

Schutz kritischer Infrastruktur durch Ausnutzen von LTE450 für ein Passivradar

Experimenteller Nachweis der frühzeitigen Detektion von Drohnenangriffen

Aktuelle Bedrohungslage

In der aktuellen sicherheitspolitischen Lage nimmt die Bedeutung des Schutzes kritischer Infrastrukturen als auch der Drohnentechnologie zu. Die Drohnentechnologie ist ein mächtiger Katalysator für neue Anwendungen, den Einsatz von Künstlicher Intelligenz und neuer Sensorik. Durch die Drohnentechnologie werden Innovationszyklen beschleunigt, die Kosten durch Skalierung kommerzieller Lösungen gesenkt und die Integration von Künstlicher Intelligenz sowie leistungsfähiger Sensorik befördert.

Vor diesem Hintergrund haben sich kommerzielle Drohnen seit ungefähr einer Dekade und in vielen Krisengebieten zunehmend als kostengünstige sowie effektive Aufklärungs- oder Angriffsplattformen etabliert.

Angriffe auf kritische Infrastruktur sind ebenfalls nicht neu: Bei Sabotageakten und in Krisengebieten werden vor allem Energieinfrastrukturen angegriffen, um die Abhängigkeiten anderer Infrastrukturen von der Energieversorgung gezielt auszunutzen.

Insbesondere kommerzielle Telekommunikationsnetze sind auf eine ununterbrochene Energieversorgung angewiesen. Im Gegensatz zu dedizierten Telekommunikationsnetzen wie dem LTE450-Funknetz für die Energiewirtschaft und andere Betreiber kritischer Infrastrukturen verfügen kommerzielle Telekommunikationsnetze oftmals über keine oder keine ausreichende Notstromversorgung.

Vorteile des LTE450-Passivradars

Die Verfügbarkeit von präzisen und aktuellen Geodaten von kritischen Infrastrukturen über diverse Onlinere Ressourcen ermöglicht die Planung orchestrierte Angriffe auf die Energieinfrastruktur mit vorab programmierten Drohnen oder Drohnenschwärmen. Dadurch erübrigt sich der Einsatz eines Drohnenpiloten insbesondere auch im Fall von Drohnenschwärmen, da hierbei keine hohe Präzision der einzelnen Drohnen im Zielanflug notwendig ist. Während die meisten Drohnen-Aufklärungstechniken darauf beruhen, den Kommunikationslink zwischen Drohne und Pilot zu entdecken, sind autonom fliegende Drohnen, die keine Signale aussenden, deutlich schwieriger aufzuklären. Gängige Techniken zur Detektion von passiven Drohnen beruhen auf Sensoren wie z. B. Radar, Lidar oder hochauflösenden Kameras.

Insbesondere wenn das bereits für die kritischen Infrastrukturen bereitgestellte LTE450-Funknetz als Beleuchter benutzt wird, bietet sich als alternativer und deutlich kostengünstiger Sensor ein passives Radar-System an. Einerseits entfallen so Lizenzgebühren für Radar-Sendefrequenzen und andererseits entfällt das Bereitstellen eines dedizierten Radar-Beleuchters. Passivradar kann inzwischen als ausgereifte Technologie bezeichnet werden und ist somit auch kommerziell erhältlich. Dabei werden allerdings vornehmlich digitale Radio- oder Fernsehsignale ausgenutzt, mit denen auch erfolgreich die Drohnerdetektion nachgewiesen werden konnte.

Die Vorteile bei der Verwendung des LTE450-Funknetzes als Beleuchter liegen darin, dass es speziell für die kritischen Infrastrukturen entwickelt wurde und deshalb im Schwarzfall bis zu 72 Stunden verfügbar bleibt. Ein weiterer Vorteil dieses Funknetzes liegt in den günstigen Ausbreitungseigenschaften des 450-MHz-Frequenzbandes und den damit verbundenen hohen Reichweiten bei gleichzeitig guten Reflexionseigenschaften an der Drohne.

Ansprechpartner

Dr. Christian Steffes
Tel. +49 151 1091 1838
christian.steffes@fkie.fraunhofer.de

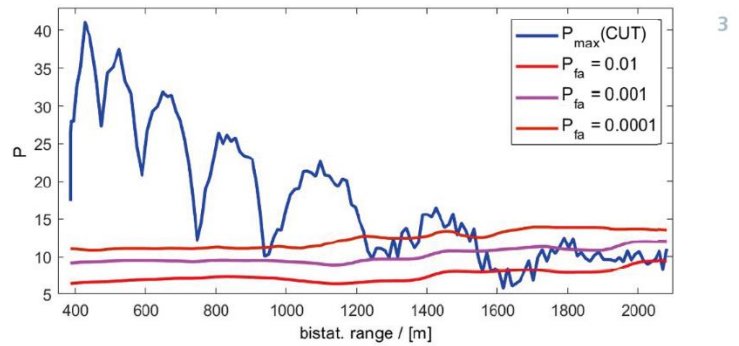
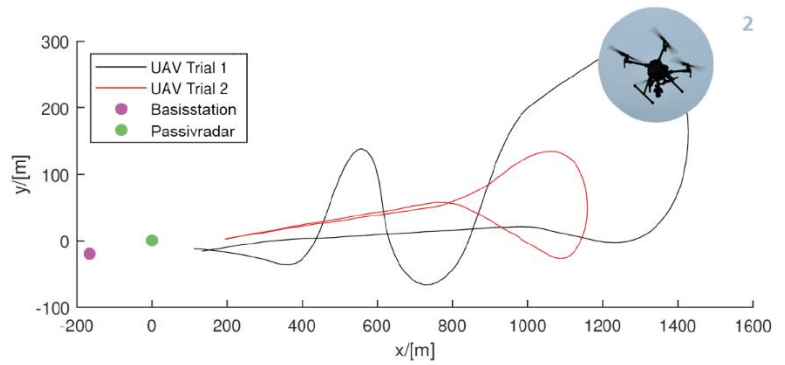
Mathias Böswetter
Tel. +49 30 300199 1526
mathias.boeswetter@bdew.de

Fraunhofer-Institut für Kommunikation,
Informationsverarbeitung und Ergonomie
FKIE

BDEW Bundesverband der Energie- und
Wasserwirtschaft e.V.

In Zusammenarbeit





Experimentalmachweis

Nachdem Fraunhofer FKIE und BDEW im Jahr 2022 ein Paper zur theoretischen Machbarkeit und Detektionsreichweiten für LTE450-Passivradar basierend auf Erfahrungen und Literatur für Passivradar-Beleuchter auf anderen Frequenzen publiziert haben, folgte im Jahr 2023 der Nachweis im Experiment. Hierfür wurde ein beim Fraunhofer FKIE aufgebautes Experimentalsystem eingesetzt, welches bislang für den Passivradarbetrieb auf anderen LTE-Frequenzen genutzt wurde. Es ist größtenteils aus Commercial-Off-The-Shelf-Hardware aufgebaut und nutzt Software-Komponenten mit einem hohen KI-Anteil zur Signalverarbeitung, die beim Fraunhofer FKIE entwickelt wurden. Die Kooperation mit der 450connect GmbH erlaubte es, bereits kurz nach Inbetriebnahme der ersten LTE450-Basisstationen Experimente mit einer Drohne des Typs DJI Matrice M210 durchzuführen. Für einen ersten Nachweis wurden Flüge über langwirtschaftlich genutztem Gebiet mit bis zu einer Entfernung von ca. 1.500 m durchgeführt. Die Funksignale wurden mit zwei Antennen (eine in Richtung der Basisstation, eine in Richtung des Zielgebiets) aufgezeichnet und mit verschiedenen Signalverarbeitungsmethoden ausgewertet und evaluiert (s. Abb. 1, Abb. 2).

Zur quantitativen Abschätzung der Detektionsreichweite wurden parallel zu den Funksignalen auch die zugehörige Position der Drohne mittels eines GPS-Loggers aufgezeichnet. Statistische Methoden kamen zum Einsatz, um die Signalstärke der Reflexion an der Drohne im Verhältnis zum Umgebungsrauschen bewerten zu können. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt und zeigen in Blau die Leistung des Drohnensignals sowie in Rot und Magenta Detektionsschwellen für vorgegebene Falschalarmraten.

Zusammenfassung und Ausblick

In Zukunft ist zu erwarten, dass kommerzielle Drohnen und Drohnenschwärme bei Angriffen auf kritische Infrastrukturen eingesetzt werden. Gerade im Zuge der Energiewende wird dabei das Szenario von Angriffen mit Drohnenschwärmen immer wahrscheinlicher, da dezentrale Wind- und Solarparks zunehmend konventionelle Großkraftwerke ersetzen. Die Abwehr solcher Bedrohungen erfordert Systeme zur Angriffserkennung, die einzelne Drohnen oder ganze Drohnenschwärme bei einer Entfernung von mindestens einem Kilometer mit kurzer Reaktionszeit sowie bei allen Licht- und Witterungsverhältnissen detektieren können.

Vor diesem Hintergrund haben sich der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), das Fraunhofer FKIE und die 450connect GmbH dazu entschlossen, einen experimentellen Nachweis für die Eignung einer LTE450-Basisstation als Beleuchter zur Passivradar-Detektion einer Drohne zu liefern. Das 450-MHz-Funknetz bietet als Beleuchter gegenüber anderen Gelegenheitsquellen den Vorteil, dass es auf die Bedarfe kritischer Infrastrukturen zugeschnitten ist, für Jahrzehnte verfügbar sein wird und zudem robust im Sinne einer Schwarzfallfestigkeit ist. In den Experimenten konnte gezeigt werden, dass die eingesetzte Drohne mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit bis zu einer Reichweite von 1.500 Metern detektiert werden konnte.

1 Versuchsaufbau für Experimentalmachweis.

2 Szenario mit Trajektorien und Standorten.

3 Experimentalergebnisse.