

Wprowadzenie

Projekt IDEALIST został zaakceptowany do realizacji w ramach 7-go Programu Ramowego w okresie od listopada 2012 r. do października 2015 r. **Instytut Łączności - Państwowy Instytut Badawczy IŁ-PIB** przystąpił do projektu we współpracy z Politechniką Warszawską PW. Wspólna realizacja projektu przez IŁ-PIB i PW odbywa się zgodnie z zapisem Artykułu 7.3 umowy Grant Agreement (GA) projektu IDEALIST (przedstawionej w Załączniku nr 1 wniosku). Instytut Łączności jest **jednostką kategorii A** w/g oceny parametrycznej krajowych ośrodków naukowych, dokonanej przez MNiSW za lata 2005-2009.

Internet stanowi obecnie podstawowe medium wymiany informacji i jak pokazują szczegółowe analizy [CISCO], zapotrzebowanie pasma dla obsługi ruchu internetowego rośnie dramatycznie, z postępem na poziomie 30% w skali roku. Jednocześnie, przewidywane jest utrzymanie tego wzrostu, wynikające z udziału wymagających dużego pasma aplikacji (m.in. usługi video, jak też nowe aplikacje realizowane w "chmurach") oraz rozwoju szerokopasmowych sieci dostępowych (w tym światłowodowych). Oczekuje się, że swobodnemu (ze względu na miejsce i czas) dostępowi do zróżnicowanej treści i usług towarzyszyć będą dynamiczne zmiany w natężeniu ruchu w sieci. W wyniku tych czynników, wymagania stawiane przyszłym sieciom transportowym dotyczą szerokiego i różnorodnego zakresu pasma dla połączeń pomiędzy routerami IP, często wielokrotnie przekraczającego obecnie dostępne pojemności połączeń, z jednoczesną dynamiczną ich adaptacją [KM2013].

Technologia DWDM (ang. *dense wavelength division multiplexing*) stosowana obecnie w transportowych sieciach optycznych (tj. światłowodowych) już teraz stanowi ograniczenie dla wielu operatorów sieci, ze względu na limit pojemności (w większości systemów jest to max. 10Gbit/s x 80 kanałów). Doraźnym rozwiązaniem jest wprowadzenie transmisji 40Gbit/s i 100Gbit/s do istniejących sieci, jakkolwiek, już w niedalekiej przyszłości przewiduje się zapotrzebowanie na przepływność 400Gbit/s i 1Tbit/s. Tutaj ograniczeniem jest obecna technologia DWDM, której systemy działają w oparciu o stałą siatkę częstotliwości, zdefiniowaną w zaleceniu ITU-T [G.694.1], określającą zbiór kanałów transmisyjnych o stałym rozmiarze i odstępnie (zwykle 50GHz). Realizacja transmisji DWDM dla przepływności powyżej 100Gbit/s wymaga albo rozdzielania ruchu na mniejsze przepływności, z koniecznością zastosowania odpowiednio większej liczby transponderów, lub zwiększenia szerokości kanałów w siatce ITU, przy jednoczesnym zmniejszeniu ich liczby. Rozwiązania te są zarówno kosztowne jak i nieefektywne.

Głównym celem projektu IDEALIST jest opracowanie i skoordynowany rozwój innowacyjnych rozwiązań dla telekomunikacyjnych sieci transportowych zgodnych z nowymi, wymagającymi pasma aplikacjami (m.in. video 3D, chmury, etc.) w oparciu o **elastyczne sieci optyczne** (ang. *elastic optical networks*, EON) [J2009][G2012][W2012] wyposażone w wielodomenową i wielo-technologiczną płaszczyznę sterowania umożliwiającą adaptację sieci i współpracę usług. Wiodącą intencją projektu IDEALIST jest **standaryzacja i uprzemysłowienie** rozwiązań proponowanych dla sieci EON. Jakkolwiek, niektóre z kluczowych elementów wymaganych do realizacji EON, takich jak elementy przełączające działające w zakresie elastycznej siatki częstotliwości są już dostępne, w dalszym ciągu istnieje wiele otwartych zagadnień i wyzwań stojących na drodze przemysłowego wykorzystania EON.

Wartość naukowa projektu

W kontekście konieczności wprowadzenia zmian w infrastrukturze dzisiejszych sieci transportowych, w ostatnich 2-3 latach na świecie podjęto badanie jednej z najbardziej obiecujących, od czasu rozwoju technologii DWDM, koncepcji EON, która uwzględnia:

- realizację różnych przepływności bitowych w ramach jednej sieci;
- zastosowanie zaawansowanych formatów i technik modulacji (jak *m*-PSK, *m*-QAM, OFDM), w tym wykorzystanie elastycznych transponderów o zmiennej przepływności (ang. *bandwidth variable transponder*, BVT) z adaptacją poziomu modulacji;
- wykorzystanie elementów pozwalających na transmisję i komutację sygnałów optycznych w ramach elastycznej siatki częstotliwości (tzw. *flexgrid*) zamiast obecnej stosowanej sztywnej siatki DWDM.

W projekcie IDEALIST proponowana jest architektura sieci EON łącząca te technologie i spełniająca wymagania stawiane przyszłym sieciom szkieletowym dotyczące pojemności i dynamiki działania. Sieć taka zapewni: a) obniżenie całkowitych kosztów eksploatacji, b) wysoką skalowalność i elastyczność, c) gwarantowaną wydajność i żywotność, d) zwiększoną efektywność energetyczną.

Architektura IDEALIST (Rys. 1) jest oparta na czterech kluczowych i **innowacyjnych** elementach, które obecnie są niedostępne i które są tematem prac projektowych, w szczególności:

- **Płaszczyzna danych:** architektura węzła sieci i systemy transportowe umożliwiające elastyczną adaptację w zależności od warunków transmisyjnych w sieci oraz koncepcje komutacyjne dla przepływności powyżej 100 Gbit/s w kanale;
- **Płaszczyzna sterowania:** rozszerzenia protokołów dla płaszczyzny sterowania dla sieci elastycznych różnych producentów włączając elementy wielodomenowe i wielopłaszczyznowe;
- **Współpraca sieci i usług:** dynamiczna alokacja zasobów sieci zarówno na poziomie warstwy IP jak i w elastycznej warstwie optycznej zgodnie z profilem ruchu;
- **Projektowanie architektury sieci:** narzędzia służące wielowarstwowej optymalizacji w procesie planowania (offline) jak i re-optymalizacji podczas działania (online) sieci EON.

Rozwiązania IDEALIST proponowane dla architektury EON będą zaimplementowane, eksperymentalnie sprawdzone i zademonstrowane w postaci **prototypów narzędzi i urządzeń**.



Rysunek 1: Ogólna architektura elastycznej sieci optycznej proponowanej w projekcie IDEALIST.

Znaczenie prac badawczych dla rozwoju priorytetowych dziedzin nauki w Polsce

Elastyczne sieci optyczne, będące główną osią projektu IDEALIST, są obecnie najbardziej obiecującym i rozwijanym tematem badawczym dotyczącym sieci transportowych dla Internetu Przyszłości, tzn. sieci realizujących zagregowany transport ruchu IP. EON wzmacnia sieci transportowe następnej generacji poprzez bezprecedensową elastyczność i zdolność obsługi i współpracy z szerokim zakresem technologii sieciowych, zarówno przewodowych jak i komunikacji ruchomej. Dodatkowo, umożliwi on realizację nowych usług, jak przetwarzanie w chmurach, które będą rozwijane w ciągu najbliższych kilku lat i które będą wymagać ogromnej pojemności i elastyczności działania sieci.

Silny udział i współpraca głównych europejskich operatorów sieci i największych producentów sprzętu telekomunikacyjnego w ramach projektu IDEALIST (przedstawiony w Załączniku nr 3 wniosku), stwarza warunki do skoordynowanego rozwoju nowoczesnej technologii EON. Opracowane rozwiązania będą w przyszłości zastosowane w sieciach operatorów w naszym kraju. Stąd udział w pracach projektu przełoży się na rozwój infrastruktury Internetu Przyszłości w kraju.

Możliwości praktycznego wykorzystania pozyskanej wiedzy, umiejętności oraz technologii na szczeblu krajowym

Udział w projekcie IDEALIST rozszerza zakres badań prowadzonych przez IŁ-PIB w dziedzinie telekomunikacyjnych sieci światłowodowych o zagadnienia związane z technologią i projektowaniem elastycznych sieci optycznych (EON).

Dzięki temu, potencjał badawczy IŁ-PIB będzie obejmował cały zakres technologii światłowodowych, od aspektów związanych z tradycyjną technologią DWDM (nad którymi IŁ-PIB od wielu lat prowadzi prace badawcze) po obecnie dynamicznie rozwijaną architekturę i technologię EON, stanowiącą główny temat badań projektu IDEALIST. Jednocześnie, nasz kraj będzie brał czynny udział w innowacyjnych w skali światowej badaniach technologii elastycznych sieci światłowodowych, jak i będzie mógł efektywnie współpracować i konkurować na płaszczyźnie europejskiej w ramach zbliżającego się programu ramowego UE *Horizon 2020*. W ramach tego programu, zarówno technologie foniczne jak i infrastruktura i technologie dla Internetu Przyszłości są jednymi z pięciu głównych wiodących tematów badawczych w obszarze ICT (ang. *Information and Communication Technologies*) [H2020]. Także, zdobyte doświadczenie w projektowaniu sieci EON będzie mogło być wykorzystane w przyszłości do współpracy z krajowymi operatorami sieci, którzy będą stosować rozwiązania wypracowane w ramach projektu. Należy podkreślić, że tacy partnerzy projektowi jak: Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Ericsson, Cisco, należą do głównych producentów sprzętu telekomunikacyjnego na świecie.

W ramach projektu nie przewiduje się zakupu aparatury badawczej natomiast prace będą miały charakter zarówno analityczno-obliczeniowy, z wykorzystaniem komputerów, jak i implementacyjny w ramach prototypów urządzeń i narzędzi opracowanych we współpracy z pozostałymi partnerami projektu IDEALIST.

Literatura

- [CISCO] "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011-2016," May 2012: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
- [KM2013] M. Klinkowski et al., "Elastic Spectrum Allocation for Time-Varying Traffic in FlexGrid Optical Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2013. (w druku)
- [J2009] M. Jinno et al., "Spectrum-efficient and scalable elastic optical path network: Architecture, benefits, and enabling technologies," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 47, no. 11, pp. 66–73, 2009.
- [W2012] W. Wei et al., "Cognitive optical networks: Key drivers, enabling techniques, and adaptive bandwidth services," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 50, no. 1, pp. 106–113, 2012.
- [G.694.1] ITU-T Recommendation G.694.1, "Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid," June 2002.
- [G2012] O. Gerstel et al., "Elastic optical networking: A new dawn for the optical layer?" *IEEE Comm. Mag.*, vol. 50, no. 2, pp. 12–20, 2012.
- [H2020] Horizon 2020 The EU Framework Programme for Research and Innovation (2014 - 2020), <http://ec.europa.eu/research/horizon2020/>