FONTE EID Research Bulletin
अनुसंधान बुलेटिन
Hindi Edition

संस्करण : ३ I दिनांक : १ अगस्त २०२० I https://fonte.astonphotonics.uk/

अनुसंधान का आधार

प्रकाशीय-तंतु संचार-तंत्र आधुनिक विश्व के दूर-संचार के बुनियादी ढांचे की रीढ़ हैं क्योंकि वे वैश्विक डेटा ट्रैफ़िक के अधिकतर अंश (99% से अधिक) को संचारित करते हैं। कई दशकों से दूर-संचार तकनीक की संचरण क्षमता को बढ़ाया गया परन्तु इंटरनेट ट्रैफ़िक में चल रही त्वरित वृद्धि, वर्तमान के दूर-संचार तकनीकों पर दबाव डाल रही है। अब यह व्यापक रूप से स्वीकार किया जाता है कि प्रकाशीय-तंतु में नॉनलीनियर विकृतियां, आधुनिक प्रकाशीय-तंतु संचार प्रणालियों को सीमित करने की प्रमुख कारक है। प्रकाशीय-तंतु माध्यम के नॉनलीनियर गुण पारंपरिक प्रेषण तकनीकों में सिग्नल पावर बढ़ाने कि क्षमता को सीमित करते हैं। वर्तमान में चलित अधिकांश प्रसारण तकनीकों को मूल रूप से लीनियर (वायरलेस) संचार चैनलों के लिए विकसित किया गया है। पिछले कई दशकों में, समग्र लीनियर संचार-प्रणालियों में सुधार और संशोधनों किये गए। इसके द्वारा डेटा दरों (संचरण क्षमता) में महत्वपूर्ण सुधार प्राप्त किए गए थे। हालांकि, इस बात के बहुत से प्रमाण हैं कि प्रकाशीय-तंतु की नॉन-लिनियॉरिटी के कारण यह चलन अगले दशक के भीतर समाप्त होने वाला है। सूचना के कोडिंग, प्रसारण और प्रोसेसिंग के लिए मौलिक रूप से भिन्न तरीकों की स्पष्ट आवश्यकता है, जो प्रकाशीय-तंतु के नॉन-लीनियर गुणों को ध्यान में रखते हैं। इसके लिए नॉन-लीनियर तरीकों और तकनीकों पर ज्ञान के साथ ऑप्टिकल संचार अभियंताओं और विशेषज्ञों की एक नई पीढ़ी की शिक्षा और प्रशिक्षण की आवश्यकता होती है।

यूरोपियन इंडस्ट्रियल डॉक्टरेट (ईआईडी) फोंटे का अनुसंधान नॉन-लीनियर तकनीकों के विकास और वर्तमान तकनीक की सीमाओं से परे एक नए प्रकाशीय-तंतु संचार-तंत्र को विकसित करने पर केंद्रित है। फोंटे कंसोर्टियम, जिसमें दुनिया के अग्रणी दूरसंचार केंद्र नोकिया बेल-लैब्स जर्मनी शामिल हैं, **पहले से ही नॉन-लीनियर फूरियर ट्रांसफॉर्म एनएफटी तकनीक** के विकास और व्यावहारिक संचार प्रणालियों में इसके कार्यान्वयन के लिए महत्वपूर्ण अभिनव कदम उठा रहा है।

यह **न्यूज़लेटर** हमारे शोध-छात्रों द्वारा उत्पादित हालिया वैज्ञानिक परिणामों पर ध्यान केंद्रित करता है।

उत्पादन

छात्रों द्वारा जर्नल पेपर्स
३

छात्रों द्वारा कांफ्रेंस पेपर्स
२

अनुसंधान डिलिवरेबल्स
१२

छात्रों द्वारा कांफ्रेंस वार्ता
३

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 766115

कार्य पैकेज १: नई एनएफटी ट्रांसमिशन विधियों का विकास

नेतृत्व-छात्र
ESR1: V. Neskorniuk

कार्य पैकेज १ संक्षेप में

कार्य पैकेज १, जो की एस्टन विश्वविद्यालय (प्रोफेसर एस टुरिट्सिन) के नेतृत्व में कार्यान्वित है, का उद्देश्य (औद्योगिक-भागीदार, नोकिया बेल-लैब्स की मदद से) एनएफटी-आधारित मॉड्यूलेशन और डिमोड्यूलेशन योजनाओं के डिजाइन पर केंद्रित है। इसके अलावा इन योजनाओं का व्यावहारिक दूर-संचार में एकीकरण करना भी एक उद्देश्य है।

प्रेरणा

यद्यपि एनएफटी पर आधारित कई संचार विधियां पहले से ही वैज्ञानिक-साहित्य में प्रस्तावित की गई हैं, प्रकाशीय तंतु संचार प्रणालियों में एनएफटी के व्यावहारिक उपयोग के लिए अत्यधिक शोध की आवश्यकता है। आज तक एनएफटी पर आधारित कोई भी व्यावसायिक उत्पाद कई अभियांत्रिक चुनौतियों के कारण मौजूद नहीं है। फोंटे, एनएफटी के अनूठे लाभों और वास्तविक दुनिया की बाधाओं को ध्यान में रखते हुए नए मॉड्यूलेशन, डिमॉड्यूलेशन और सिग्नल प्रोसेसिंग तकनीकों के डिजाइन का बीड़ा उठाएगी। कार्य पैकेज १ मौजूदा एनएफटी दृष्टिकोण, जो पहले से ही संघ/कंसोर्टियम के सदस्यों द्वारा स्थापित हैं, को बेहतर बनाने और अनुकूलित करने का प्रयास करता है ।

कार्य पैकेज १ में प्रगति का सारांश

कार्य पैकेज १ में मौजूदा एनएफटी स्पेक्ट्रम मॉड्यूलेशन तकनीकों की समीक्षा की गई है। हमने अनुमान लगाया कि निम्नलिखित दो विधियों में उच्चतम दक्षता प्रदान करने की क्षमता है: बी-मॉड्यूलेशन हमें सिग्नल की अवधि पर नियंत्रण प्राप्त करने की अनुमति देता है। आवधिक/पीरियाडिक एनएफटी जो सिग्नल प्रोसेसिंग और सिग्नल-शोर हस्तक्षेप में लाभ ला सकता है।

कार्य पैकेज १ के भीतर हमने एक नया डेटा-संचालित दृष्टिकोण, जो न्यूरल नेटवर्क (एनएन) -आधारित है, विकसित किया। यह दृष्टिकोण प्रकाशीय-तंतु लिंक में नॉन-लिनियरिटी (विशेष रूप से, उच्च नॉन-लिनियरीटी सीमाओं) में होने वाले दुष्प्रभावों का शमन करने के लिए कारगर है । हमने दिखाया कि एनएन न केवल प्रकाशीय-तंतु के प्रसार के दौरान होने वाली हानिकारक अशुद्धि क्षीणता को दूर करने में सक्षम है, बल्कि कम लागत वाली ट्रांसीवर के घटकों जैसे डिजिटल- टू-एनालॉग कनवर्टर और मॉड्यूलेटर के उपयोग से उत्पन्न होने वाली खामियां को भी दूर करता है।

कार्य पैकेज २: एनएफटी पर व्यावहारिक खामियों का प्रभाव

नेतृत्व-छात्र
ESR2: V. Bajaj

कार्य पैकेज २ संक्षेप में

कार्य पैकेज २ डेल्फ्ट तकनीकी विश्वविद्यालय (डॉ एस वाहल्स) के नेतृत्व में, एनएफटी पर यथार्थवादी खामियों के विश्लेषण से संबंधित है। कार्य पैकेज २ का मूल उद्देश्य इस विश्लेषण द्वारा अर्जित ज्ञान से मजबूत संख्यात्मक एनएफटी एल्गोरिदम, मॉडुलन प्रारूप और समीकरण तरीकों का विकास करना है।

प्रेरणा

आधुनिक प्रकाशीय-तंतु दूर-संचार तंत्र के ट्रांसमीटरों और रिसीवरों में अनेक प्रकार की कमियां है उदहारण के लिए, अनादर्श एम्पलीफिकेशन, भिन्न-प्रकृति के शोर, क्वान्टिजेशन के प्रभाव और प्रेषित संकेतो का मिश्रण। इन विभिन्न प्रकार के दोषों के कारण नॉन-लीनियर फॉरिएर ट्रांसफॉर्म (एनएफटी) पर होने वाले प्रभावों को अभी तक समझा नहीं गया है। इन दोषों के प्रभावों की जो समझ अब तक बनी है वो वर्तमान में चलित प्रकाशीय-तंतु दूर-संचार तंत्र तक ही सीमित है। नई पीढ़ी के ऐसे दूर-संचार तंत्र जो एनएफटी पर आधारित होंगे,वे वर्तमान में चलित दूर-संचार तंत्रो से बहुत अलग होंगे। ऐसे एनएफटी-आधारित दूर-संचार तंत्र को समझना इस प्रोजेक्ट का लक्ष्य है। कार्य-पैकेज २ का उद्देश्य एनएफटी-आधारित दूर-संचार तंत्रो पर होने वाले वास्तविक दुष्प्रभाओं को समझकर ऐसे शक्तिशाली संख्यात्मक अल्गोरिथमों, मॉडुलेशन प्रारूपों तथा संकेत प्रसंस्करण विधियों को विकसित करना है जो इन दुष्प्रभाओं के प्रति असवेंदनशील हो।

कार्य पैकेज २ में प्रगति का सारांश

नॉन-लीनियर विकृतियाँ वर्तमान प्रकाशीय-तंतु की दूर-संचरण क्षमता को सीमित करती हैं। गैर-पारंपरिक प्रेषण तकनीक पर आधारित, नॉन-लीनियर फूरियर ट्रांसफॉर्म (एनएफटी), इन विकृतियों को समझने के लिए एक दिलचस्प दृष्टिकोण देता है । एनएफटी-आधारित प्रेषण तकनीक, एक आदर्श दोषरहित प्रकाशीय-तंतु के नमूने पर आधारित है जबकि वास्तविक प्रकाशीय-तंतु में प्रचारित प्रकाश का क्षीण होता है। इस क्षीण के एनएफटी-आधारित तंत्रों पर होने वाले दुष्प्रभावों की जांच की गई। सतत प्रयासों द्वारा, प्रकाश के क्षीण को सम्मिलित कर एक नवीन एनएफटी आधारित दूर-संचार तंत्र को विकसित किया गया। इस नवीन तंत्र में एक संशोधित एनएफटी एवं डिस्पर्जन डिक्रीजिंग फाइबर (डीडीएफ) का उपयोग किया गया। एक आदर्श परिदृश्य में संशोधित एनएफटी एवं डीडीएफ का संलग्न उपयोग, प्रकाश के क्षीण जनित दुष्प्रभाव को पूरी तरह से दूर करता है। इस नए प्रस्तावित दूर-संचार तंत्र का सांख्यिकीक मूल्याङ्कन किया गया और परिणामों को समझा गया। जाँच के निष्कर्ष यह दर्शाते हैं कि नई प्रस्तावित तकनीक के उपयोग से वर्तमान के एनएफटी-तंत्रों में बहुत सुधार हो सकता है।

कार्य पैकेज ३: प्रकाशीय-तंतु चैनलों के लिए मशीन लर्निंग तकनीक

नेतृत्व-छात्र
ESR3: S. M. Ranzini

कार्य पैकेज ३ संक्षेप में

कार्य पैकेज ३ डेनमार्क तकनीकी विश्वविद्यालय (प्रो डी जिबर) के नेतृत्व में, एनएफटी-आधारित दूर-संचार तंत्रो के प्रदर्शन-निगरानी और चैनल आंकलन एल्गोरिदम के विकास पर केंद्रित है। सिस्टम ऑप्टिमाइज़ेशन के लिए मशीन लर्निंग और डेटा-संचालित मॉडल के टूल पर विचार किया जाएगा।

प्रेरणा

प्रकाशीय संचार प्रणालियों के मजबूत और विश्वसनीय संचालन को सुनिश्चित करने के लिए प्रकाश-सिग्नल के प्रदर्शन की निगरानी महत्वपूर्ण है। यह क्यू-फ़ैक्टर जैसे प्रसारण की गुणवत्ता का मात्रक प्रदान करता है, और बेहतर चैनल मापदंडों के अनुमान में मदद करता है। क्यू-फैक्टर प्रकाश सिग्नल-शोर-अनुपात (सिग्नल टू नॉइज़ रेश्यो) से संबंधित है और इसे ट्रांसमिशन लिंक के निगरानी बिंदुओं पर आंख-आरेखों (ऑय डायग्राम) को देखकर मापा जा सकता है। ये मुद्दे पारंपरिक तरंगों का उपयोग करने वाली प्रणालियों में अच्छी तरह से अध्ययन किए जाते हैं। हालांकि, यदि भविष्य के प्रकाशीय-तंतु दूर-संचार तंत्र अपरंपरागत तरंगों के साथ एनएफटी ट्रांसमिशन योजनाओं को नियोजित करने जा रहे हैं, तो क्यू-फैक्टर या ओएसएनआर जैसी मात्राओं को मापने के लिए एल्गोरिदम विकसित करना आवश्यक है। वर्तमान में, एनएफटी संकेतों में आंख-आरेखों से क्यू-फ़ैक्टर का अनुमान लगाने के लिए कोई ज्ञात विधि नहीं है। इसके अलावा, फॉरवर्ड और बैकवर्ड एनएफटी की गणना करने के लिए मापदंडों की आवश्यकता होती है। अतः संकेत-निर्भर गैर-गौसियन शोर की उपस्थिति में सटीक अनुमान देने वाले एल्गोरिदम की आवश्यकता है। मशीन लर्निंग इस कार्य में मदद कर सकता है।

कार्य पैकेज ३ में प्रगति का सारांश

शोध-छात्र ३ इंटेंसिटी मॉडुलेशन डायरेक्ट डिटेक्शन प्रणालियों के लिए ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक मशीन लर्निंग के आधार पर एक नया रिसीवर विकसित कर रहा है। ऑप्टिकल प्री-प्रोसेसिंग स्टेज ,निष्क्रिय ऑप्टिकल फिल्टर के उपयोग से, प्राप्त सिग्नल स्पेक्ट्रम को छोटे उप-बैंडों में विभाजित करता है और प्रत्येक बैंड को एक फोटो-डीटेक्टर द्वारा पता लगाया जाता है। डिजिटल पोस्ट-प्रोसेसिंग, मशीन लर्निंग की एक हालिया तकनीक पर आधारित है जिसे रिज़र्वोयर कंप्यूटिंग कहा जाता है। हमने 32-गीगा बॉड ओओके सिग्नल ट्रांसमिशन के लिए रिसीवर की क्षमता का प्रदर्शन किय। डिजिटल-मात्र तकनीकों के साथ तुलना में नई तकनीक ने सिग्नल को 10 किमी से बढाकर 40 किमी तक त्रुटिरहित पहुंचने में सहायता की, यह वृद्धि तुलनात्मक रूप से 400% तक की थी।

कार्य पैकेज ४: एनएफटी प्रौद्योगिकी के नेटवर्क अनुप्रयोग

नेतृत्व-छात्र
ESR4:A. Shahkarmi

कार्य पैकेज ४ संक्षेप में

टेलीकॉम पेरिसटेक (प्रो एम आई युसुफी) के नेतृत्व में, ऑप्टिकल फाइबर नेटवर्क के लिए एनएफटी आधारित नॉन-लीनियर फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीप्लेक्स सिस्टम के विकास पर केंद्रित है।

प्रेरणा

नॉन-लीनियर फ्रीक्वेंसी-डिवीजन मल्टीप्लेक्सिंग (एनएॅफ़डीएम) एकल और बहु-उपयोगकर्ता चैनलों पर लागू किया जा सकता है। वर्तमान सिमुलेशन और प्रयोग ज्यादातर पॉइंट-टू-पॉइंट ट्रांसमिशन तक सीमित हैं। हालांकि, एनएॅफ़डीएम का अधिक लाभ नेटवर्क में होता है, जहां कई ट्रांसमीटर और रिसीवर होते हैं। कार्य पैकेज ४ एनएफटी के नेटवर्क अनुप्रयोग के लिए समर्पित है। यह उद्योग भागीदार नोकिया बेल-लैब्स और वाणिज्यिक प्रणालियों के लिए सबसे अधिक प्रासंगिक मामला है।

कार्य पैकेज ४ में प्रगति का सारांश

प्रकाशीय तंतु चैनल की एंड-टू-एंड डीप-लर्निंग को हाल ही में उस सीमा को संबोधित करने का प्रस्ताव दिया गया है जो केर नॉनक्लियरिटी द्वारा प्रकाशीय-तंतु संचार प्रणालियों की संचरण दरों पर स्थापित है। यह समझना महत्वपूर्ण है कि यह दृष्टिकोण पारंपरिक तरीकों के साथ कैसे तुलना करता है। प्रकाशीय-तंतु चैनल को अनुमानित करने वाले एक न्यूरल नेटवर्क को डिजाइन करके, हमने एक छोटे पैमाने की प्रणाली के लिए इसका तुलनात्मक अध्ययन किया, जिसे हम वर्तमान में बड़े पैमाने की प्रणाली में विस्तारित कर रहे हैं। इसके अलावा, शोध-छात्र ने अपने पर्यवेक्षकों के साथ मिलकर प्रकाशीय-तंतु चैनल द्वारा शुरू की गई त्रुटियों से ट्रांसमीट सिग्नल की रक्षा में मदद करने के लिए रिप्रेजन्टेशन-लर्निंग और फीचर-ट्रांसफर आधारित तकनीक पर कुछ शोध किया।

कार्य पैकेज ५: प्रायोगिक कार्यान्वयन और एनएफटी प्रणालियों का परीक्षण

सभी छात्रों के संयोग से

NOKIA
Bell Labs

कार्य पैकेज ५ संक्षेप में

कार्य पैकेज ५, फोंटे इंडस्ट्रियल पार्टनर नोकिआ बेल-लैब्स (डॉ एच बुएलो) के नेतृत्व में, कार्य पैकेज १ - कार्य पैकेज ४ में विकसित एल्गोरिदम के प्रयोगात्मक प्रदर्शन, नई प्रणाली के डिजाइन और तकनीक, कार्यान्वयन और परिणामों के व्यावसायीकरण पर केंद्रित है।

प्रेरणा

फोंटे में शैक्षणिक भागीदार एनएफटी में दुनिया के अग्रणी विशेषज्ञ हैं। विशेषज्ञों का यह असाधारण समूह नोकिआ बेल-लैब्स को बहुत ही प्रारंभिक अवस्था में इंटेलेक्चुअल प्रॉपर्टी लाइसेंसिंग विकसित करने, और व्यावसायीकरण और उत्पाद विकास पर निर्णय लेने के लिए बहुत ही अच्छी तरह से स्थापित करता है।

कार्य पैकेज ५ में प्रगति का सारांश

उच्च गति वाले कोहेरेंट ऑप्टिकल ट्रांससीवर्स का प्रदर्शन उनके हार्डवेयर और विकृतियों से सीमित है। ट्रांस-रिसीवर्सों को उनकी अधिकतम क्षमता पर संचालित करने के लिए, हमें इनकी अवांछित विकृतियों को कम करना चाहिए। इस चुनौती को पार करने का एक लागत-प्रभावी तरीका डिजिटल प्री-डिस्टॉरशन (डीपीडी) तकनीकों का उपयोग है। शोधछात्र-२ ने एक न्यूरल नेटवर्क डीपीडी तकनीक की जांच की और प्रयोगशाला के भीतर प्रयोगों में पारंपरिक तरीकों की तुलना में ३ डेसीबल का सुधार दिखाया। शोधछात्र-३ ने मशीन लर्निंग तकनीकों के साथ ऑप्टिकल और डिजिटल डोमेन के बीच जटिलता को साझा करने के आधार पर एक नए ट्रांसीवर की जांच कर रहा है। नोकिआ बेल-लैब्स में प्रायोगिक विश्लेषण किया गया और डिजिटल-मात्र तकनीकों की तुलना में 800% की ट्रांसमिशन पहुंच हासिल की।

फोंटे प्रकाशन

WP1:

- D1.1 Review and optimization results for the NIS NFT-based systems
- D1.2 New modulation techniques for NFT systems
- D1.3 Numerical verification advanced modulation techniques

WP2:
- D2.1 Report on major impairments in NFT-based transmission
- D2.2 Software implementations of the developed robust NFT algorithms
- D2.3 Numerical and experimental validation of the robust modulation format
- V. Bajaj, S. Chimmalgi, V. Aref and S. Wahls, "*Exact NFDM Transmission in the Presence of Fiber-Loss*," in Journal of Lightwave Technology, vol. 38, no. 11, pp. 3051-3058, 1
  June 1, 2020, doi: 10.1109/JLT.2020.2984041

WP3:
- D3.1 Survey of machine learning algorithms for optical performance monitoring
- D3.2 System identification and parameter estimation
- D3.3 Performance analysis of monitoring techniques based on machine learning
- Francesco Da Ros, Stenio M. Ranzini, Henning Bülow, & Darko Zibar. (2020). *"Reservoir-computing based equalization with optical pre-processing for short-reach optical transmission."* http://doi.org/10.1109/JSTQE.2020.2975607
- Ranzini, S.M.; Da Ros, F.; Bülow, H.; Zibar, D. *"Tunable Optoelectronic Chromatic Dispersion Compensation Based on Machine Learning for Short-Reach Transmission."* Appl. Sci. 2019, 9, 4332

WP4:
- D4.1 Principles of linear and nonlinear frequency-division multiplexing
- D4.2 Multi-user communication and information theory

WP5
- D5.1 Transmission regime definition and plan of experiments
- D5.2 Experimental transmissions of NFT-based systems, including (1) the NFDM systems and (2) the nonlinear inverse synthesis systems