

Światłowodowy transfer czasu i częstotliwości jest obecnie rozważany jako możliwa alternatywa dla powszechnie stosowanych technik satelitarnych. Dwukierunkowa transmisja w pojedynczym włóknie oraz możliwość wzmocnienia sygnałów w dziedzinie optycznej, bez zaburzenia symetrii łącza zapewnia wyjątkową dokładność i stabilność sygnałów wzorcowych, przysyłanych na dystansie rzędu setek kilometrów. Jednakże, dwukierunkowość łącza oraz konieczność zapewnienia długiego zasięgu wymagają właściwego ustawienia wzmacniaczy optycznych, aby pokryć zadany dystans ale także zminimalizować niepożądane efekty występujące w łączy i zaburzające jego działanie.

Procedura optymalizacji wzmocnień bazuje na symulacjach łącza wykonywanych na etapie projektowania. Ze względu na to, że model matematyczny wymaga przybliżenia lub przyjęcia za stałe parametrów, które mogą mieć wpływ na działanie łącza (takich jak tłumienie odcinków, współczynniki rozpraszania Rayleigh'a, straty na łączach/spawach, dyspersja chromatyczna światłowodu, szerokość linii lasera, itd.), optymalizacja może być niedokładna. Z tego względu podjęto badania nad koncepcją optymalizacji wykonywanej na bieżąco w łączy. Rezultatem było opracowanie algorytmów do kontroli urządzeń bazujących na wykonanych w czasie rzeczywistym pomiarach fluktuacji fazy (jitteru) transmitowanego w łączy sygnału wzorcowego częstotliwości. Przeprowadzone eksperymenty ujawniły jednak ryzyko wzbudzenia rozpraszania Brillouin'a (zwłaszcza przy wysokich wartościach wzmocnień), które może zaburzyć zarówno proces optymalizacji jak i działanie całego łącza. Dodatkowo, opracowana metoda optymalizacji wymaga zdalnego dostępu do wszystkich węzłów łącza (moduły lokalny i końcowy oraz wzmacniacze), co jest stwarza trudności w przypadku czasowej utraty komunikacji albo niemożliwości zapewnienia kanału komunikacyjnego.

W przedstawionym projekcie proponujemy nowe podejście, gdzie proces optymalizacji będzie prowadzony w sposób autonomiczny w systemie rozproszonym, wyposażonym w „inteligencję” wbudowaną we wszystkie komponenty łącza. Aby to umożliwić konieczne jest jednak rozwiązanie kilku problemów dotyczących zwiększenia możliwości pomiarowych urządzeń zainstalowanych w łączy (w szczególności wzmacniaczy optycznych) oraz opracowania nowych algorytmów, które pozwoliłyby przeprowadzić proces optymalizacji bazując na lokalnie zmierzonych parametrach. W naszych badaniach skupimy się na możliwości efektywnej i wczesnej detekcji rozpraszania Brillouina jak również na prześledzeniu parametrów możliwych do zmierzenia lokalnie we wzmacniaczach, które odzwierciedlają pracę całego systemu transferu czasu i częstotliwości. W kolejnym etapie opracujemy strategię właściwej optymalizacji autonomicznie kontrolowanych wzmacniaczy. Wymagane będzie rozważanie aspektów unikania kolizji, które mogłyby wystąpić w momencie gdy dwa lub więcej urządzeń wzajemnie przeciwdziałają wprowadzanym przez siebie zmianom.

Rezultaty badań pozwolą zwiększyć wiedzę dotyczącą parametrów pozwalających oszacować działanie systemu transferu czasu i częstotliwości, a także możliwych metod wykonania ich pomiarów. Co więcej, badania nad rozpraszaniem Brillouina pozwolą opracować efektywną metodę jego wczesnego wykrywania. Opracowane rozwiązania pomiarowe pozwolą na implementację nowej metody optymalizacji pracy łącza, bazującej na wykonywanym lokalnie oszacowaniu jakości jego działania, bez konieczności zapewnienia komunikacji między urządzeniami. Proponowane rozwiązanie zwiększy niezawodność systemów transferu czasu i częstotliwości poprzez zapewnienie możliwości przeprowadzenia optymalizacji w przypadku awarii lub niedostępności sieci zarządzającej.