

# OPTIPUSH

Optical Pulse Shaping for power efficient transmission

|                                 |   |                        |               |
|---------------------------------|---|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | ASAP, ASAP, ASAP 17. Ausschreibung (2020)                               | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.07.2021  | <b>Projektende</b>     | 31.03.2023    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2021 - 2023   | <b>Projektlaufzeit</b> | 21 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | optical satellite communication, power efficient, low operational point |                        |               |

## Projektbeschreibung

Ausgangssituation: Der Bandbreitenbedarf in der Satellitenkommunikation steigt von Jahr zu Jahr und wird einerseits limitiert durch die verfügbaren Spektren als auch durch die Leistungsgrenzen der Satelliten. Hier kann die optische Kommunikation sehr gut entlasten und wird im vermehrten Maße im Bereich Satellit zu Satellit aber auch bei der Verbindung Satellit zu Boden eingesetzt. Optische Transmitter und Receiver sind leichter, kleiner und benötigen weniger Leistung als die klassischen Radio-Übertragungsverfahren. Moduliert werden die Laserstrahlen typischerweise mit unipolaren NRZ-OOK (Non-Return-to-Zero, On-Off Keying) Signalen, die einen sehr hohen Bandbreitenbedarf verursachen und auch die eingesetzte Energie nicht optimal nutzen. Des Weiteren führt eine daraus folgend nicht effiziente Synchronisation im Receiver zu einem Arbeitspunkt weit weg vom Optimum. Bandbreiten-limitierte Übertragung und entsprechende Synchronisations-Algorithmen im Empfänger hilft einerseits mehr Träger im Spektrum zu verwenden als auch mit weniger Energie die gleiche Übertragungskapazität zu erhalten.

Innovationsgehalt:

Wir schlagen in diesem Projekt vor, mittels Analyse, Simulation als auch mit einem eigenen Testbed zu verifizieren, ob ein bandbreitenbegrenzter Puls mit weniger Energie als ein Rechteckpuls auskommt bei der gleichen Datenrate. Wichtig ist in diesem Zusammenhang nicht nur die Transmission, sondern auch neu entwickelte Synchronisationsalgorithmen, die eine effiziente Demodulation und Dekodierung des Signals nahe der optimalen Kanalkapazität erst möglich machen. Dies würde einen sehr großen Schritt in der optischen Nachrichtentechnik darstellen, weil so die Flug-Hardware weniger Leistungs-Ressourcen als herkömmliche Übertragungen brauchen würden und auch weniger Bandbreite verwendet würde. Multi-Carrier-Systeme sind so effizienter möglich. Wir werden auch untersuchen, welche Bedingungen für geeignete Pulsformen notwendig sind und werden leistungsfähige Algorithmen zur Parameterschätzung und Synchronisation in optischen Satellitenempfängern entwickeln. Darüber hinaus wird mit den kontrollierten Amplitudenintensitäten auch eine Auswahl an Modulationsarten (PAM) gegeben, die sich dann in weiterer Hinsicht für adaptive Modulations- und Codierverfahren (ACM) einsetzen lassen.

Angestrebte Ergebnisse: Mittels Analyse, Simulation und Verifikation mit Testbed werden wir überprüfen, ob die entwickelten Algorithmen für die Strecke Satellit zu Satellit als auch Satellit zu Boden einsatzbar sind. Wir werden ebenso untersuchen, wie stark die spektrale Effizienz mit Hilfe adaptiver Modulations- und Codierverfahren (ACM) auf optischen Satellitenstrecken zu erhöhen ist. Ziel ist es, bei einer erfolgreichen Verifikation die Algorithmen und das Prinzip der bandbegrenzten optischen

Übertragung mit einem Patent zu schützen und den Standardisierungsgremien von ESA (CCSDS) als auch der Industrie anzubieten.

## **Abstract**

### Motivation and background

The demand for bandwidth in satellite communications increases year after year and is limited by the available spectra as well as the performance limits of satellites. Optical communications can take the strain off the ground here and is being used to an increasing extent in the satellite-to-satellite as well as satellite-to-ground communication. Optical transmitters and receivers are lighter, smaller and require less power than traditional radio transmission techniques. The laser beams are typically modulated with unipolar NRZ-OOK (Non-Return-to-Zero, On-Off Keying) signals that require theoretically unlimited bandwidth and also do not make optimal use of the energy applied. This fact results in a not efficient synchronization in the receiver and to an operational point away from the optimum. Bandwidth-limited transmission helps both to use more carriers in the spectrum and to obtain the same transmission capacity with less energy.

### Innovation potential

In this project, we propose to use analysis, simulation and an optical test bed to verify whether a bandwidth-limited pulse uses less energy than a rectangular pulse at the same data rate. In this context, it is not only the transmission that is important, but also new Synchronization algorithms, which allow an efficient demodulation and decoding of the signal and therefore an operational point close to the channel capacity. This would represent a very big step in optical communications because the flight hardware would use less power resources than conventional transmissions and less bandwidth would be used. Multi-carrier systems are thus feasible more efficiently. We will also investigate which conditions are necessary for suitable pulse shapes and we will develop powerful algorithms for parameter estimation and synchronization in optical satellite receivers. In addition, with the controlled amplitude intensities, a selection of modulation types (PAM) is given, which can then be used in further respects for adaptive coding and modulation methods (ACM).

### Expected Results

With the analysis, simulation and verification in the test bed, we will check whether the algorithms developed can be used for the satellite-to-satellite and satellite-to-ground communication. We will also investigate how much the spectral efficiency of optical satellite links can be increased by means of adaptive coding and modulation (ACM) methods.

In the event of a successful verification, the aim is to protect the algorithms and the principle of band-limited optical transmission with a patent and offer them to the standardization bodies of ESA (CCSDS) as well as to industry.

## **Projektkoordinator**

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

## **Projektpartner**

- Technische Universität Graz