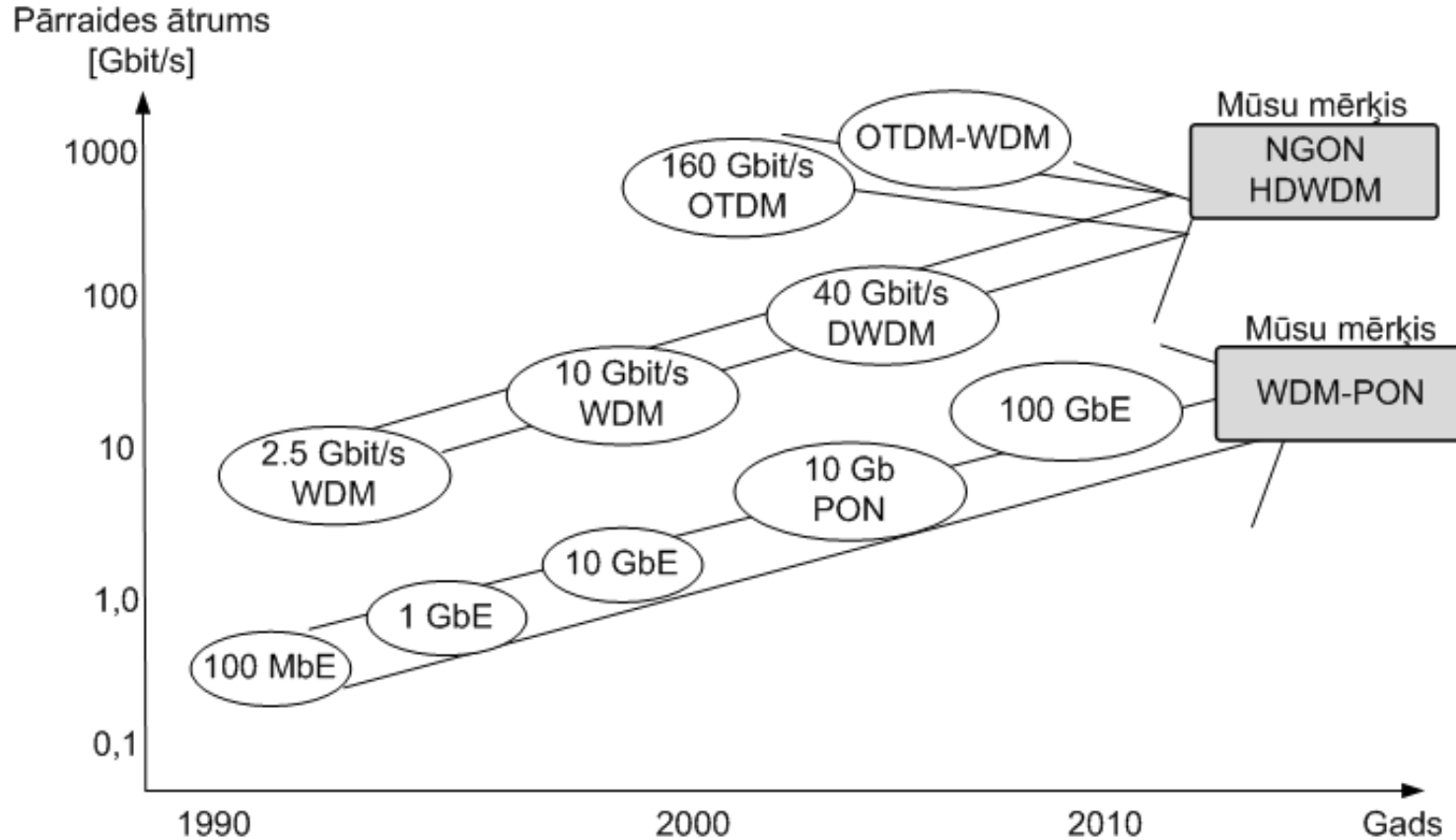


Rīgas Tehniskā universitāte

Telekomunikāciju institūts

"Nākošās paaudzes kombinēto optiski blīvēto sakaru sistēmu
ieviešanas izpēte"

Šķiedru optikas pārraides sistēmu attīstība



IEEE Communications Magazine, OPN Optics&Photonics News 2010

Šķiedru optikas pārraides sistēmu attīstība

Pirmā paaudze

(1960. - 1970. gadi)
daudzmodu optiska šķiedra,
850 nm diapazons,
45 Mbit/s pārraides ātrums

Otrā paaudze

(1970. - 1980. gadi)
Vienmodu optiska šķiedra
ITU G.652 standarts,
1300 nm diapazons,
1.7 Gbit/s pārraides ātrums

Trešā paaudze

(1980. - 1990. gadi)
Foto uztvērēju PIN un APD attīstība,
1550 nm diapazons,
2.5 Gbit/s pārraides ātrums

Ceturtā paaudze

(1990. - 2000. gadi)
EDFA pastiprināšanas tehnikas un lāzera
avota ārējas modulācijas izmantošana,
CWDM un DWDM attīstība,
10 Gbit/s pārraides ātrums kanālā

Piektā paaudze

(2000. – 2010. gadi)
RAMANA pastiprināšanas tehnikas
un jaunas modulācijas (PSK)
un kodēšanas formātu (NRZ, RZ un Duobinary) ieviešana,
HDWDM attīstība,
10 Gbit/s un 40 Gbit/s pārraides ātrums kanālā

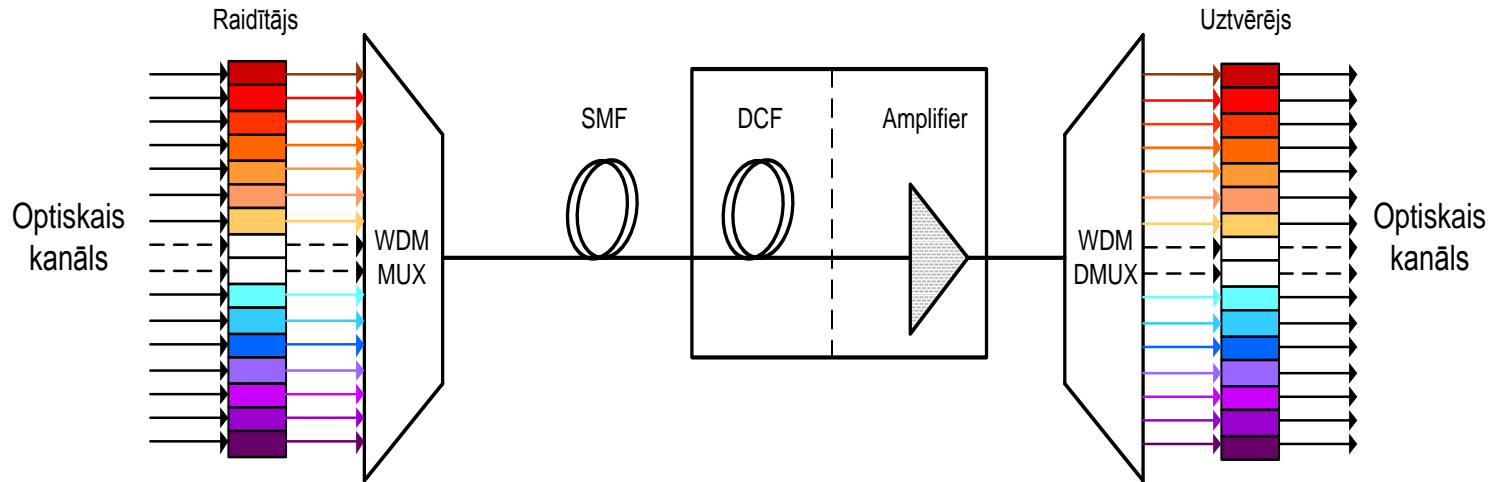
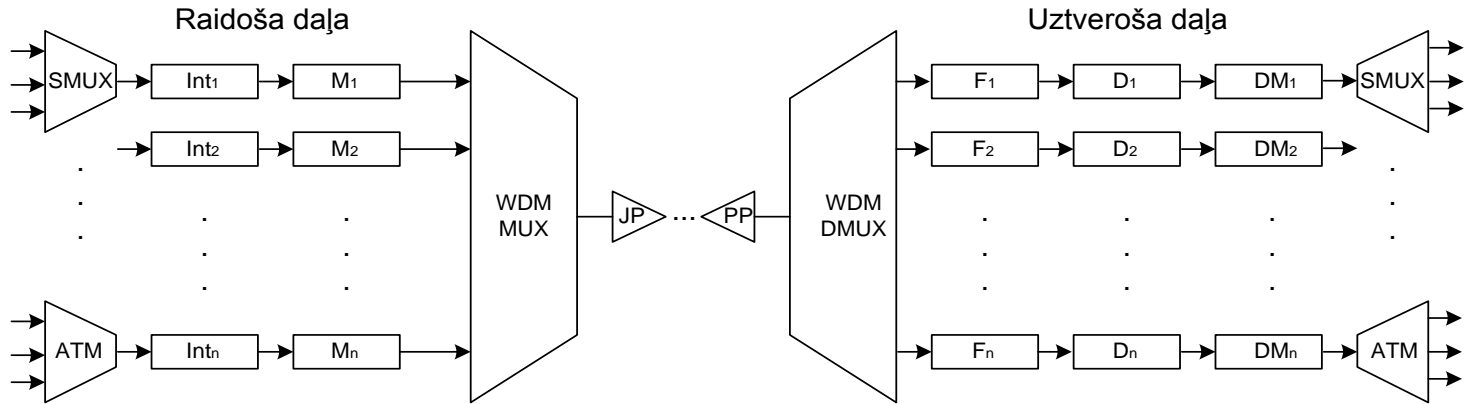
Sestā paaudze

(2010. - ... gadi)
OTDM attīstība,
WDM-PON attīstība,
OTDM-WDM radīšana,
160 Gbit/s kanālā

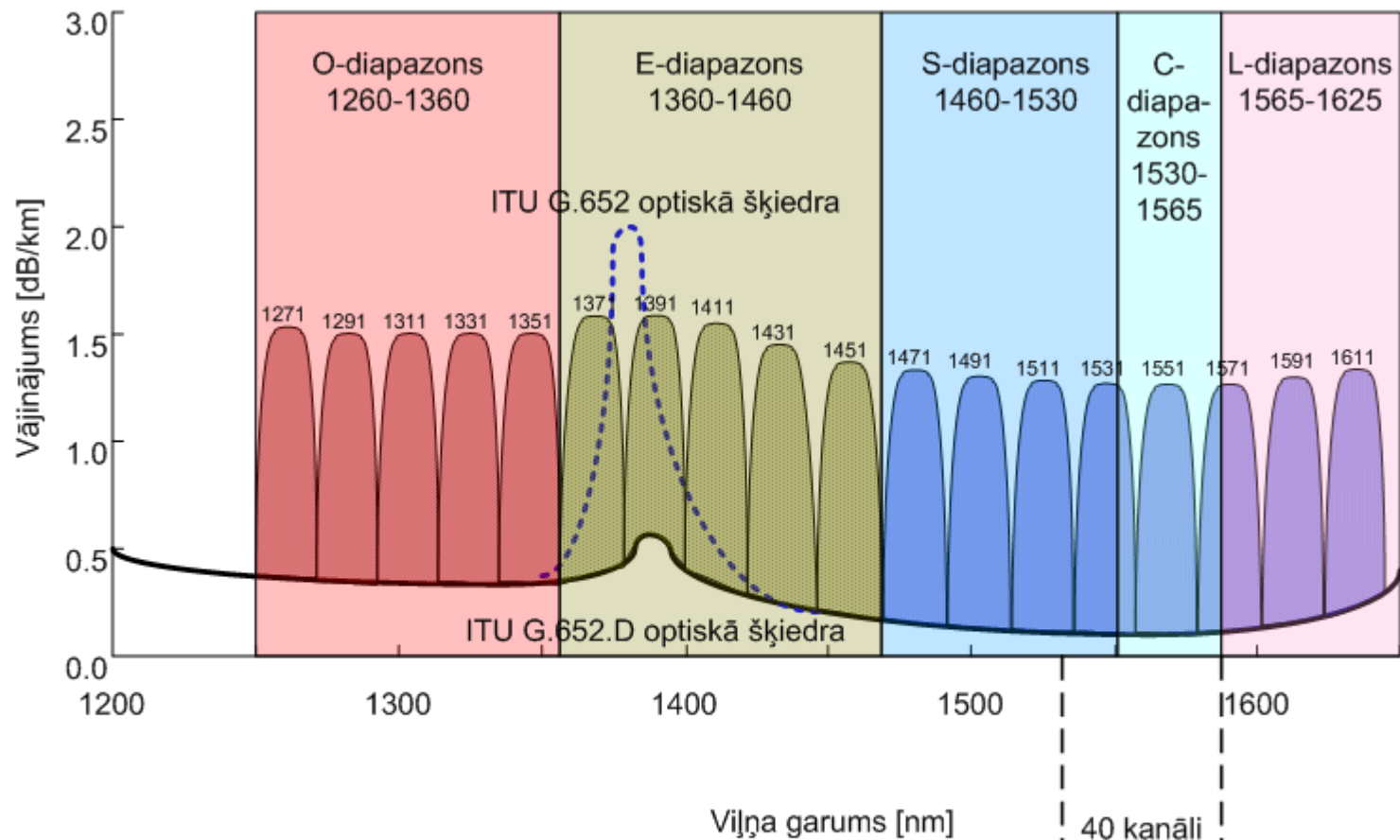
Komerčiālo ŠOPS risinājumu izmantošana pasaulē

IEEE Communications Magazine, OPN Optics&Photonics News 2010				
Informācijas pārraides tīkls	Pamattīkls	Lauku tīkls	Piekļuves tīkls	Starp savienošanas tīkls
Distance	> 100 km	10 km	Ap 20 km (ITU rekomendācija), parasti < 10 km	< 100 m
Lāzera tips	DFB	DFB, VCSEL	DFB vai Fabry-Perot	VCSEL
Viļņu garums	1550 nm centrālais ± 30 nm	1310 nm; 1550 nm	1310 nm; 1490 nm; 1550 nm	850 nm; 1310 nm
Modulācijas shēma	Ārēja	Ārēja vai iekšēja	Iekšēja	Iekšēja
Pārraides ātrums	10 Gbit/s	10 Gbit/s	< 2.5 Gbit/s	Atkarīgs no protokoliem
Multipleksēšanas shēma	DWDM vai CWDM	CWDM	WDM	Atkarīga no protokoliem

WDM sakaru sistēmas attīstība

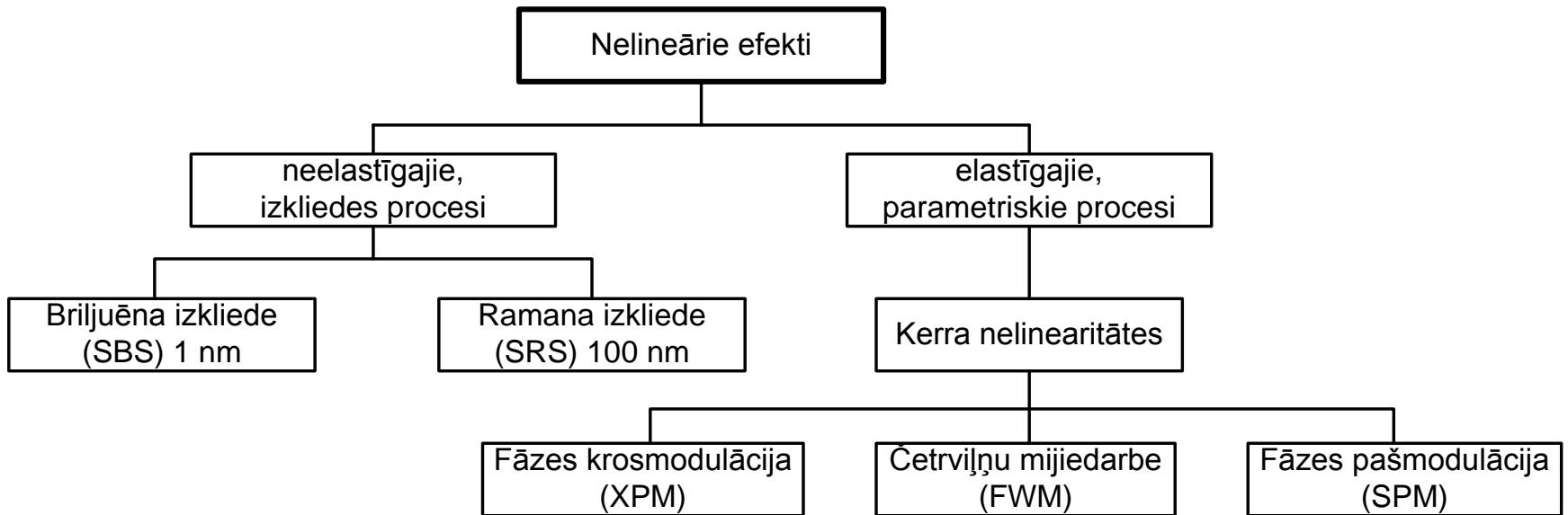


CWDM un DWDM sistēmas kanālu izvietojšanās spektrs



O – original (pamat),
 E – external (paplašināts),
 S – short (īss),
 C – conventional (parastais),
 L – long (tāls).

WDM sakaru sistēmās pārraides ātruma ierobežojošie faktori



$$\dot{\nabla} \dot{\Phi} + \left[G(n + n_0) \left(\frac{P}{S} \right) \right]^2 \bar{\Phi} + = 0$$

Projekta darba mērķi

1. Ātrdarbīgo optisko blīvēšanas sakaru sistēmu modulācijas metožu un elementu konstrukciju ar augstu drošuma pakāpi izveide OTDM-WDM sistēmās, izmantojot intensitātes modulācijas tehniku ar dažādu kodēšanas formātu vienlaicīgu pārraidi.
2. Dažādu tipu optisko šķiedru kā arī aktīvo un pasīvo komutācijas elementu pielietošanas novērtējums nākamās paaudzes optiskajos sakaros.
3. Optisko elementu klāstu optiskā signāla filtrēšanai un precīzai sazarošanai un dispersijas kompensēšanai izstrāde, ievērojot galvenos parametrus - intervāls starp kanāliem, datu plūsmas ātrums, kanāla jauda un līnijas garums.
4. Nākamās paaudzes optisko tīklu ieviešanas rekomendāciju izstrāde, pēc iespējas izmantojot eksistējošo ŠOPS infrastruktūru.

Projekta darba uzdevumi

1. Ar simulācijas programmas palīdzību izveidot WDM sakaru sistēmu, apvienojot NRZ, RZ un daudzlīmeņu Duobinary kodēšanas formātus, lai realizētu drošu nākošās paaudzes optiskās blīvēšanas pārraidi.
2. Izveidot 12.5 Gbit/s WDM sakaru sistēmas eksperimentālo maketu ar optiskā signāla NRZ kodēšanas formātu, izmantojot optiskos MZ modulātorus un augstfrekvenču vadības signālu ģeneratorus.
3. Salīdzināt simulācijas procesā iegūtos datus ar izveidotā maketa eksperimentālajiem rezultātiem un veikt raksturlīkņu analīzi.
4. Izpētīt un apkopot dažādu ražotāju optiskās šķiedras un pasīvos optiskos komutācijas elementus.
5. Izstrādāt piemērotāko šķiedras Brega režģa (FBG) modeli šaurjoslas filtra realizācijai WDM sakaru sistēmai.
6. Mainot WDM maketa parametrus, uzņemt aktīvo un pasīvo optisko elementu raksturlīknes atkarībā no kanālu skaita, pārraides ātruma un polarizācijas.

Projekta darba metodes

1. *Skaitliskā metode*

Tā realizēta ar simulācijas programmas palīdzību, risinot nelineāro diferenciālo vienādojumu sistēmu, novērtējot gala rezultātā sistēmas BER (kļūdaino bitu skaitu). Nākošās paaudzes WDM sakaru sistēmas realizācijai tiks izmantoti nelineārie Šrodingera vienādojumi (NLSE), kuri tiks risināti ar sadalītā soļa (Split-Step) Furjē metodi, bet pasīvo optisko komponentu (FBG) realizācijai – saistīto modu vienādojumi, kuri tiks risināti ar pārveides matricu metodes palīdzību. Tiks veikta ieejas un izejas signālu acu diagrammu analīze, jo tas ir visātrākais veids sistēmas kvalitātes novērtēšanai.

2. *Eksperimentālā metode*

Tiek balstīta gan uz maketa, gan arī uz reālo WDM sakaru sistēmu mērījumiem, izmantojot spektra mērījumus, jaudas mērījumus, dažādas dispersijas veidu mērījumus (hromatiska un polarizācijas modu dispersijas), signāla polarizācijas stāvokļa analīzi, kā arī BER mērīšanu ar acu diagrammu analizatoru. Maketa galvenie elementi būs augstfrekvenču elektrisko signālu ģenerators, elektro-optiskais MZ (Mach-Zehnder) pārveidotājs, pārskatājamie jaudīgi nepārtraukta starojuma lāzeri un līdz 80 km gara optiskā līnija.

Darba gaita/Projekta rezultāti

1. Ir nepieciešams projekta administrators ar juridisko izglītību un iepriekšējo pieredzi līdzīgu projektu vadīšanā;
2. Problēmas rada RTU un VIAA administratīvo uzskaites sistēmu daļēja nesakritība;
3. Ir uzkrāta pieredze par projektu administrēšanu un sadarbību ar VIAA, rezultātā ir iesniegti jauni projekti;
4. Ir labs un profesionāls atbalsts no VIAA puses, kas visu laiku pilnveidojas darba gaitā, liels paldies Līgai Purpišai un Antrai Mengelei;

Projekta rezultāti

1. Ir izveidots eksperimentālais kombinētais WDM sakaru sistēmas makets ar maināmiem elementu parametriem. Rezultātā ir iespējams adaptēt eksistējošas telekomunikāciju operatoru ŠOPS un veikt pētījumus par WDM sistēmas efektīvu modernizēšanu nākotnē.
2. Ir publicēts zinātniskais raksts „Investigation into the potentialities of quasi-rectangular optical filters in HDWDM systems” žurnālā „Latvian Journal of Physics and Technical Sciences”.
3. Ir publicēts zinātniskais raksts „Realization of HDWDM transmission system with minimal channel interval” žurnālā „International Journal of Physics”.
4. Ir publicēts zinātniskais raksts „Investigation of differnet modulation formats simultaneous transmission in WDM systems” žurnālā „Electronics and Electrical Engineering”.
5. Ir iegūts patents P-09-240 „Viļņgarumdales blīvēšanas sakaru sistēma ar šaurjoslas filtru”.
6. Ir aizstāvēta doktora disertācija „Starpkanālu intervāla analīze un novērtējums optiskajās sakaru sistēmās ar viļņgarumdales blīvēšanu”, autors Vjačeslavs Bobrovs.

Darba uzdevumi (īstenošanas stadijā)

1. Izveidot šaurjoslas optiskā filtra matemātisko modeli un pārbaudīt to ātrdarbīgajās HDWDM sakaru sistēmās, optisko signālu filtrēšanai un sazarošanai. Noteikt optiskā filtra nepieciešamos parametrus kvalitatīvai signālu filtrēšanai.
2. Novērtēt iespēju izmantot polarizācijas modulācijas tehniku ātrdarbīgajā līdz 40 Gbit/s HDWDM sakaru sistēmā.
3. Ar matemātiskās modelēšanas palīdzību izveidot HDWDM sakaru sistēmu ar optiskā signāla fāzes un polarizācijas modulācijas tehniku, lai realizētu drošu optiskās blīvēšanas pārraidi līdz 40 Gbit/s kanālā.
4. Kopā ar EMS centra zinātniekiem izpētīt ārējā elektromagnētiskā lauka ietekmi uz optiskā signāla fāzes un polarizācijas stāvokļiem ātrdarbīgajās HDWDM sistēmās.
5. Ar matemātisko modelēšanu palīdzību izveidot WDM-PON tīkla arhitektūru izmantojot lāzerus ar iekšējo un ārējo modulāciju ar ātrumu līdz 10 Gbit/s vienam abonentam.
6. Sadarbībā ar RTU TFI zinātniekiem eksperimentāli ar pikosekunžu lāzeru izpētīt jaunākās kausētā silīcija optiskās šķiedras un salīdzināt rezultātus iepriekš standarta vienmodu šķiedrās iegūtajiem rezultātiem.
7. Sadarbībā ar Daugavpils Universitātes G. Liberta Inovatīvās mikroskopijas centru zinātniekiem eksperimentāli ar femtosekunžu lāzeru izpētīt jaunākās kausētā silīcija optiskās šķiedras un salīdzināt rezultātus iepriekš standarta vienmodu šķiedrās iegūtajiem rezultātiem.
8. Izveidot eksperimentālo pētījumu shēmu optiskā signāla polarizācijas mērījumiem.

Darba uzdevumi (plānotie)

1. Izstrādāt elektro-optisko raidītāju ar iespēju mainīt pārraides ātrumu un centrālo viļņu garumu trešajā optiskajā logā. Pārbaudīt ierīces elektromagnētisko noturību EMS centrā. Kopā ar SAF
2. Eksperimentāli aprobēt izstrādāto elementu izveidotā WDM maketā, vienlaicīgi pārbaudot datus ar matemātisko modelēšanu. Rezultātā, realizēt HDWDM sakaru sistēmas drošu pārraidi, mainot starp kanālu frekvenču intervālu, pārraides ātrumu, līnijas garumu un kopīgo optisko budžetu. Patentēt rezultātus.
3. Kopā ar RTU TFI un LU Cietvielas Fizikas institūta zinātniekiem izstrādāt uz Brega režģa bāzes optisko elementu klāstu signālu filtrēšanai un sazarošanai atbilstoši šaurjoslas optiskā filtra matemātiskajam modelim.
4. Eksperimentāli aprobēt izstrādāto optisko filtru izveidotā HDWDM maketā, vienlaicīgi pārbaudot datus ar matemātisko modelēšanu. Patentēt rezultātus.
5. Pilnveidot izveidoto HDWDM sakaru sistēmas eksperimentālo maketu ar elektro-optiskajiem elementiem signāla fāzes un polarizācijas modulācijai.
6. Eksperimentāli TI ŠOPS laboratorijā aprobēt matemātiskas modelēšanas rezultātus izveidojot eksperimentālo WDM-PON maketu un realizēt „Triple-Play” pakalpojuma scenāriju pie dažādiem WDM plūsmas daudzumiem (CWDM, DWDM, HDWDM).
7. Izpētīt frekvences čirpa ietekme uz WDM-PON tīkliem izmantojot dažāda tipa ar iekšējo un ārējo modulāciju lāzerus un līdz 10 Gbit/s pārraides ātrumus. Novērtēt lineāro un nelineāro efektu ietekme uz WDM-PON tīkliem.

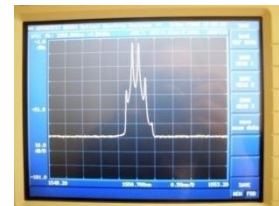
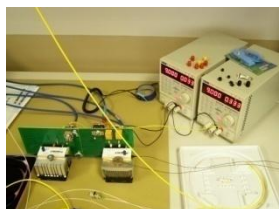
Plānota sadarbība

- ▶ Norwegian University of Science and Technology, Department of Electronics and Telecommunications, Electrooptics Group, Associate professor Astrid Aksnes, O.S. Bragstads plass 2a 7034 Trondheim, NORWAY.
- ▶ Technical University of Denmark, Department of Photonics Engineering, Ultra-Fast Optical Communication group, Associate Professor Christophe Peucheret, Ørsteds Plads 343 DK-2800 Kgs. Lyngby, DENMARK.
- ▶ ACREO - research company provide results within the field of electronics, optics and communication technology. Turning academic research into commercial applications, Acreo offers value-adding technology solutions for growth and competitiveness in industry and society, Jonas Mårtensson, Acreo AB, Electrum 236, SE-164 40 Kista, SWEDEN.

Plānotie projekti

- ▶ Central Baltic INTERREG IV A Programme 2007-2013: 15. decembrī 2010. gadā ir iesniegts projekts «Development of high capacity digital symmetrical communication application»
- ▶ FP7-2011-ICT FI Capacity Building and Infrastructure Support: 1. decembrī 2010. gadā ir iesniegts projekts «ShiFT-Sharing Infrastructure for the Future Internet»
- ▶ Latvia&Lithuania cross border cooperation programm 2007-2013: ir sagatavots projekta pieteikums «Stimulating of innovations in regional telecommunications and electronics industry by using the potential of tertiary education»

Telekomunikāciju institūta zinātniska laboratorija



Paldies par uzmanību!

