



STRESZCZENIE

Hybrydowa sieć telekomunikacyjna do zastosowań specjalnych

Autor: mgr inż. Rafał SŁOMSKI
Promotor: prof. dr hab. inż. Edward SĘDEK
Promotor pomocniczy: dr inż. Piotr ŁUBKOWSKI

Głównym celem rozprawy jest propozycja modelu hybrydowej sieci teleinformatycznej opartej na technologiach cyfrowych linii transmisyjnych: światłowodowych, optycznych i radiowych w aspekcie ich wykorzystania w narodowych systemach specjalnego przeznaczenia, które mają cechy sieciocentryczności. Rozprawa zawiera siedem rozdziałów i została podzielona na **dwie główne części**.

W pierwszej z nich dokonano przeglądu przytoczonych, w celu pracy, technologii z uwzględnieniem ich możliwości i przydatności zastosowania w rozwiązaniach teleinformatycznych stosowanych obecnie w systemach specjalnego przeznaczenia. W tej części rozprawy przeprowadzono pogłębioną analizę wybranej, nowatorskiej techniki transmisji, jaką jest *Free Space Optics* (FSO) pod kątem wykorzystania jej w systemach specjalnego przeznaczenia. Szczegółowo przedstawiono uwarunkowania zastosowania tego typu rozwiązań z uwzględnieniem zasięgu i jakości transmisji, ochrony informacji oraz kompatybilności elektromagnetycznej. Zaprezentowano propozycję budowy i wykorzystania hybrydowych rozwiązań FSO/RF, które zostały uzupełnione własnymi badaniami w zakresie przepustowości tak zbudowanego połączenia w relacji punkt-punkt. Ponadto została podjęta próba przeglądu algorytmów optymalizacji i wymiarowania sieci, które mogą być pomocne w procesie jej analizy i syntezy. Przedstawiono ogólny model projektowania struktury sieciowej i opisano poszczególne etapy jej opracowywania, które są permanentnymi procesami wchodzącymi w skład *Zadania Planowania Sieci* (ang. *Network Planning Task*) będącego częścią składową abstrakcyjnego pojęcia określonego jako *Przestrzeń Planowania Sieci* (ang. *Network Planning Space*). Poza tym, w tej części pracy odniesiono się do najistotniejszych parametrów, które znacząco wpływają na efektywność sieci telekomunikacyjnej (np. przepustowość, przepływność, opóźnienia, routing, koszt).

Druga część rozprawy zawiera wyniki badań łączny zestawionych (przy użyciu szerokiego spektrum mediów transmisyjnych) w obecnie użytkowanej sieci oraz analizę ograniczeń ich wykorzystania. Zaprezentowano szereg przebiegów związanych z zmierzonymi przepływnościami dla różnych wariantów topologicznych i dokonano analiz ograniczeń, które wpływają na efektywne wykorzystanie dostępnego pasma transmisji. Ponadto wykonano badania dostępności kanału łączności w funkcji rozmiaru przesyłanego pakietu i na tej podstawie wysunięto propozycję określenia adekwatnego woluminu danych użytkowanych w konkretnym rozwiązaniu teleinformatycznym zarówno dla sieci z urządzeniem kryptograficznym jak i bez niego. Dokonano oceny wpływu zastosowania urządzeń szyfrujących na poprawność pracy struktury teleinformatycznej w zakresie wykorzystania dostępnego pasma transmisji. Następnie przedstawiono obecny model sieci hybrydowej (w formie grafu) oraz jego perspektywiczną wersję. Przeprowadzono analizę nowo zaprojektowanej struktury przy pomocy autorskiego programu implementującego algorytm *Edmondsa-Karpa* (jako modyfikację metody *Forda-Fulkersona*) dla obecnie eksploatowanego rozwiązania jak i dla nowego, zaproponowanego w oparciu o metody analityczne. Pokazano propozycję rozwoju sieci, mającej cechy skalowalności, w zakresie dołączenia nowych segmentów dostępowych i oceniono ich potencjalny wpływ na funkcjonowanie całego rozwiązania. Przy użyciu zintegrowanego środowiska symulacyjnego wykonano pomiary zaproponowanego modelu sieci ze szczególnym uwzględnieniem opóźnień. Część eksperymentalno-analityczną pracy uzupełniono o autorski algorytm projektowania sieci dla systemów specjalnego przeznaczenia, który uwzględnia rezultaty badań praktycznych i symulacyjnych.

Zakończenie rozprawy stanowi jej podsumowanie, w którym przedstawiono sposób osiągnięcia założonego celu pracy jak i potwierdzenie jej tezy. W sposób syntetyczny scharakteryzowano zawartość poszczególnych rozdziałów, jak również odniesiono się do najistotniejszych, poruszonych w nich zagadnień, które wymagają rozwiązania. Szczególną uwagę poświęcono problemom transmisji relatywnie małych pakietów (*ang. small packet problem*) oraz efektywności procesów optymalizacji głównie w zakresie doboru szerokości pasm kanałów transmisji danych. Zagadnienia te rozpatrywano uwzględniając specyfikę systemów specjalnego przeznaczenia. Odniesiono się także do wpływu opóźnień (*ang. end-to-end delay*) na funkcjonowanie i efektywność pracy sieci teleinformatycznej. Ponadto silnie zaakcentowano problem bezpieczeństwa w strukturach telekomunikacyjnych przy uwzględnieniu realiów współczesnych oraz perspektywicznych nie tylko narodowych, ale również sojusznicych sieciocentrycznych systemów klasy C⁴ISR+EW. Na zakończenie wskazano kierunki rozwoju tytułowej sieci hybrydowej oraz przedstawiono potencjalny, dalszy zakres prac nad poruszoną tak szeroką tematyką.

Słowa kluczowe: systemy telekomunikacyjne, sieci heterogeniczne, sieci hybrydowe, technologie transmisji danych, media telekomunikacyjne, optymalizacja i wymiarowanie sieci, parametry sieci teleinformatycznych