

## ESTIMATION

Enhancing Satellite Geodesy Using Mega Constellations

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Weltraum, Weltraum, ASAP Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.06.2023	<b>Projektende</b>	30.11.2024
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2024	<b>Projektlaufzeit</b>	18 Monate
<b>Keywords</b>	Geodesy, SSA, Satellite Geodesy, LEO-PNT, Orbit determination		

### Projektbeschreibung

Die als „New Space“ bezeichnete Kommerzialisierung des Weltraumsektors ist geprägt von wachsenden Investitionen privater Akteure, neuen Geschäftsmodellen und Beschaffungsansätzen. Die Transformation des Weltraumsektors hat zu dem Trend geführt, kleinere Satelliten zu bauen, zu starten und zu betreiben, und führt zu einem schnelleren und flexibleren Einsatz von Satelliten. Anstatt wenige, komplexe, große und teure Satelliten zu starten, geht der Trend zum Einsatz großer Mengen kleinerer und kostengünstigerer Satelliten, die in Low Earth Orbit fliegen. Um eine globale Abdeckung mit LEOs bereitzustellen, ist eine große Anzahl von Satelliten erforderlich; daher werden Mega-Konstellationen verwendet. Solche zeigen derzeit ihr Potenzial im Kommunikationsbereich. Die prominentesten Vertreter sind Starlink, OneWeb, Amazon Kuiper, Iridium next.

Der größte Nachteil aus Sicht der Satellitengeodäsie (SG) besteht darin, dass, obwohl sich Tausende von Satelliten im Orbit befinden und ihre übertragene Signalleistung viel höher als GNSS ist, ihre Signale für Kommunikationszwecke ausgelegt sind und keine Entfernungsmessung oder genaue Bahndaten vorhanden sind. Sie konzentrieren sich auf die Bereitstellung von hohen Bandbreiten. Jüngste Forschungen untersuchten jedoch die unbekanntenen Kommunikationssignale und zeigten, dass solche Signale verwendet werden könnten, um Pseudoentfernungs- und Doppler-Messungen zu erzeugen. Ein solches Verständnis des Signals ist wesentlich für die Bemühungen, die darauf abzielen, diese Signale auch für SG Zwecke zu verwenden.

Kürzlich begannen Forscher, potenzielle Nicht-Telekommunikationsanwendungen dieser Megakonstellationen zu untersuchen, da sie ein enormes Potenzial in SG haben, insbesondere in Bezug auf Navigation, globale Überwachung der Erde, Verbesserung der Weltraumbeobachtung sowie andere geodätische Anwendungen. Durch den Einsatz von Megakonstellationen im Bereich PNT kann die Verfügbarkeit sowie Robustheit insbesondere in anspruchsvollen Umgebungen deutlich verbessert werden, indem zahlreiche Beobachtungen gleichzeitig zur Verfügung stehen. Da die von diesen Kommunikationssatelliten ausgesendeten Signale wesentlich stärker sind als GNSS-Signale, kann auch eine Erhöhung der Robustheit gegenüber Störungen erreicht werden. Sie könnten auch als Backup oder Alternative zu GNSS verwendet werden. Bei wiss. Anwendungen können solche Mega-Konstellationen wertvolle Informationen für Weltraumwetter, Variationen des Erdschwerefelds, Modellierung der Ionosphäre oder Warnungen bei Weltraumschrott liefern.

Um von solchen kommerziellen Mega-Konstellationen zu profitieren, ist folglich wissenschaftliche Forschung erforderlich, nicht nur um präzise Messungen auf der Grundlage des Kommunikationssignals zu erhalten, sondern auch um genaue

Umlaufbahnen zu untersuchen und abzuschätzen. Innerhalb dieser Aktivität werden beide Forschungsfelder angesprochen, um die Möglichkeiten und Vorteile von Mega-Konstellationen im Bereich SG zu erschließen.

## **Abstract**

The commercialization of the space sector, referred to as "New Space", is characterized by growing investments on the part of private actors, new business models and procurement approaches. This transformation of the space sector has led to the trend of building, launching and operating smaller satellites and results in a faster and more flexible deployment of satellites. In recent years, instead of launching few, complex, large, and expensive satellites, the trend is towards the deployment of large amounts of smaller, simpler, and less expensive satellites flying in LEO. To provide global coverage using LEOs large number of satellites are required; thus, satellite mega constellations are used. Mega constellations are currently showing their potential in the communication field. The most prominent representatives are Starlink, OneWeb, Amazon Kuiper, Iridium next.

The biggest drawback, from the satellite geodesy (SG) point of view, is that although thousands of satellites are in orbit and their transmitted signal power is much higher than GNSS, their signals are designed for communication purposes and no ranging or precise orbit information is available. They are mainly focusing on providing high data communication bandwidths. However, recent research, investigated the unknown communication signals, and revealed that, such signals could be used to generate pseudorange and Doppler measurements. Such an understanding of the signal is essential to emerging efforts that seek to dual-purpose mega constellation signals for SG.

Recently researchers began to study potential non-telecommunication applications of these mega constellations, because they do have a huge potential in SG, especially in positioning, navigation and timing, global monitoring of Earth, enhancing space observation as well as other geodetic applications. By using mega constellations in the field of position, navigation and timing the availability as well as robustness can be significantly improved, especially in challenging environments, by having numerous observations simultaneously available. Since the signals, emitted from those communication satellites, are thousand times stronger than GNSS signals, an increase in robustness against interference can be achieved. They also could be used as a back-up or alternate to GNSS. In case of scientific applications such mega constellations can provide valuable information for space weather, variations of the Earth's gravity field, ionospheric modelling, or early warning in case of space debris.

Consequently, to benefit from such commercial mega constellations, scientific research is necessary, not only to obtain precise measurements based on the communication signal, but also to investigate and estimate precise orbits. Within this activity both research fields will be addressed to access the possibilities and advantages of mega constellations in the field of SG.

## **Endberichtkurzfassung**

Im Projekt ESTIMATION konnte ein grundlegendes, fundamentales Wissen und eine dazugehörige Datengrundlage zur Analyse von Starlink Signalen für die Positionierung gewonnen werden. Im Bereich der Hardware wurde ein Setup entwickelt, welches die Aufzeichnung eines OFDM Channel mit bis zu 100 MHz Bandbreite ermöglicht. Auf Seiten der Software wurde einerseits eine vielschichtige Analyse von Orbitprädiktionen und der Prozessierung von öffentlich zugänglichen TLEs durchgeführt, als auch eine Analyse der aufgezeichneten Signale. Hierbei konnten aus den enthaltenen unmodulierten Tönen Dopplerwerte extrahiert werden. Zusätzlich wurden erfolgreiche Korrelationen des Signal mit bekannten Synchronisationssequenzen durchgeführt, welche als Bestätigung und Grundlage für weitere Verfahren zur Dopplerbestimmung genutzt werden können. In diesem Bereich wurden die Herausforderungen aufgezeigt, welche die

Positionsgenauigkeit limitiert und mögliche zukünftige Lösungsansätze erarbeitet. Mithilfe eines funktionalen Modell wurden abschließend Simulationen und Positionslösungen mit den realen Signalen durchgeführt, welche eine 2D-Genauigkeit von bis zu 50m aufweisen.

### **Projektpartner**

- Technische Universität Graz