przewiertu oraz rodzaju gleby należy dobrać odpowiedni zestaw wiertniczy co zagwarantuje należyte wykonanie zadania oraz optymalizację kosztów.

2.3 Kable optotelekomunikacyjne

Do budowy linii światłowodowych w kanalizacji standardowej kablowej należy stosować całkowicie dielektryczne kable kanałowe w powłoce PE o konstrukcji wielotubowej z luźną tubą wypełnioną żelęm hydrofobowym i ośrodkiem suchym bez włókien szklanych typu Z-XOTKtsd lub podobne kable z włóknami wzmacniającymi i, tam gdzie wymagają tego warunki, osłoną antygryzoniową typu Z-XOTKtsdD. Minimalny naciąg instalacyjny kabla kanałowego powinien wynosić 1200 N. Średnica kabla nie powinna przekraczać 20 mm. Tuby kabla powinny zawierać włókna światłowodowe jednomodowe standardu ITU-TG.652D (niwelujące efekt podwyższonej tłumienności w obszarze absorpcji jonowej OH- tzw. Zero Water Peak), a w uzasadnionych przypadkach włókna jednomodowe

z przesuniętą niezerową dyspersją według standardu ITU-T G.655. Z uwagi na wykorzystanie technik zwielokrotnienia falowego DWDM w celach ewentualnej rozbudowy włókna jednomodowe typu ITU-T G.652D powinny być projektowane w całej strukturze sieci, również w warstwach dostępowych.

Konstrukcja kabli powinna zapewniać rozkład włókien w standardzie 6 lub 12 włókien na tubę. Liczba włókien w kablu powinna odpowiadać aktualnym potrzebom i zamierzeniom rozwojowym, ale nie powinna być mniejsza niż 12 włókien. Połączenia między węzłami szkieletu sieci powinny być realizowane kablem o minimalnej liczbie 48 włókien jednomodowych. Długość odcinka fabrykacyjnego kabla powinna wynosić 2000 m lub 4000 m.

Kable zamówione i dostarczone powinny być fabrycznie nowe, bez widocznych śladów uszkodzeń powłoki i przebarwień.

Instalacja kabli światłowodowych powinna przebiegać zgodnie z zastosowaniem kabla, z zachowaniem parametrów mechanicznych (maksymalny naciąg instalacyjny kabla, promień gięcia, temperatura układania itd.) określonymi przez producenta kabla w dokumentacji technicznej. Metoda instalacji kabli powinna być zgodna z zaleceniami producenta i typem kabla.

Projektowane kable światłowodowe w konstrukcji wielotubowej powinny umożliwiać zastosowanie kabla hybrydowego posiadającego różne typy włókien w poszczególnych tubach kabla;

identyfikacje kabli powinny umożliwić trwałe napisy znacznikowe na kablu wykonywane w sposób zapewniające trwałe oznaczenie, co 1 mb. Napis na kablu powinien zawierać oznaczenie producenta kabla, typ kabla, liczbę włókien i ich rodzaj, datę produkcji, długość bieżącą, ewentualnie dane Inwestora.

Dla każdego dostarczonego bębna powinna być dostarczona dokumentacja określająca:

- typ kabla, liczbę i rodzaj włókien, producenta włókien;
- długość fabrykacyjną kabla;
- pomiary tłumienności jednostkowej dla dwóch lub trzech okien transmisyjnych;
- współczynnik wydłużenia optycznego;
- parametry mechaniczne kabla.

Końce kabla powinny być zabezpieczone przed wnikaniem wilgoci i tak zamocowane na bębnie, aby były dostępne do badań własności transmisyjnych. Kable powinny być pakowane, przechowywane i transportowane wg PN-70/E-79100; odcinki fabrykacyjne kabla powinny być nawinięte na bębny wykonane z metalu lub z innych materiałów o nie gorszych własnościach, nieulegających odkształceniom pod działaniem czynników zewnętrznych jak wilgoć, wahania temperatury itp.

Tolerancja dostawy odcinków fabrykacyjnych kabli nie powinna przekraczać +5% zamawianej długości kabla. W czasie przechowywania kable powinny być chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi i uderzeniami oraz przed środkami szkodliwie oddziałującymi na kable, a także przed promieniowaniem słonecznym i opadami atmosferycznymi.

2.4 Osprzęt światłowodowy

Wtyki światłowodowe stosowane do zakańczania kabli stacyjnych, wtyki kabli połączeniowych powinny odpowiadać przyjętym standardom stosowanym w sieci szerokopasmowej określonym na etapie przygotowywania dokumentacji technicznej. Powinno to umożliwić łatwe odseparowanie wizualne torów warstwy szkieletu sieci od torów warstw dystrybucyjnych i dostępowych.

Odcinki instalacyjne kabli powinny być tak ułożone, aby złącza kabli światłowodowych były zlokalizowane w miarę możliwości w miejscach łatwo dostępnych, nienarażonych na zalewanie, podmywanie lub osuwanie się gruntu. Złącza kabli światłowodowych powinny być umieszczane w studniach kablowych lub w szafach kablowych.

Ośłona złączowa stosowana w powinna umożliwiać:

- montaż złącza 2 do 6 kabli i o średnicy od 6 do 25 mm, wprowadzanych z jednej strony;
- przez uszczelnione porty okrągłe;
- montaż złącza odgałęźnego bez przecinania części światłowodów przez uszczelniony port owalny;
- możliwość rozbudowy pojemności mufy poprzez dodanie kaset światłowodowych do ochrony spawów kabli pigtail z włóknami kabla zakańczanego w przełącznicy;
- możliwość wykonania zapasu tub z włóknami kabla światłowodowego;
- szczelność pneumatyczną i wodną złącza,
- trwałość, co najmniej 30-letnią przy eksploatacji złącza w ziemi, zasobniku złączowym, studni kablowej lub w otwartej przestrzeni;
- odporność na zgniecenie, uderzenie, rozciąganie, zginanie, skręcanie i drgania;
- łatwe otwarcie i ponowne zamknięcie złącza;
- uproszczone czasowe zamknięcie i uszczelnienie złącza.

Przełącznica światłowodowa powinna umożliwiać zakończenie różnych rodzajów linii optotelekomunikacyjnych, niezależnie od ich przeznaczenia, liczby i rodzaju światłowodów. Przełącznica światłowodowa jest przeznaczona do przyłączenia i odłączenia traktów światłowodowych od urządzeń stacyjnych oraz do dogodnego wykonania przełączeń torów światłowodowych między polami jednej przełącznicy.

Konstrukcja przełącznicy światłowodowej powinna umożliwiać zainstalowanie jej w szafach dystrybucyjnych w węzłach szkieletu sieci oraz punktach dystrybucyjnych. Konstrukcja przełącznicy powinna być lekka, wykonana z materiałów metalowych (aluminium, stal) w ochronnych pokryciach antykorozyjnych. Powinna zapewniać sprawne i niezawodne jej użytkowanie przez okres 30 lat. Przełącznica światłowodowa powinna być wykonana w postaci półek, w których powinno znajdować się pole złączy światłowodowych, pole zapasów kabli stacyjnych, włókien lub tub kabla stacyjnego, miejsce na kasety spawów światłowodowych.

Dostęp do pola złączy powinien być łatwy. Liczba złączy powinna odpowiadać liczbie doprowadzonych włókien światłowodowych. Wolne pola złączy niezainstalowanych powinny być wypełnione zaślepkami.

2.5 Wyposażenie węzłów sieci szkieletowej

Pomieszczenia należy wyposażać w systemy:

- system sygnalizacji i alarmu pożaru;
- system sygnalizacji włamania i napadu z modułem kontroli dostępu;
- system zasilania bezprzerwowego 230 V składający się z UPS i agregatu prądotwórczego z samoczynnym załączaniem rezerwy (agregat nie jest konieczny w przypadku, gdy obiekt jest zasilany z dwóch niezależnych źródeł);
- systemu klimatyzacji;
- zespół szaf 19" umożliwiający instalację urządzeń sieci szkieletowej i dystrybucyjnej;
- wydzielonych szaf 19" na potrzeby operatorów obcych;
- podłoga techniczna wraz z systemem organizacji i prowadzenia kabli lub innego systemu organizacji prowadzenia kabli.

2.6 Wyposażenia węzłów sieci dystrybucyjnej – Punktów Dystrybucyjnych

Pomieszczenia należy wyposażać w systemy:

- system sygnalizacji i alarmu pożaru;
- system sygnalizacji włamania i napadu z modułem kontroli dostępu;
- system zasilania bezprzerwowego 230 V składający się z UPS i agregatu prądotwórczego z samoczynnym załączaniem rezerwy (agregat nie jest konieczny w przypadku, gdy obiekt jest zasilany z dwóch niezależnych źródeł);
- systemu klimatyzacji;
- zespół szafa 19" umożliwiająca instalację urządzeń operatorów obcych.

2.7 Instalacja kabla światłowodowego w kanalizacji kablowej

W budowanej sieci szerokopasmowej instalacja standardowych kabli światłowodowych w rurociągach kablowych magistrali, kanalizacji łącznikowej oraz głównych odgałęzieniach z magistral wymaga uzgodnienia z Inwestorem.

Zastosowana technologia zaciągania kabli światłowodowych do rurociągów kablowych i kanalizacji wtórnej w pozostałych miejscach powinna zapewnić ułożenie kabli bez uszkodzeń i naruszania zewnętrznych osłon ochronnych, przy zachowaniu promienia wyginania kabla nie mniejszego od 20 jego średnic.

Zaleca się stosowanie pneumatycznych metod zaciągania kabli światłowodowych. Technologia pneumatycznego (tłoczkowa lub strumieniowa) zaciągania kabli światłowodowych została opracowana

z myślą o maksymalnym zabezpieczeniu włókien światłowodowych w kablach przed wszelkimi naprężeniami mechanicznymi i przegięciami, jakie mogą wystąpić w procesie zaciągania.

Ręczne lub mechaniczne zaciąganie kabli optotelekomunikacyjnych jest dopuszczalne w uzasadnionych przypadkach, ale pod warunkiem ciągłej kontroli siły naciągu i stosowania urządzeń zabezpieczających przed przekroczeniem dopuszczalnej wielkości tej siły.

Kable optotelekomunikacyjne nie powinny być układane przy temperaturze powietrza poniżej -5°C.

Odcinki fabrykacyjne kabli światłowodowych powinny być układane w taki sposób, aby koniec każdego odcinka fabrykacyjnego spotykał się z początkiem odcinka następnego. Kolejność układanych odcinków fabrykacyjnych powinna być zgodna z ich ułożeniem w linii (ze względu na rodzaj powłok i długości odcinków) i powinna być ewidencjonowana.

Niezależnie od metody zaciągania należy zawsze dbać o to, by kabel wprowadzany do rury był czysty, bez śladów błota lub ziaren piasku. Obecność zanieczyszczeń ma istotny wpływ na wielkość tarcia, a więc długość zaciąganego odcinka. Zabrania się stosowania tzw. płynów poślizgowych, które mają wpływ na zmniejszenie tarcia tylko przy pierwszym zaciąganiu, natomiast są lepkie i po dłuższym czasie mogą spowodować przyklejenie się kabla lub zanieczyszczeń.

Złącze spajane powinno umożliwiać stałe połączenie światłowodów z sąsiednich odcinków instalacyjnych kabli światłowodowych wchodzących w skład linii optotelekomunikacyjnej, z zachowaniem jak najlepszej jednorodności linii, trwałości połączeń i niezmienności ich parametrów w długim okresie czasu (około 30 lat).

Złącze spajane powinno umożliwiać łączenie wszystkich rodzajów światłowodów jednomodowych. Łączenie światłowodów metodą spajania należy stosować przy montażu złączy przelotowych oraz łączeniu z kablami pigtail w przełącznicach światłowodowych.

Połączenia światłowodów jednomodowych w złączu powinny być tak wykonane, aby tłumienność wnoszona przez spoinę nie przekroczyła wartości 0,1 dB. Tłumienność spoin powinna być określona jako wartość średnia z pomiarów reflektometrycznych w obu kierunkach transmisji (z uwzględnieniem znaków).

Pomiarem opcjonalnym jest pomiar reflektancji, czyli tłumienność odbicia wstecznego złączy spajanych, która nie powinna być mniejsza niż 60 dB. Wymagania powinny być spełnione dla fal o długości 1310 nm i 1550 nm. Pomiar może być wykonany reflektometrem posiadającym opcję pomiarową dla oszacowania reflektancji, albo też odrębnym zestawem przyrządów do pomiaru reflektancji. Wyniki pomiarów tłumienności powinny zostać dołączone do dokumentacji wykonawczej.

3 Wytyczne dla realizacji projektu

3.1 Forma i zawartość dokumentacji technicznej

Dokumentacja techniczna stanowi zbiór dokumentów określających sposób wykonania zamierzonych robót (inwestycji) oraz pozwalających określić ich koszt. Na podstawie dokumentacji technicznej ustala się zakres potrzebnych materiałów, stan zatrudnienia pracowników i harmonogram realizacji inwestycji.

Dokumentacja techniczna powinna być opracowana w sposób umożliwiający sprawną realizację inwestycji. W szczególności projekt budowlany powinien m.in. spełniać warunki wynikające z Ustawy Prawo Budowlane (Dz.U. nr 89, poz. 414, 7.07.1994 r.) oraz uwzględniać wymagania według Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji (Dz.U. nr 140, poz. 906, 3.11.1998 r.) w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego.

Spełnienie wymagań określonych w powyższych dokumentach normatywnych jest niezbędne do uzyskania pozwolenia na budowę. Projektant opracowujący dokumentację techniczną w zakresie budowy kanalizacji kablowej, obowiązany jest spełnić indywidualne wymagania Inwestora zawarte we wytycznych projektowo-wykonawczych, koncepcji budowy wojewódzkiej sieci szerokopasmowej oraz w dokumentach uzgodnień dokonywanych z Inwestorem.

Dokumentacją wojewódzkiej sieci szerokopasmowej będą w szczególności:

- projekt techniczny (projekt budowlany i projekt wykonawczy);
- dokumentacje kosztorysowe;
- dokumentacja powykonawcza.

Wymagania ogólne dokumentacji technicznej

W dokumentacji projektowej musi znajdować się odniesienie do danych wejściowych w tym do studiów wykonalności (formalnoprawnych oraz technicznych) stanowiących podstawę do opracowania i uzasadniających projektowane rozwiązania techniczne.

- dokumentacja projektowa musi być sporządzona w sposób umożliwiający jej sprawdzenie i weryfikację przyjętych rozwiązań technicznych. W związku z powyższym powinny być w niej zamieszczone wszelkie obliczenia i wykresy, jeżeli rozwiązania projektowe stanowią ich rezultat;
- wszystkie rysunki muszą być wykonane przejrzystie, z naniesionymi czytelnie danymi, ponumerowane i podpisane przez autora (autorów) i sprawdzającego;
- wszystkie rysunki, które nie są wykonane na mapach geodezyjnych, należy wykonać w programie AutoCAD lub kompatybilnym i należy dostarczyć je również w wersji elektronicznej;
- wszystkie tablice i zestawienia należy wykonać w programie Excel lub kompatybilnym i dostarczyć je w wersji elektronicznej;
- oznaczenia i znakowanie używane w projekcie powinny być zgodne z systemem oznakowania elementów sieci telekomunikacyjnej zawartym w normie ZN-02/TD S.A. – 01;
- dokumentację projektową należy przekazać Inwestorowi:
- projekt budowlany - w 6 egzemplarzach;
- projekt wykonawczy - w 6 egzemplarzach.

Obowiązki Projektanta

Wykonanie prac związanych z budową Sieci Szerokopasmowej Polski Wschodniej poprzedzone zostanie przygotowaniem dokumentacji technicznej która umożliwi sprawną realizację inwestycji. Projekt budowlany będzie spełniał warunki wynikające z *Ustawy Prawo Budowlane (Dz.U. nr 89, poz. 414, 7.07.1994r.)* oraz uwzględniać wymagania według *Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji (Dz.U.03.120.113, 3.07.2003 r.)* w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego.

Zgodnie z *Ustawą Prawo Budowlane (Dz.U. nr 89, poz. 414, 7.07.1994r.)* w Art. 20. do obowiązków Projektanta w należy między innymi:

- „opracowanie projektu budowlanego w sposób zgodny z ustaleniami określonymi w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, o której mowa w art. 71 ust. 1 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. Nr 199, poz. 1227), lub w pozwoleniu, o którym mowa w art. 23 i 23a ustawy z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej (Dz. U. z 2003 r. Nr 153, poz. 1502, z późn. zm.6)), wymaganiami ustawy, przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej”;
- „uzyskanie wymaganych opinii, uzgodnień i sprawdzeń rozwiązań projektowych w zakresie wynikającym z przepisów”;
- „wyjaśnianie wątpliwości dotyczących projektu i zawartych w nim rozwiązań”.

Konieczne jest stworzenie od razu komórki organizacyjnej zajmującej się paszportyzacją. Do jej prowadzenia powinny być zastosowane odpowiednie programy typu **Smallworld GIS** lub podobny.

Obowiązki Wykonawcy

Wykonawca będzie zobowiązany do wykonania prac zgodnie z zakresem prac oraz wytycznymi w dokumentacji technicznej oraz dokumentacji fabrycznej urządzeń, przy ścisłym przestrzeganiu obowiązujących norm, wytycznych i przepisów BHP, PBUE i PPOŻ.

Roboty ziemne będą prowadzone w oparciu o projekt budowlany, gdzie zawarte będą wszelkie uzgodnienia. W trakcie prac wykonawca będzie zobowiązany do przestrzegania zaleceń zawartych w uzgodnieniach zarządcą lub właścicielem obiektu, uzgodnieniach branżowych przeprowadzonych z użytkownikami urządzeń podziemnych (o ile takie występują). Wykonawca zobowiązany będzie do stosowania się do uwag, warunków i zaleceń właścicieli działek zawartych w porozumieniach dotyczących zgody na wejście w teren nieruchomości. Prace prowadzone będą pod nadzorem zaleconych inspektorów.

4 Koncepcja rozwoju Sieci Szerokopasmowej Polski Wschodniej na terenie województwa lubelskiego.

4.1 Część aktywna

Założenia funkcjonalne sieci pozwalają stwierdzić że, ruch pochodzący z warstwy dystrybucyjnej sieci będzie koncentrowany w węzłach szkieletowych i dalej przesyłany do dwóch lub więcej dedykowanych miejsc, w których nastąpi wymiana ruchu - są to punkty styku (IPX) z innymi sieciami wojewódzkimi oraz ogólnosiwiatową siecią Internet. W niektórych miejscach sieci na etapie eksploatacji mogą pojawić się miejsca szczególnie obciążone ruchem. Należy rozważyć migrację szkieletu w kierunku jeszcze większej, niż zakładana w wymaganiach funkcjonalnych, integracji warstwy optycznej z warstwą IP, a nawet przenoszenia części agregacji do warstwy optycznej

Opierając się na warstwie pasywnej sieci Operator infrastruktury będzie miał możliwość dowolnego zwiększania przepustowości sieci. Dlatego też podczas rozwoju sieci, w punktach dystrybucyjnych, należy przewidzieć możliwość instalacji urządzeń modułowych które będą miały możliwość wyposażenia w interfejsy 10Gb. Takie podejście umożliwi, w przyszłości, łatwą migrację i przystosowanie sieci do potrzeb Operatorów Sieci Dostępowych (OSD) - możliwości wykorzystania ich do budowy sieci dostępowych typu NGA.

4.2 Część pasywna

Na skutek podziału na obszary inwestycyjne w niektórych miastach powiatowych nie są budowane węzły szkieletowe. Z drugiej strony na terenie województwa lubelskiego we wszystkich miastach powiatowych działają operatorzy telewizji kablowych, ale nie wszędzie świadczone są usługi dostępu do Internetu - czyli istnieje tu potencjalny rynek dla Operatora Infrastruktury.

Miasta powiatowe mogą być traktowane jako miejsca, z których operatorzy telewizji kablowych będą rozszerzać swoją działalność na sąsiadujące miejscowości. Z tego powodu węzły dystrybucyjne w tych miastach powinny być traktowane szczególnie i gwarantować odpowiedni poziom świadczonych usług np. odporność na uszkodzenia poprzez połączenie z co najmniej dwoma węzłami szkieletowymi w celu zagwarantowania podwyższonego SLA usług świadczonych Operatorom Sieci Dostępowych (OSD).

W ramach konsultacji przeprowadzonych z ekspertami wyznaczono potencjalnie relacje, których budowa może umożliwić uzyskanie dodatkowego zabezpieczenia warstwy sieci dystrybucyjnej na poziomie okablowania oraz infrastruktury pasywnej. Rekomendowane relacje pomiędzy Punktami Dystrybucyjnymi przedstawia, wraz z długościami, **Tabela 2**, a ich położenie na terenie województwa lubelskiego przedstawiono na Rysunek 2.

Tabela 2 Rekomendacja rozwoju części pasywnej sieci szerokopasmowej w województwie lubelskim

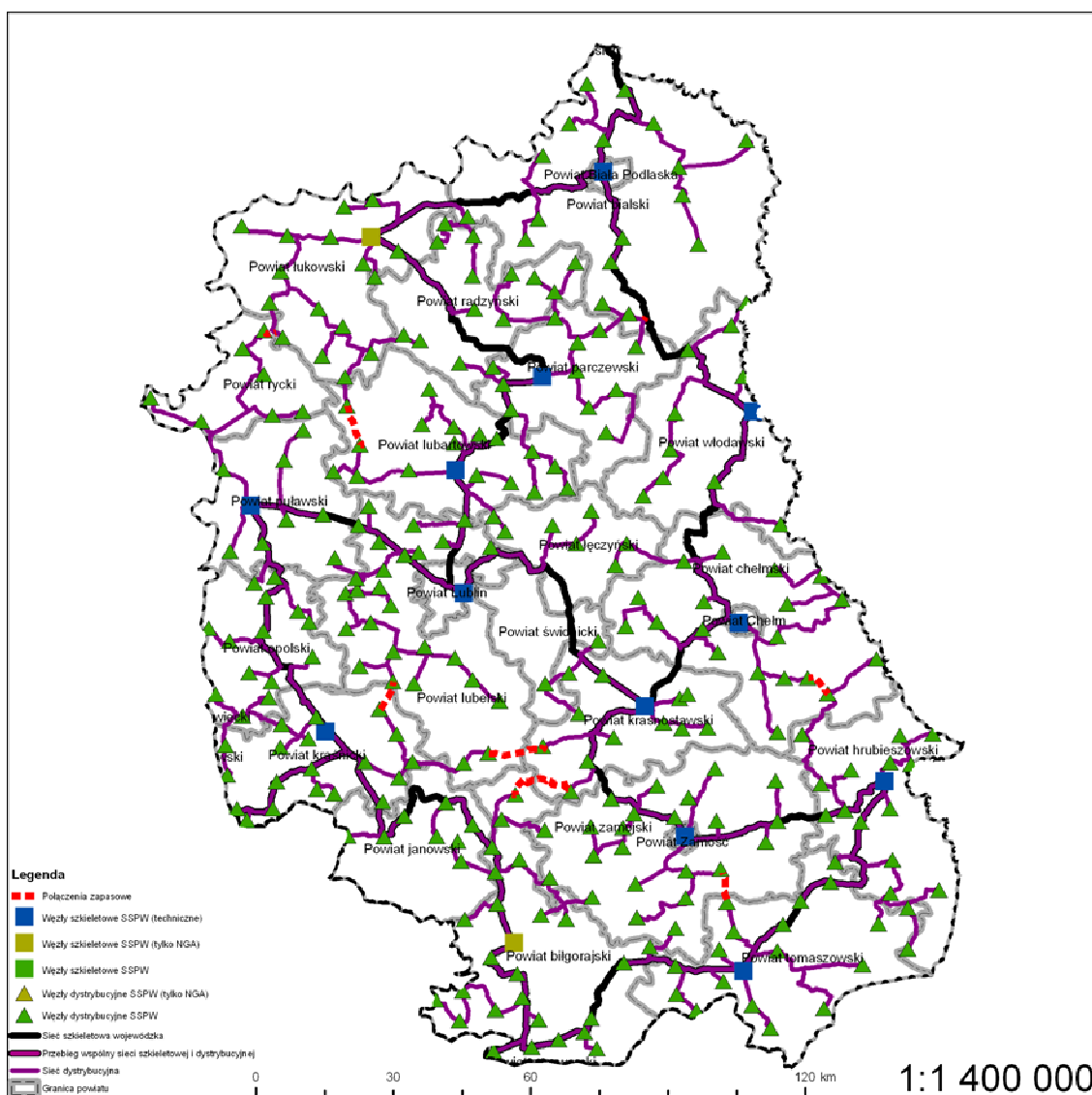
Lp.	Opis dodatkowej relacji	Łączna długość relacji
1.	Białopole - Żmudź	6,2
2.	Horodyszcze - Rossosz	0,9
3.	Krynice - Łabunie	7,0
4.	Michów - Jeziorzany	9,3

Lp.	Opis dodatkowej relacji	Łączna długość relacji
5.	Okrzeja - Gozd	2,7
6.	Turobin - Bzowiec	16,8
7.	Wilkołazy - Sobieszczany-Kolonia	6,9
8.	Wysokie - Żółkiewka-Osada	12,7

Źródło: opracowanie własne.

Należy wziąć pod uwagę, że w części relacji występują kolizje z obszarami chronionymi. Relacja Michów-Jeziorany przecina obszar Natura 2000 "Dolny Wieprz" - w związku z powyższym na etapie projektu technicznego należy uzyskać wszelkie niezbędne zgody oraz przeprowadzić uzgodnienia z zarządcami terenów na których może dochodzić do kolizji.

Rysunek 2 Rekomendacja rozwoju części pasywnej sieci szerokopasmowej w województwie lubelskim



Źródło: opracowanie własne.