

NETZWERKVIRTUALISIERUNG IN LEO-SATELLITENSYSTEME FÜR SICHERE KONNEKTIVITÄT UND ÜBERWACHUNG DER INFRASTRUKTUR IM ENERGIESEKTOR

Anna VOLKOVA^{1(*)}, Hermann DE MEER¹

Motivation

Der Übergang zu erneuerbaren Energiequellen in der Energieversorgung wird durch europäische Klimaziele und die Marktfähigkeit der dezentralen Energietechnik vorangetrieben. Im Hinblick auf Versorgungssicherheit, Cybersicherheit und Nachhaltigkeit unterstreicht der Übergang zu einem dezentralen und digitalisierten Energiesystem die Bedeutung hochsicherer Kommunikationstechnologien. Während einige der Kommunikationsbedürfnisse durch die Installation eines eigenen Kommunikationsnetzes gelöst wurden, fordert die Energiewirtschaft mit der zunehmenden Anzahl flexibler Anlagen in der Mittel- und Niederspannungsebene neue flexible, skalierbare und vertrauenswürdige Kommunikationslösungen

DEDIZIERT ZELLULARE Netzwerke zeigen das Potenzial, Konnektivität für die Anlagen des Stromnetzes bereitzustellen. Allerdings sollte ein Kommunikationsnetz für das künftige Energiesystem viel mehr als nur eine grundlegende Konnektivität bieten. Darüber hinaus sollte das Kommunikationsnetz ausreichend robust sein, um den möglichen Auswirkungen des Klimawandels standzuhalten. In dieser Arbeit wird untersucht, wie zusätzliche Dienste wie umfassende Datenerfassung und -aggregation, Anlagenüberwachung und -steuerung sowie Datenverarbeitung am Netzrand für die künftigen Energiesysteme bereitgestellt werden können. Diese zusätzlichen Funktionen werden durch die Diversifizierung des Netzes durch die Einführung einer nicht-terrestrischen, widerstandsfähigen Netzschicht realisiert. Hierfür wird die LEO-Satellitenkommunikation verwendet, die die Kommunikation zwischen weit auseinander liegenden und küstennahen Netzanlagen sowie mehrere zusätzliche Dienste wie Edge Computing, Echtzeit-Wettervorhersage, intelligente Infrastrukturüberwachung und -steuerung für alle Mobilfunk-Standards von LTE bis 6G [1] gewährleisten kann.

Kleinsatellitensysteme können sowohl im Normal- als auch im Notbetrieb eingesetzt werden. Im Katastrophenfall sollten sichere und exklusiv verfügbare Verbindungen zur Verfügung stehen. Während der normalen Arbeit kann gleichzeitig ein Mehrwert für den Anwender entstehen, beispielsweise mit Überwachungsdiensten im Rahmen des Anlagenschutzes oder mit Netzwerküberwachung, wie der Leitungsüberwachung.

In Kombination mit dem bestehenden terrestrischen Netz bilden solche Netze ein intelligentes, widerstandsfähiges hybrides satelliten-terrestrisches Netz. In solchen Netzen ist es äußerst wichtig, zwischen den verschiedenen Betriebsarten und Datenverkehrstypen zu unterscheiden, die von den verschiedenen Diensten des hybriden Netzes erzeugt werden. Während Methoden zur Klassifizierung des Verkehrs und zur Qualitätssicherung (Quality of Service, QoS) in konventionellen Netzen bekannt sind, stellen hybride Netze aufgrund des dynamischen Netzverhaltens, der begrenzten Verfügbarkeit bestimmter Knoten im beobachtbaren Bereich und der begrenzten Ressourcen des LEO-Satelliten zusätzliche Herausforderungen dar. Um dieses Problem zu lösen, wurde eine Methode entwickelt, die eine Klassifizierung und Priorisierung des Datenverkehrs in hybriden satelliten-terrestrischen Netzen sowie Methoden zur Modellierung und Simulation von satelliten-terrestrischen Netzen ermöglicht.

Methodologie

Damit ein LEO-satellitengestütztes Netz allen möglichen Herausforderungen standhalten kann, ist es notwendig, dass das Kommunikationssystem flexibel gestaltet ist. Diese Arbeit diskutiert einen Ansatz

¹ Universität Passau, Innstr. 43, 94032 Passau, Deutschland, +498515093051, (anna.volkova, hermann.demeer)@uni-passau.de, <https://www.fim.uni-passau.de/en/computer-networks>

zur Nutzung von Virtualisierung von Netzdiensten (z.B. Knotenadressierung auf den verschiedenen Netzebenen), die je nach Bedarf und Verfügbarkeit im wechselnden Ressourcenpool zugeteilt werden können. Die Netzwerkvirtualisierung ist eine fortschrittliche Technologie zur Entkopplung von Kommunikationsnetzfunktionen, wie z. B. Routing, von der Hardware und gewährleistet somit eine bessere Ausfallsicherheit [2]. Dies garantiert nicht nur eine höhere Verfügbarkeit von Kommunikationsverbindungen, sondern auch eine ausreichende QoS und die Fähigkeit, unabhängige Datenverkehrsklassen zu bilden. Solche Datenverkehrsklassen bieten die Zusicherung, dass die für die Übermittlung der Informationen (z. B. Steuerbefehle mit hoher Priorität) erforderlichen Ressourcen stets verfügbar sind. In dieser Arbeit werden die verschiedenen Verkehrsklassen, deren Verwaltung und optimale Verteilung im Hinblick auf die verfügbaren Ressourcen demonstriert.

Außerdem gibt es derzeit jedoch keinen Ansatz zur Bewertung der Leistung der Netzwerkvirtualisierung in hybriden LEO satelliten-terrestrischen Netzwerken für die Kommunikation im Stromnetz. Um diese Lücke zu schließen, wurde ein detailliertes Vorgehen entwickelt, das die Entwicklung und Bewertung von Verkehrsklassifizierungsmethoden auf Basis von Netzwerkvirtualisierung für hybride Netzwerke vereinfacht. Der Ansatz besteht aus mehreren Schritten. In einem ersten Schritt werden realistische Kommunikationsnetz- und Stromnetzscenarien mit unterschiedlichen Dimensionen und Auflösungen erstellt. Dann werden Methoden zur Verkehrsklassifizierung und Verteilung der benötigten Ressourcen implementiert. Mit einem Simulationsverfahren wird schließlich die Leistung der Verkehrsklassifizierung in hybriden LEO-Satelliten-terrestrischen Netzen untersucht.

Ergebnisse

Zu den zu evaluierenden Dienstleistungen gehören der Datenaustausch von kritischen Referenzwerten, die Datenerfassung von intelligenten Zählern und Statusaktualisierungen von größeren erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen. Wir zeigen, wie der verfügbare Satellitenfunkkanal durch den Einsatz von Netzwerkvirtualisierung aufgeteilt werden kann, und schlagen verschiedene Strategien für die Platzierung virtueller Netzwerkfunktionen auf den begrenzten Hardwareressourcen des Satelliten vor. Die Ergebnisse demonstrieren die Einsetzbarkeit der Methode für verschiedene Szenarien, die auf der Grundlage öffentlich verfügbarer Daten erstellt wurden.

Wir erörtern außerdem, wie dieser Ansatz in die derzeit eingesetzten dedizierten LTE-basierten Netze und in die kommenden 6G-Netze integriert werden kann. Der letzte Punkt ist besonders interessant, da sich die künftige 6G-Mobilfunkstandards im Vergleich zu den LTE-Mobilfunkstandards auf die Virtualisierung von Netzwerkfunktionen konzentrieren und die nahtlose Integration zusätzlicher fortschrittlicher Funktionen ermöglichen. Darüber hinaus zielen 6G-Netze darauf ab, fortschrittliche Satellitentechnologien als Garantie für eine hohe Netzleistung zu unterstützen [3]. Ein Ansatz für die nahtlose Integration der expliziten Unterstützung für den Energiesektor sowohl für LTE- als auch für 6G-basierte Netze ist eine grundlegende Anforderung für das laufende Jahrzehnt.

Referenzen

- [1] X. Fang, W. Feng, T. Wei, Y. Chen, N. Ge und C.-X. Wang, „5G Embraces Satellites for 6G Ubiquitous IoT: Basic Models for Integrated Satellite Terrestrial Networks,“ IEEE Internet of Things Journal, Bd. 8, Nr. 18, pp. 14399-14417, 2021.
- [2] [2] A. Fischer, J. F. Botero, M. T. Beck, H. de Meer und X. Hesselbach, „Virtual Network Embedding: A Survey,“ IEEE Communications Surveys & Tutorials, Bd. 15, Nr. 4, pp. 1888-1906, 2013.
- [3] [3] M. Giordani und M. Zorzi, „Satellite Communication at Millimeter Waves: a Key Enabler of the 6G Era,“ in 2020 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), 2020