

SatComScope

Adaptive Optics for Satellite Communication with Ground-based Telescopes

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP 12. Ausschreibung (2015)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.07.2016	Projektende	30.06.2019
Zeitraum	2016 - 2019	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	adaptive optics, mechatronics, optical ground station		

Projektbeschreibung

Satelliten zur Erdbeobachtung, beispielsweise ESAs Sentinel Satelliten, zeichnen mit hochauflösenden Detektoren große Datenmengen auf. Diese Daten müssen vom Satelliten an eine Bodenstation übertragen werden. Derzeit wird dies über eine Funkübertragung gelöst, wobei die Datenrate pro Kanal auf etwa 10 Gbit/s limitiert ist und Lizenzen für das, zusehends überfüllte, Frequenzspektrum benötigt werden. Optische Freiraumübertragung (FSO) hingegen benötigt kein lizenziertes Frequenzspektrum, wurde bereits mit zur Funkübertragung vergleichbaren Down-Link-Raten demonstriert und birgt das Potential für Datenraten von 120 Gbit/s und mehr. Zusätzlich bietet FSO weitere Vorteile wie reduzierter Energieverbrauch am Satelliten (Sender) sowie geringere Massen als Funkssysteme. FSO stellt somit eine für zukünftige Satellitenmissionen unverzichtbare Technologie dar.

Eine der größten Herausforderung in der Umsetzung von FSO zur Satellitenkommunikation sind atmosphärische Aberrationen, welche die Signalqualität signifikant reduzieren. Dieses Problem kann jedoch effizient durch den Einsatz von adaptiver Optik (AO) gelöst werden. High-end astronomische Teleskope, wie das E-ELT, benützen komplexe AO-Systeme mit hunderten Aktuatoren, um die Bildqualität zu verbessern, wobei AO sein Potential schon eindrücklich unter Beweis gestellt hat. Derzeit steht AO an der Schwelle auch in anderen Bereichen eingesetzt zu werden, wie der Mikroskopie sowie in mittelgroßen und kleineren Teleskopen für den kommerziellen und privaten Sektor. In FSO ermöglichen AO-Systeme ein verbessertes Fokussieren des empfangenen Signals auf den Detektor und erhöhen so die Intensität und reduzieren Szintillation, wodurch die Bit Error Rate (BER) verbessert wird.

Das vorliegende Projekt zielt auf die Entwicklung und Integration von AO-Systemen in die Teleskope des Industriepartners, ASA Astrosysteme GmbH, ab. Dabei soll durch ein integriertes mechatronisches Systemdesign sowohl eine hohe Bandbreite als auch eine kosteneffiziente Lösung, bevorzugt mit OEM-Komponenten, erzielt werden. Dieses Ziel wird durch eine optimale Systemintegration erreicht, welche insbesondere das Zusammenspiel der Systemkomponenten, den vorherrschenden Systemanforderungen sowie des Echtzeit-Regelungssystems berücksichtigt. Dies ermöglicht ASA, ihr Produktportfolio und Marktposition auf diesen neuen und aufstrebenden Markt für FSO Satellitenkommunikation zu erweitern. Somit werden die österreichische High-Tech Industrie, insbesondere die Region Mühlviertel, gestärkt und neue, hochwertige Arbeitsplätze in Österreich geschaffen.

Satelliten zur Erdbeobachtung, beispielsweise ESAs Sentinel Satelliten, zeichnen mit hochauflösenden Detektoren große Datenmengen auf. Diese Daten müssen vom Satelliten an eine Bodenstation übertragen werden. Derzeit wird dies über eine Funkübertragung gelöst, wobei die Datenrate pro Kanal auf etwa 10 Gbit/s limitiert ist und Lizenzen für das, zusehends überfüllte, Frequenzspektrum benötigt werden. Optische Freiraumübertragung (FSO) hingegen benötigt kein lizenziertes Frequenzspektrum, wurde bereits mit zur Funkübertragung vergleichbaren Down-Link-Raten demonstriert und birgt das Potential für Datenraten von 120 Gbit/s und mehr. Zusätzlich bietet FSO weitere Vorteile wie reduzierter Energieverbrauch am Satelliten (Sender) sowie geringere Massen als Funksysteme. FSO stellt somit eine für zukünftige Satellitenmissionen unverzichtbare Technologie dar.

Eine der größten Herausforderung in der Umsetzung von FSO zur Satellitenkommunikation sind atmosphärische Aberrationen, welche die Signalqualität signifikant reduzieren. Dieses Problem kann jedoch effizient durch den Einsatz von adaptiver Optik (AO) gelöst werden. High-end astronomische Teleskope, wie das E-ELT, benützen komplexe AO-Systeme mit hunderten Aktuatoren, um die Bildqualität zu verbessern, wobei AO sein Potential schon eindrücklich unter Beweis gestellt hat. Derzeit steht AO an der Schwelle auch in anderen Bereichen eingesetzt zu werden, wie der Mikroskopie sowie in mittelgroßen und kleineren Teleskopen für den kommerziellen und privaten Sektor. In FSO ermöglichen AO-Systeme ein verbessertes Fokussieren des empfangenen Signals auf den Detektor und erhöhen so die Intensität und reduzieren Szintillation, wodurch die Bit Error Rate (BER) verbessert wird.

Das vorliegende Projekt zielt auf die Entwicklung und Integration von AO-Systemen in die Teleskope des Industriepartners, ASA Astrosysteme GmbH, ab. Dabei soll durch ein integriertes mechatronisches Systemdesign sowohl eine hohe Bandbreite als auch eine kosteneffiziente Lösung, bevorzugt mit OEM-Komponenten, erzielt werden. Dieses Ziel wird durch eine optimale Systemintegration erreicht, welche insbesondere das Zusammenspiel der Systemkomponenten, den vorherrschenden Systemanforderungen sowie des Echtzeit-Regelungssystems berücksichtigt. Dies ermöglicht ASA, ihr Produktportfolio und Marktposition auf diesen neuen und aufstrebenden Markt für FSO Satellitenkommunikation zu erweitern. Somit werden die österreichische High-Tech Industrie, insbesondere die Region Mühlviertel, gestärkt und neue, hochwertige Arbeitsplätze in Österreich geschaffen.

Das resultierende Teleskopsystem wird einen stabileren Laserlink zwischen Satelliten und der vorgeschlagenen optischer Bodenstation ermöglichen. Dieser Laserlink soll für FSO eingesetzt werden, um bisher unerreichte Datenübertragungsraten zu ermöglichen. Zusätzlich kann ohne Lizenzierung von Frequenzbändern gearbeitet werden, und der Energieverbrauch am Satelliten wird reduziert.

Abstract

Satellites for earth observation, such as the Sentinel satellites in ESA's Copernicus program, collect a lot of data by their high resolution detectors. This data has to be down-linked from these satellites to ground stations. At the moment this is done by radio frequency (RF) communication, which is limited to 10 Gbit/s per channel and requires licensed frequencies. Recently free space optical (FSO) communication has the potential to increase the data rate to more than 120 Gbit/s and has been proven with satellites. Furthermore FSO requires no licensed frequencies and offers the advantage of reduced mass and energy consumption of the emitter at the satellite. Therefore, this technology has a huge potential for future satellite communication.

One of the major challenges of FSO satellite communication is turbulence mitigation, which is most effectively done using adaptive optics (AO). High-end telescopes for astronomy, like the E-ELT, use complex AO-systems with hundreds of actuators to increase resolution and make faint stars look brighter. AO is an active research area that has proven its potential, particularly on big telescopes, and is on the verge of entering also other domains, such as medical diagnostics or mid-sized and smaller telescopes for the commercial and private sector. In FSO communication, AO systems enable to better focus the laser beam onto the detector to decrease spot size, increase the intensity at the detector and reduce scintillation, thereby reducing the bit error rate (BER).

The proposed project aims at the development and integration of a tailored AO-system for the telescopes of the industrial partner, ASA Astrosysteme GmbH. By an integrated mechatronic system design the aim is to realize both a high bandwidth AO system as well as a cost effective solution, preferably using commercially available components. This will be achieved by optimal system integration, which takes the interplay between the system requirements, the properties of the individual components, and the real-time control system into account. In the future, this project will enable ASA to extend their product portfolio and position them internationally in a leading role for the new and currently upcoming market for commercial FSO satellite communication. This will have a positive effect for the company as well as the Austrian high-tech sector, employment and economy.

The resulting telescope system will enable to establish a more stable laser link between corresponding satellite and the optical ground station. This will enable to utilize this laser link for FSO satellite communication at unprecedented data rates.

One of the challenges of FSO satellite communication, however, is turbulence mitigation, which is most effectively done using adaptive optics (AO). High-end telescopes for astronomy, like the E-ELT, use complex AO-systems with hundreds of actuators to increase resolution and make faint stars look brighter. AO is an active research area that has proven its potential, particularly on large telescopes, and is on the verge of entering also other domains, such as medicine or mid-sized and smaller telescopes for the commercial and private sector. In FSO satellite communication AO systems enable to better focus the laser beam onto the detector to decrease spot size, increase the intensity at the detector and reduce scintillation, thereby reducing the bit error rate (BER).

The proposed project aims at the development and integration of a tailored AO-system for the telescopes of the industrial partner, ASA Astrosysteme GmbH. By an integrated mechatronic system design the aim is to realize both a high bandwidth AO system as well as a cost effective solution, preferably using commercially available components. This will be achieved by optimal system integration that takes the interplay between the system requirements, components, and the real-time control system into account. In the future, this project will enable ASA to extend their product portfolio and position them internationally in a leading role for the new and currently upcoming market of commercial FSO satellite communication. This will have a positive effect for the company as well as the Austrian high-tech sector, employment and economy.

The resulting telescope system will enable to establish a more stable laser link between corresponding satellite and the developed optical ground station. This will enable to utilize this laser link for FSO satellite communication at unprecedented data rates while reducing energy consumption of the emitter at the satellite and working at optical frequencies that do not require licensing.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik (ACIN)

Projektpartner

- ASA Astrosysteme GmbH