

## EKSPLOATACYJNE ASPEKTY MONITOROWANIA SIECI ŚWIATŁOWODOWYCH

### Streszczenie

*W referacie przeanalizowano eksploatacyjne potrzeby monitorowania sieci światłowodowych. Przedstawiono zasadność stosowania systemów monitorowania włókien światłowodowych. Scharakteryzowano podstawowe funkcje i architekturę takich systemów. W końcowej części przedstawiono korzyści, które wynikają z wdrożenia omawianych systemów nadzoru kabli światłowodowych.*

### WSTĘP

Podobnie jak sieci publiczne rozwijają się również teleinformatyczne sieci resortowe w tym sieć kolejowa, ale zasadniczo wpływ na to mają inne uwarunkowania. Sieci te stanowią narzędzie pracy wspomagające świadczenie podstawowych usług konkretnej branży (dostarczanie energii elektrycznej, przewóz osób i towarów, itp.). Na rozwój tych sieci wpływ mają różne czynniki związane z rozwojem cywilizacyjnym (globalizacja, duża mobilność ludzi), technicznym (rozwój techniki ICT), czy też technologicznym. Już teraz na forach międzynarodowych organizacji transportowych funkcjonuje termin „Internet of transport” a w Komisji Europejskiej „Internet of Things”. W sektorach gospodarczych zajmujących się transportem ludzi i towarów sieci teleinformatyczne wykorzystywane są do:

- zarządzania organizacją,
- kierowania procesami,
- sterowania systemami.

Ponadto w sieciach korporacyjnych (np. PKP) zaczyna być już widoczna tendencja do dedykacji poszczególnych włókien światłowodowych dla określonych aplikacji np. straż pożarna wymaga osobnych włókien światłowodowych dla instalowanych systemów przeciwpożarowych, służba automatyki kolejowej osobnych włókien dla systemów sterowania ruchem kolejowym itd. [6]. Dodatkowym, aczkolwiek nie związanym bezpośrednio z działaniem biznesowym określonej korporacji, jest szeroko rozumiane bezpieczeństwo. Wszystko to sprawia, że sieci korporacyjne też będą wymagały coraz to większej ilości włókien.

Zarządzanie siecią w teleinformatyce, w literaturze przedmiotu [1], [8], [11], [12], [13], definiuje się, jako stwarzanie warunków, w których elementy sieci mogą świadczyć usługi na rzecz jej użytkowników. Zagadnienia zarządzania sieciami i usługami w sieciach informacyjnych znajdują się obecnie w centrum zainteresowania większości operatorów. Rośnie złożoność zarządzanych sieci, ich heterogeniczność, a także coraz większe stają się oczekiwania klientów co do różnorodności świadczonych w sieci usług. Sprawia to, że konieczna staje się automatyzacja procesu zarządzania siecią i usługami oraz integracja systemów zarządzania, zarówno należących do różnych operatorów, jak i zarządzających różnymi podsieciami lub różnymi usługami w obrębie sieci jednego operatora. U podstaw automatyzacji procesu zarządzania i integracji systemów zarządzania leży przyjęcie odpowiednich ogólnoswiatowych standardów w dziedzinie zarządzania sieciami.

Do problematyki utrzymania sieci można podejść w dwojaki sposób. Pierwszy polega na założeniu, że sieć będzie działać w oczekiwany sposób i reagowaniu na problemy na bieżąco. To podejście jest powszechnie spotykane. Drugie podejście obejmuje

ciągłe monitorowanie sieci i zapewnianie, aby elementy sieci funkcjonowały poprawnie i zapewniały oczekiwaną (gwarantowaną) wydajność. Jeśli dysponuje się wystarczającymi zasobami, ciągłe monitorowanie jest lepszym podejściem i często pozwala z wyprzedzeniem uporać się z problemami.

### 1. CHARAKTERYSTYKA KOLEJOWEJ SIECI TELE- TRANSMISYJNEJ

Za utrzymanie, zarządzanie i rozwój sieci telekomunikacyjnych w kolejnictwie polskim odpowiada spółka Telekomunikacja Kolejowa. W oparciu o współpracę z PKP zbudowana została sieć teletransmisyjna, która swym zasięgiem pokryła niemal cały kraj. Ze względu na wielkość sieci, zakres świadczonych usług jak i rozległość (cały kraj), kolejowa sieć teletransmisyjna przyjęła rozwiązania techniczne stosowane w publicznych sieciach telekomunikacyjnych i zbudowana w oparciu o urządzenia teletransmisyjne hierarchii synchronicznej SDH (*Synchronius Digital Hierarchy*). Najbardziej rozwinięta oferta dla biznesu kolej prezentuje w zakresie transmisji danych. Duża część usług z tej grupy opartych jest o technologię MPLS (*Multi Protocol Label Switching*). W technologii tej routing pakietów został zastąpiony przez tzw. przełączanie etykiet. Uogólnieniem techniki przełączania etykiet na inne technologie zwielokrotnienia jest GMPLS (*Generalized MPLS*). Zastosowanie MPLS umożliwia klientom biznesowym powiązanie lokalnych sieci LAN (*Local Area Network*) w pełni zarządzaną sieć WAN (*Wide Area Network*) [2], [6], [7], [11].

Sieć MPLS daje możliwość stworzenia teleinformatycznej sieci VPN (*Virtual Private Network*). VPN jest wirtualną siecią, przez którą płynie ruch w ramach sieci prywatnej pomiędzy klientami końcowymi za pośrednictwem publicznej sieci takiej jak Internet. Określenie „wirtualna” oznacza, że sieć istnieje tylko, jako struktura logiczna działająca w ramach sieci publicznej. Sieć VPN wiąże centralę firmy ze wszystkimi oddziałami i pracownikami zarówno w kraju jak i za granicą.

Do świadczenia opisanych usług telekomunikacyjnych i transmisji danych konieczna jest rozległa infrastruktura sieciowa. W warstwie fizycznej sieci szkieletowej kolej posiada rozbudowaną siatkę połączeń światłowodowych. Kable światłowodowe doprowadzone zostały do większości Polskich aglomeracji. Na infrastrukturze światłowodowej zbudowane są systemy transmisyjne DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*). Sieć DWDM składa się z około 30 węzłów i zorganizowana jest w cztery pierścienie przecho- dzące przez największe polskie miasta. Sieć zbudowana jest z wykorzystaniem systemów firmy Alcatel (DWDM 2,5 Gbit/s) oraz węzłów Siemens'a (DWDM 10 Gbit/s). Sieć DWDM Telekomunikacji Kolejowej dociera również do punktów styku w Berlinie i Frankfurtach.

Przy każdym węźle DWDM ustawione są krotnice SDH umożliwiające zwielokrotnianie na poziomie STM-16. Potencjalna przepustowość sieci DWDM to 320 Gbit/s [6]. Na niższych poziomach hierarchii SDH kolej wykorzystuje około 70 węzłów teletransmisyjnych STM-1 [11]. Rozmieszczone są one wzdłuż ogólnopolskich traktów światłowodowych. Dodatkowo z ich wykorzystaniem stworzone są lokalne pierścienie aglomeracyjne – w Poznaniu, Wrocławiu, Warszawie, Szczecinie, Łodzi, Katowicach oraz Krakowie. W pętli warszawskiej wykorzystywane są również węzły umożliwiające zwielokrotnianie na poziomie STM-4.

## 2. WYBRANE ASPEKTY EKSPLOATACJI SIECI OPTYCZNEJ

Projektanci warstwy fizycznej muszą brać pod uwagę wszelkie negatywne zjawiska zachodzące podczas przesyłania sygnałów w światłowodach. Tylko bardzo starannie zaprojektowane trakty będą w stanie przenosić olbrzymi ruch w każdym z położonych światłowodów. Należy pamiętać, że światłowody kładzie się raz i muszą one posłużyć przez okres wielu lat, ponieważ wymiana traktu na nowocześniejsze włókna o lepszych parametrach jest praktycznie niemożliwa ze względów ekonomicznych. Bardzo ważne jest w takiej sytuacji utrzymanie przez światłowód swoich parametrów w długim okresie czasu. Musi zostać to zagwarantowane w procesie technologicznym ich wytwarzania. Według definicji podawanej przez ITU w zaleceniu ITU-T G.709 - Optyczne Sieci Transportowe – OTN (Optical Transport Network) to zbiór elementów sieci optycznej połączonych ze sobą światłowodami, który ma na celu zapewnienie możliwości transportowania informacji, multipleksowania, routingu, zarządzania, nadzorowania oraz rekonstrukcji kanałów optycznych [4].

Światłowody, na których są zaimplementowane systemy DWDM powinny charakteryzować się bardzo rygorystycznymi charakterystykami tłumienności i co bardziej ważne - dyspersji. Optymalne wartości dyspersji traktów optycznych muszą zostać zagwarantowane już w trakcie projektowania sieci. Bezpośredni wpływ na jakość świadczonych usług telekomunikacyjnych ma jakość transmisji oraz stan infrastruktury optotelekomunikacyjnych. W celu zapewnienia właściwej kontroli nad warstwą fizyczną, czyli nad włóknem światłowodowym i transmitowanym sygnałem optycznym trzeba monitorować sieci i okresowo przeprowadzać określone pomiary [1], [13]. Pomiary te można podzielić na dwie grupy. Grupa pierwsza obejmuje pomiary jakości transmitowanego sygnału cyfrowego w postaci ciągu impulsów światła. Natomiast grupa druga obejmuje pomiary służące do charakterystyki toru światłowodowego i właściwości optycznych przesyłanego sygnału.

Do podstawowych metod pozwalających na przeprowadzenie oceny jakości transmisji sygnałów cyfrowych w systemach optotelekomunikacyjnych należy zaliczyć: pomiar elementowej stopy błędów i analizę wykresu oczkowego (rzadziej stosuje się pomiar parametru Q) [3], [5].

W sieci optycznej najczęstsze jest uszkodzenie pojedynczego przęsła, czyli uszkodzenie kabla światłowodowego. Czasem zdarza się też uszkodzenie regeneratora, ale jest ono traktowane na równi z uszkodzeniem światłowodu, ponieważ funkcjonalnie dany odcinek jest niesprawny. Jeśli takie uszkodzenie wystąpi w sieci pojedynczo, to ruch pochodzący z niezdatnego przęsła powinien zostać bez problemu przekierowany na istniejące zasoby zapasowe.

Z punktu widzenia niezawodności sieci oraz szeroko pojętej inżynierii ruchu, istotnym i niezbędnym staje się monitoring stanu sieci. Za jego pośrednictwem możliwe będzie szybkie wykrywanie błędów i występujących uszkodzeń. Przy planowanych bardzo dużych przepływnościach rzędu Tbit/s, jakie oferują sieci optyczne,

ważne staje się odpowiednie ich zabezpieczenie na wypadek awarii. Do prawidłowego działania protekcji konieczne jest użycie mechanizmu restoracji sieci (czyli wznawiania jej pracy po wystąpieniu uszkodzenia) na podstawie informacji z monitoringu. Przelączenie dróg obejścia musi być jak najszybsze a obliczone drogi muszą zostać szybko zestawione przy równoczesnym nie naruszaniu wcześniej zarezerwowanych zasobów.

Wszystko to sprawia, że sieci telekomunikacyjne mają coraz więcej światłowodów zarówno w szkieletcie jak i w dostępie i światłowody te przenoszą coraz to więcej danych. Jednocześnie należy stwierdzić, że kable światłowodowe to najmniej strzeżony element sieci optycznych. Znajdują się one w otwartej, praktycznie nie strzeżonej przestrzeni, w rozległej topografii, układane na bardzo wielu kilometrach. Sieci światłowodowe zawierają bardzo dużo elementów biernych (wszelkiego rodzaju złącza, spawy) pozbawionych ciągłego nadzoru. Sieci te, w zależności od pozyskanego prawa drogi, narażone są na szkodliwe wpływy środowiska (temperatura, wiatr, szadź, wyładowania atmosferyczne, promieniowanie UV, drgania, gryzonie, agresywne opary i ciecze) jak i akty niefrasobliwego działania lub wandalizmu (zrywanie, zgniatanie, przecięcia i inne uszkodzenia mechaniczne kabli) a ponadto ulegają także procesom starzenia. Wszystko to powoduje, że następuje degradacja światłowodów tj. wzrost tłumienia na skutek dodatkowych spawów, mikropęknięć, naprężeń itd. Z tych to powodów trakty światłowodowe powinny być ciągle monitorowane na okoliczność ciągłości i zachowania podstawowych parametrów drogi światłowodowej.

## 3. FUNKcjONALNOŚĆ SYSTEMÓW MONITOROWANIA WŁÓKIEN ŚWIATŁOWODOWYCH

W przypadku zastosowania systemu automatycznego nadzoru włókien optycznych Zespoły Serwisowe, na podstawie zaimplementowanej do systemu mapy terenu z naniesionymi trasami przebiegu kabli, otrzymują natychmiast szczegółowe informacje co do miejsca przerwania kabla. Również w przypadku pogorszenia się parametrów np. powiększenia się tłumienności złącza spawanego, personel nadzorujący otrzymuje o tym informacje od systemu, zanim dojdzie do całkowitego przerwania transmisji, co daje niezbędny czas na rekonfigurowanie systemu teletransmisyjnego i naprawę w czasie np. najmniejszego ruchu teleinformatycznego. Naprawa może być wykonana poprawnie - personel serwisowy nie pracuje pod presją jak najszybszego przywrócenia łączności. Istnieje również czas na wykonanie pełnych pomiarów naprawionego odcinka kabla. Takie postępowanie gwarantuje zachowanie wymaganego poziomu usług QoS.

Systemy automatycznego nadzoru włókien optycznych działają niezależnie od alarmów urządzeń teletransmisyjnych, w oparciu o cykliczny pomiar reflektometryczny OTDR z częstością ustawianą w zależności od ważności traktu, długością fali 1625 i/lub 1310/1550 nm z różnymi zakresami dynamiki, zależnymi od długości monitorowanej linii. Do systemu mogą być podłączone tak ciemne jak i pracujące włókna. Krzywe tłumienia są periodycznie odczytywane, a istotne zmiany sygnalizowane do centrali nadzoru.

Centrum nadzoru dzięki zaimplementowanemu oprogramowaniu kartograficznemu ma możliwość obserwacji wszystkich monitorowanych linii danego obszaru, a w przypadku wystąpienia alarmu na jednej z linii, dzięki mapom skalowanym, „powiększenie” miejsca zdarzenia i odczytanie współrzędnych geograficznych lokalizacji najbliższych złączy, zasobników, zapasów kabla, itp.. Jednocześnie można porównać krzywe tłumienności z przed i po wystąpieniu zdarzenia. Na podstawie utworzonych rysunków zawierających graficzny wskaźnik alarmu, przyporządkowane plany odcinków linii i plany okablowania oraz krzywą tłumienia wybranych światłowodów

można szybko rozpoznać uszkodzenia i dokładnie określić ich miejsce na trasie. Mapa nieskalowana pozwala na szczegółowe przedstawienie dowolnie wybranych fragmentów kontrolowanego odcinka światłowodu. Oprócz zdarzeń optycznych można tu przedstawić także dokładny przebieg trasy z uwzględnieniem długości zapasów kabli w studzienkach. W przypadku uszkodzenia (awarii) pozwala to na dokładne oznaczenie z uwzględnieniem długości zapasowych na trasie.

Oprócz systemów służących do monitorowania sieci optycznych wykorzystujących metody reflektometryczne, istnieją systemy wykorzystujące pomiary metodami transmisyjnymi. W systemach tych nie ma oddzielnych nadajników sygnału optycznego do kontroli pracujących włókien. Do nadzoru włókien aktywnych (in of service), wyprowadzone jest poprzez sprzęgacz optyczny 5% mocy sygnału użytecznego. Sygnał ten jest doprowadzony do zespołu pomiarowego. Pomiaru włókna dokonuje się w określonych odstępach czasowych (np. co 1 s) z dokładnością 0,1 dB. Zmiana tłumienia w stosunku do wynikowej zapamiętanej tłumienności włókna powoduje wygenerowanie sygnałów alarmowych i automatyczny start pomiaru reflektometrycznego (OTDR) na nieaktywnym włóknie tego kabla.

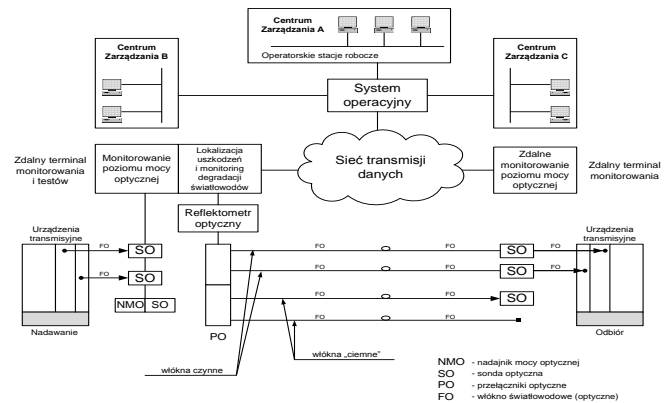
Poziom sygnału optycznego mierzony jest zarówno na wejściu tuż przed urządzeniem odbiorczym, jak i na wyjściu tuż za urządzeniem nadawczym. Zastosowanie pomiaru tłumienności sygnału użytkowego wiąże się z przyszłościowym podejściem do zagadnienia monitoringu włókien optycznych. Wynika to z następujących faktów:

- funkcja monitorująca nie wprowadza żadnej długości fali dla celów utrzymania, używając ułamkowej części sygnałów użytkowych do oceny parametrów tłumieniowych aktywnych włókien, poprzez pomiar mocy optycznych. Jest to cenna zaleta. Do monitorowania włókien aktywnych przy pomocy OTDR wykorzystuje się pozapasmową długość fali 1625 nm. Rozwój technologii światłowodowej pozwala zaadaptować kolejne, nowe pasma transmisyjne obejmujące pasmo L (Longwave-Band), czyli fale 1565–1625 nm już użytkowane w wielu nowoczesnych platformach optycznych a także pasmo U – (Ultralong wavelength) od 1625 do 1675 nm), co wyeliminuje całkowicie pomiar monitorujący OTDR włókien aktywnych na długości fali 1625nm,
- ze względu na wzrost przepływności bitowej, sygnały użytkowe staną się mniej tolerancyjne dla zjawisk nieliniowych, które mogą powstawać w wyniku wprowadzenia do badanego włókna impulsów OTDR (np. efekt Ramana),
- ciągle monitorowanie z rozdzielczością czasu pomiaru około 1 s daje możliwość wykrywania i lokalizowania wszystkich nawet krótkotrwałych anomalii (raptowne zmiany związane z wibracjami konektorów lub kabli o zmniejszonej wytrzymałości mechanicznej, czasowe szczyty tłumienności związane z efektem termo-mechanicznym, itd.), które mogą z jednej strony wskazać, że nieprawidłowości w transmisji (np. przekroczona dopuszczalna stopa błędów BER) pochodzą od zmian parametrów włókien i nie leżą po stronie urządzeń, a z drugiej strony mogą pozostać ukryte jeśli okres pomiaru nie jest dostatecznie krótki stanowiąc nie wykryte źródło zakłóceń,
- użycie modułu reflektometrycznego OTDR i przełącznika optycznego tylko w momencie awarii diametralnie zwiększa średni czas międzyawaryjny dla OTDR (minimalny czas międzyawaryjny - ok. 5 lat) i żywotność przełącznika optycznego (typowa 10 milionów cykli).

Wymienione parametry i cechy wyżej wymienionych systemów są zgodne z zaleceniami ITU-T L.40. Systemy pracujące w oparciu o pomiar mocy sygnału użytkowego uzupełniane lub/i wspomagane przez pomiar OTDR są niewątpliwie najlepszym rozwiązaniem systemów nadzoru włókien światłowodowych. Schemat logiczny

systemu nadzoru włókien światłowodowych przedstawiono na rysunku 1.

Podłączenie modułu pomiarowego (sondy pomiarowe) nie wymaga spawania włókien światłowodowych. Czynności tej dokonuje się poprzez włączenie modułu do istniejących w przełącznicy „gniazd” złączy mechanicznych, zakończeń kabla liniowego. Urządzenia telekomunikacyjne podłączane są analogicznie do modułu za pomocą kabli stacyjnych („patchcordów”). Ciągła diagnostyka sieci daje możliwość wykrywania, krótkotrwałych zdarzeń (np. przejściowych naprężeń włókna itp.).



**Rys. 1. Schemat automatycznego nadzoru włókien światłowodowych (opracowanie własne)**

Komunikacja jednostek monitoringu z Centrum Zarządzania i Danych oraz stacjami prezentacji klientów może odbywać się za pośrednictwem Intranetu w lokalnej lub rozległej sieci komputerowej (LAN i WAN), Internetu, a nawet poprzez publiczną komutowaną sieć telefoniczną (PSTN). Centrum Zarządzania Siecią zarządza i nadzoruje wszystkie jednostki monitorujące oraz komputery (np. klientów) poprzez sieć IP wykorzystując do tego celu protokół **SNMP** (Simple Network Management Protocol) [10]. Dostęp do zasobów systemu może być umożliwiony:

- klientowi sieci poprzez Internet (tylko do odczytu),
- innym pracownikom sieci np. regionalnym (do celów nadzoru, paszportyzacji lub statystyki).

Prezentacja sieci odbywa się poprzez zaimplementowane do systemu oprogramowanie **GUI** (Graphical User Interface) wspomagane przez System Informacji Geograficznej **GIS** (Geographic Information System) zintegrowany z GPS.

#### 4. ANALIZA POTRZEB STOSOWANIA SYSTEMÓW MONITOROWANIA WŁÓKNI ŚWIATŁOWODOWYCH

Podstawową funkcją systemów radiołączności w kolejnictwie jest zapewnienie bezpośredniej komunikacji między stacją sterującą ruchem pociągu a maszynistą prowadzącym skład oraz niezawodnej łączności służbowej między pracownikami obsługującymi procesy transportowe. Zakres usług, które może spełniać sieć radiołączności kolejowej oraz korzyści eksploatacyjne w tym ekonomiczne wynikające z tych usług, zależne są od zasad prowadzenia oraz natężenia ruchu, a także od charakterystyki danej linii kolejowej.

W okresie migracji zachodzi konieczność eksploatacji dwóch rodzajów sieci jednocześnie na części linii kolejowych, stan ten może stwarzać pewne trudności w zakresie korzystania z urządzeń obu systemów, szczególnie dotyczyć to będzie maszynistów pojazdów trakcyjnych oraz dyżurnych ruchu.

Każdy system automatycznego nadzoru włókien optycznych wprowadza do sieci światłowodowej pewne zakłócenia. Najbardziej istotne to tłumienność wtrąceniowa (wtrącona) i refleksja (tłu-

mienność odbiciowa). Związane jest to z zastosowaniem pasywnych elementów optycznych takich jak: sprzęgacze, multiplexery i demultiplexery oraz filtry [12].

Powyższe pasywne elementy optyczne, są niewątpliwie jednymi z najważniejszych, zasadniczych komponentów systemów monitoringu włókien światłowodowych. Tylko przy ich zastosowaniu możliwe jest:

- bezpieczne wprowadzenie impulsu pomiarowego OTDR do aktywnego włókna światłowodowego (moduły WDM i filtry),
- wyprowadzenie odbitych impulsów OTDR i żądanej części sygnału użytkowego z aktywnych włókien i doprowadzenie ich do detektorów urządzeń pomiarowych (sprzęgacze i moduły WDM),
- podłączenie systemów do aktywnych włókien przy najmniejszych stratach związanych z tłumiennością wtrąconą,
- podłączenie systemów do istniejących sieci kablowych w sposób jak najmniej ingerujący w infrastrukturę obiektów telekomunikacyjnych (centrale, rozdzielnie, stacje, itp.) bez potrzeby ich przebudowy lub rozbudowy.
- rozdzielnie, stacje, itp.) bez potrzeby ich przebudowy lub rozbudowy.

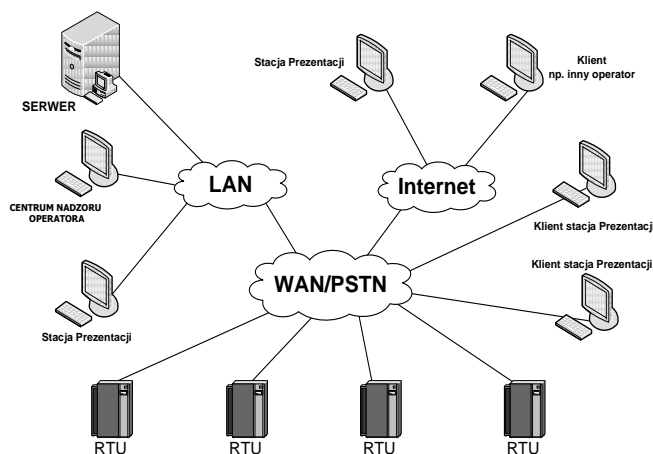
W związku z tym, istotnym jest, aby przy wyborze systemu nadzoru zwrócić szczególną uwagę, na jakość, rodzaj i ilość używanych elementów pasywnych oraz technologię ich dołączania do optycznej sieci kablowej (złącza spawane, mechaniczne).

Do najważniejszych cech, które charakteryzują systemy automatycznego nadzoru włókien optycznych można zaliczyć [14]:

- szybkie wykrywanie i lokalizowanie usterek oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu włókien optycznych.
- pomiar OTDR włókien nieaktywnych, komunikacja jednostki monitorującej z serwerem (centrum nadzoru) dowolnym dostępnym „medium” i protokołem zawsze dwiema różnymi drogami (redundancja komunikacji),
- prezentacja całej sieci światłowodowej na mapach z możliwością szczegółowego obejrzenia odcinka danej linii kablowej oraz odczytania współrzędnych zdarzeń, najbliższych interesującego nas miejsca w tym i odległości do tych zdarzeń zarówno fizycznej, optycznej jak i uwzględniającej zapasy. Współrzędne zdarzeń mogą być udostępniane jako współrzędne geograficzne GPS.
- możliwość automatycznego powiadamiania zainteresowanych służb o wystąpieniu zakłóceń w sieci światłowodowej. Mogą to być między innymi zespoły naprawcze kabli optycznych lub technicy utrzymania urządzeń teletransmisyjnych

Przy wyborze systemu automatycznego nadzoru włókien optycznych należy brać pod uwagę koszt systemu, koszty jego instalacji i wdrożenia oraz niezawodność.

Wszystkie oferowane na rynku systemy monitoringu włókien światłowodowych charakteryzują się tym, że są to systemy rozległe. Przykład rozproszonego system monitorowania włókien światłowodowych przedstawiony jest na rys. 2.



**Rys. 2.** Przykładowy rozproszony system monitorowania włókien światłowodowych [opracowanie własne na podstawie [14]]

Obserwację (nadzór włókien) w systemie można prowadzić wielopoziomowo. Sieć światłowodowa może zostać podzielona na domeny: cała sieć, sieć regionalna, pierścienie miejskie, domena użytkownika.

## PODSUMOWANIE

Zagadnienia zarządzania sieciami i usługami w sieciach teleinformatycznych znajdują się obecnie w centrum zainteresowania większości operatorów i administratorów sieci. Rośnie złożoność zarządzanych sieci, ich heterogeniczność, a także coraz większe stają się oczekiwania klientów, co do różnorodności świadczonych w sieci usług. Sprawia to, że konieczna staje się automatyzacja procesu zarządzania siecią i usługami oraz integracja systemów zarządzania, zarówno należących do różnych operatorów, jak i zarządzających różnymi podsieciami lub różnymi usługami w obrębie sieci jednego operatora. W odniesieniu do tematyki artykułu można przestawić szereg korzyści, które wynikają z zainstalowania omawianych systemów nadzoru kabli światłowodowych. Do najważniejszych można zaliczyć między innymi zmniejszenie kosztów, przez wyeliminowanie dotychczasowych czynności utrzymaniowych (okresowe pomiary włókien ich przeanalizowanie i archiwizacja).

Istotnym z punktu widzenia utrzymania systemów teletransmisyjnych optycznych jest też pełna i natychmiastowa informacja o charakterze zakłóceń i ich lokalizacji, co pozwala na podjęcie decyzji, czy, gdzie oraz kiedy: muszą być wysłane grupy utrzymaniowe kabli optycznych lub serwisanci utrzymania sprzętowego (oszczędność czasu na lokalizacji miejsc awarii). Wdrożenie systemów monitorowania pozwoli też na skrócenie czasu napraw i skrócenie przerw w dostawie usług oraz zmniejszenie strat z powodu przerw w ruchu przestojów na nieprotegowanych ścieżkach. Ciągłe monitorowanie stanu włókien światłowodowych jest także elementem zwiększającym ochronę transmitowanych informacji poprzez stałą kontrolę mocy transmitowanego sygnału optycznego.

## BIBLIOGRAFIA

1. Booth K.M., Hill S.L., Optoelektronika, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
2. Cholda P., Jajszczyk A., Protekcja i odtwarzanie w wielowarstwowych sieciach optycznych, Przegląd Telekomunikacyjny nr 7/2003
3. Hui R., O'Sullivan M.: Fiber Optic Measurement Techniques, Elsevier Inc., Burlington, 2009.

4. Kaminow I. P. , Li T., Willner A. E.: Optical Fiber Telecommunications V B, Systems and Networks, Elsevier Inc., Burlington, 2008.
5. Perlicki K., Pomiar w optycznych systemach telekomunikacyjnych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2002.
6. Siergiejczyk M., Gago S.: Kierunki rozwoju sieci telekomunikacyjnej dla potrzeb Zarządcy infrastruktury kolejowej. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne 8-9/2009. Wyd. .Sigma NOT, Warszawa 2009
7. Siergiejczyk M.: Koncepcja operatorskiego centrum zarządzania telekomunikacyjnej sieci resortowej. Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej Vol. IX, nr 1/2011. Warszawa 2011
8. Siergiejczyk M., Gago S.: Systemy automatycznego nadzoru sieci światłowodowych. Przegląd Elektrotechniczny 10/2011. Wyd. Sigma - NOT, Warszawa 2011
9. Siergiejczyk M., Nowakowski W.: System monitorowania sieci teleinformatycznych. Zeszyty AWM, Gdynia 2007.
10. Stallings W.: Protokoły SNMP i RMON – Vademecum profesjonalisty. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2003.
11. [www.tktelekom.pl](http://www.tktelekom.pl)
12. Zalecenie ITU-T G.692: Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers, Genewa, Szwajcaria, 1999.
13. Zalecenie ITU-T G.694.1. Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid, Genewa, Szwajcaria, 2012.
14. [www.fca.com.pl](http://www.fca.com.pl)
15. [www.exfo.com](http://www.exfo.com)

## **OPERATIONAL MONITORING ASPECTS OF FIBER OPTIC NETWORK**

### **Abstract**

*The article presents selected issues of the the operational needs of fiber optic network monitoring. Presents the legitimacy of the use of fiber optic monitoring systems. Characterized basic functionality and architecture of such systems. At the end of resetting the benefits that result from the implementation of these surveillance systems fiber optic cables.*

Autorzy:

prof.nzw. dr.hab.inż. **Mirosław Siergiejczyk** – Instytut Kolejnictwa  
dr inż. **Stanisław Gago** – Instytut Kolejnictwa Zakład Automatyki i  
Teleinformatyki