

Gestaltung von *unmanned aerial vehicle systems* im Security-Bereich

Sandro Leuchter, Thomas Partmann, Lothar Berger, Ernst Josef Blum,
Rainer Schönbein

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB), Karlsruhe

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird die Gestaltung eines UAS (*unmanned aerial vehicle system*) vorgestellt. Gegenwärtig werden Demonstrationen für Einsatzszenarien im Bereich Überwachung für Sicherheitsaufgaben mit unterschiedlichen Quadrocoptern als Sensorplattformen für variable (hauptsächlich, aber nicht ausschließlich) bildgebende Sensorik durchgeführt. Die Bodenstation des UAS ist aufgabenorientiert gestaltet und unterstützt Missionsplanung, Fahrzeugführung und Auswertung. Die Bodenstation dient zur Datenintegration und zur Kontrolle und Steuerung der angebotenen Sensorik. Sie ist als Baukastensystem konzipiert, mit dem unterschiedliche Einsatzszenarien implementiert werden können. Zur Anpassung an unterschiedliche Aufgabenstellungen wurde ein Architekturrahmenwerk auf der Basis eines *Architectural Frameworks* entwickelt, das auch Simulationen von geplanten Abläufen ermöglicht.

1 Aufgabenbeschreibung

UAVs (*unmanned aerial vehicles*) sind Fluggeräte, die vom Boden aus gesteuert werden oder autonom fliegen. Sie werden neben der Luftbildfotografie für Sicherheitsaufgaben eingesetzt. Sicherheitsaufgaben ergeben sich in den Bereichen „security“ und „safety“. Im Bereich „security“ handelt es sich um ein unkooperatives Umfeld mit Tätern, deren Aufenthaltsort oder Verhalten aufgeklärt werden muss. Die Täter versuchen sich dagegen zu schützen, sodass besondere Maßnahmen z.B. gegen Abhören oder Stören von Kommunikation ergriffen werden müssen. Im Bereich „safety“ wird dagegen in kooperativen Umgebungen Aufklärung z.B. zum Management von Naturkatastrophen oder Unfällen betrieben. UAVs sind sicherheitskritische Systeme, weil diese Aufgaben sicherheitskritisch sind. Daneben beinhaltet eine Fehlsteuerung das Risiko, den Flugverkehr zu stören oder sogar Personen mit dem Fluggerät direkt zu verletzen (Sward et al. 2006). Bei UAVs wird der Flug von einer Bodenstation aus überwacht und gegebenenfalls Kommandos an das UAV geschickt. Dazu wird ein Data-Link verwendet. Über den Up-Link werden Kommandos und über den Down-Link Statusinformationen gesendet. Data-Links werden im Allgemeinen über Funk realisiert,

aber auch kabel- bzw. lichtwellenleitergestützte Lösungen sind in einigen Anwendungsfällen im Einsatz. Sowohl zur Fernsteuerung als auch zur autonomen Flugregelung werden Sensoren benötigt, die Informationen über Position, Beschleunigung und Richtung messen. Zusätzlich werden oft bildgebende Sensoren für die Flugführung und für Aufklärungs- und Überwachungsaufgaben eingesetzt. Auch diese Nutz-Sensordaten werden an die Bodenstation über den Down-Link gesendet. Die Gesamtheit von UAV, Data-Link-System und Bodenstation wird *unmanned aerial vehicle system* (UAS) genannt.

In diesem Beitrag wird die Gestaltung eines konkreten UAS vorgestellt. Gegenwärtig werden damit Demonstrationen für Einsatzszenarien im Bereich Überwachung für Sicherheitsaufgaben mit unterschiedlichen Quadrocoptern als Sensorplattformen für variable (hauptsächlich, aber nicht ausschließlich) bildgebende Sensorik durchgeführt. Die konkreten Aufgaben, die mit dem UAS bearbeitet werden können, sind im Rahmen dieser Anwendungen: Szenen und Wege zu überwachen, Personen und Fahrzeuge zu detektieren, zu lokalisieren, zu identifizieren und zu verfolgen, auffälliges Verhalten von Personen oder Fahrzeugen zu detektieren und zu klassifizieren und die Beweissicherung. Das UAS ist im Rahmen seiner Einsatzmöglichkeiten generisch in dem Sinn, dass es an unterschiedliche Einsatzszenarien angepasst werden kann. Mögliche Anwendungen sind: Aufklärung im urbanen Umfeld, Konvoibegleitung und Innenraumüberwachung (z.B. in Messehallen). Durch diese Szenarien sind einige Anforderungen an das UAS festgelegt: Das UAS muss mobil in dem Sinne sein, dass es ohne großen Aufwand an einen Einsatzort gebracht und dort in Betrieb genommen werden kann (z.B. im Falle einer Geiselnahme). Es soll als Ergänzung zu vorhandenen stationären Überwachungssystemen genutzt werden können. Viele Anwendungen bedingen, dass die Bediener keine aufwendige Schulung zur Steuerung des UAVs absolvieren können. Deshalb muss das UAV leicht bedienbar sein. Konkret wird dafür eine teil-autonome Navigation vorgesehen. Dafür wird ein Flugweg vorgeplant. Der Quadrocopter fliegt diese Wegstrecke autonom ab. Der Bediener kann jedoch jederzeit die Steuerung übernehmen. Der Einsatz muss sowohl im Außenbereich als auch in großen Innenräumen möglich sein. Das UAS muss multisensorfähig sein. Insbesondere sollen optische Sensorik (infrarot, visuell), akustische und chemische Sensoren unterstützt werden. Die Sensordaten müssen fusioniert werden. Die Sensorträger sollen zu unterschiedlichen Konfigurationen kombiniert werden können, um spezielle Aufgaben zu erfüllen. Die meisten Aufgaben erfordern eine Verbindung des UAS mit einer übergeordneten Zentrale. Ein Beispiel für diese Aufteilung ist: Die Einsatzleitstelle einer Feuerwehr ist die übergeordnete Stelle. Hier wird eine zentrale Koordination zwischen allen Einsätzen gemacht. In einem mobilen Leitstand an jedem Einsatzort werden die Aktionen vor Ort koordiniert. Sensordaten werden vor Ort erhoben und so weit wie möglich ausgewertet. Die Einsatzleitstelle bekommt ausschließlich bereits ausgewertete und interpretierte Daten vom Einsatzort. Die Kommunikation zwischen Einsatzleitstelle und mobilem Leitstand am Einsatzort sollte elektronisch unterstützt und mit festgelegten Nachrichtenformaten erfolgen. Dadurch sind die erforderliche Beweissicherheit und die Möglichkeit einer Unterstützung durch eine algorithmische Vorverarbeitung gegeben. Verschiedene Teilsysteme können auf der Basis der ausgetauschten Nachrichten auf einer technischen Ebene interoperabel gemacht und miteinander integriert werden.

2 Bodenstation

Zur Integration der Sensorträger und zur Anbindung an eine übergeordnete Leitstelle dient die Bodenstation des UAS. Im folgenden Abschnitt wird die Gestaltung des Arbeitsplatzes beschrieben. Dabei geht es sowohl um die Aufgaben, die durch diesen Arbeitsplatz unterstützt werden, als auch um die Benutzungsschnittstellen.

Der aktuelle Demonstrator der Bodenstation ist für die Sicherung einer ausgedehnten sicherheitskritischen Liegenschaft gegen unbefugtes Eindringen durch zwei Operateure ausgelegt. Die Aufgabe beginnt mit der Detektion des Eindringens, die durch Bewegungssensoren an der Außengrenze des Geländes festgestellt werden kann. Ein entsprechender Alarm eines angeschlossenen Sensornetzes geht in der Bodenstation ein. Verschiedene fest installierte Überwachungskameras, die über die Bodenstation wie webcams angesteuert werden können, werden dann benutzt, um das Ereignis zu klassifizieren und eine Informationsgrundlage für die folgenden Entscheidungen zu gewinnen.

Parallel dazu wird ein Quadrocopter – ausgerüstet mit einem geeigneten Videosensor – gestartet, um ein flexibles Beobachtungsmittel am Ort des Geschehens zu haben. Vom Quadrocopter aus wird der Eindringling beobachtet. Je nach Flughöhe und eingesetzter Kamera kann ein großer Bereich eingesehen werden. Mit dem Quadrocopter können Sabotagehandlungen des Eindringlings beobachtet werden. Wird beispielsweise ein Gegenstand auf dem Gelände z.B. in der Nähe eines Gebäudes deponiert, kann bodenfahrzeuggestützte Aktuatorik mit Landrobotern an diesen Ort gebracht werden. Das UAS verfügt gegenwärtig über keine Wirkmittel.

Eine Analyse der Anforderungen aus diesem und ähnlichen Szenarien hat ergeben, dass zwei Operateure zur Aufgabebearbeitung erforderlich sind. Einer der beiden Operateure ist ausschließlich für die Steuerung und Kontrolle der mobilen Sensorplattformen zuständig (gegenwärtig eine Plattform einzeln, Konzepte für die gleichzeitige Benutzung mehrerer Sensorplattformen – durch teilautonomen Flug – werden gegenwärtig entwickelt). Der andere Operateur ist für die Auswertung der Sensordatenströme und die Kommunikation mit der Einsatzleitstelle verantwortlich.

Das ganze System ist aus einem Baukasten aufgebaut. Es gibt eine Reihe von Komponenten, die für unterschiedliche Aufklärungs- und Überwachungsanwendungen kombiniert werden können. Dazu ist gibt es ein modulares Framework mit einer Architektur von Komponenten mit TCP/IP bzw. UDP-basierten Schnittstellen. Abgesehen von der technischen Integration der Komponenten besteht der Baukasten auch aus einem Vorgehensmodell, das sich am *NATO Architectural Framework* orientiert (NATO C3 Board 2004). Mithilfe dieses Frameworks wird eine konkrete Systemarchitektur aus dem Baukasten abgeleitet und implementiert. Eine Neuerung stellt hierbei die Verwendung der BPMN (Business Process Modeling Notation: OMG 2006) zur Funktionsbeschreibung dar. Damit wird die Gestaltung des Systems anhand des Baukastens aus der Aufgabenmodellierung in Form eines Geschäftsprozesses abgeleitet. Die Verwendung der BPMN ist den anderen Aufgabenmodellierungsansätzen wie GOMS, UML oder CTT überlegen und vorzuziehen, da mehrere Akteure und ihre Interaktion modelliert werden können und es eine Reihe von interoperablen Modellierungs- und

Implementierungswerkzeugen gibt. Die Bodenstation wird iterativ entwickelt. Mehrere Demonstratoren wurden bereits auf der Hardwareplattform für unterschiedliche Einsatzszenarien entwickelt. Die dafür eingesetzten Komponenten unterliegen einer evolutionären Verbesserung. Während der Gestaltung wird *Cognitive Walkthrough* auf der Basis des Aufgabenmodells eingesetzt. Fortgesetzte Demonstrationen helfen dann Gestaltungsprobleme anhand konkreter Abläufe, die sich aus dem Szenario ergeben, aufzudecken. Das Prototyping der Benutzungsoberflächen der Bodenstation erfolgt in einem gestuften Prozess. Ausgehend von COTS-Komponenten der Sensorik bzw. Plattformhersteller werden anhand des Aufgabenmodells Mock-Ups mit Adobe Photoshop entworfen und als Klick-Modell in Flash implementiert. Die letztendliche Umsetzung in der Bodenstation erfolgt mit Visual Studio in C#. Die Zielplattform sind Windows-Rechner mit .NET.

3 Ausblick

Gegenwärtig werden neue Interaktionskomponenten für andere Sensorplattformen, Data-Links und Sensorik geplant. Im Laufe der Zeit werden weitere Demonstrationsszenarien implementiert werden.

Parallel soll ein Bedienkonzept auf der Basis der Methode ökologisches Interfacedesign (EID: Vicente & Rasmussen 1992) für die Bodenstation entwickelt werden. Erste Überlegungen betreffen die prinzipielle Anwendbarkeit des Ansatzes in dieser Domäne. Bis jetzt sind noch keine Benutzungsschnittstellen zur Fernsteuerung und Überwachung mit EID entworfen worden. Es gibt jedoch eine Reihe von in Teilen ähnlichen Anwendungen (Vicente 2002). Der Komponentenansatz des Baukastens ist aber möglicherweise der gerätübergreifenden Betrachtung und Darstellung in der EID entgegengesetzt.

Literaturverzeichnis

- NATO C3 Board (2004): NATO C3 System Architecture Framework (NAF). Document (AC/322--D(2004)0002 (INV)). Brüssel: NATO.
- OMG (2006): Business Process Modeling Notation Specification. *OMG Final Adopted Specification* (dtc/06-02-01). Online-Dokument <http://www.omg.org/docs/dtc/06-02-01.pdf> (letzter Zugriff: 8. März 2007).
- Sward, R. E.; Gerken, M. J.; Casey, D. (2006): When Computers Fly, It Has to Be Right: Using SPARK for Flight Control of Small Unmanned Aerial Vehicles. *CrossTalk. The Journal of Defense Software Engineering*, Sep 2006, 10-14.
- Vicente, K. J. (2002): Ecological Interface Design: Progress and Challenges. *Human Factors*, 44, (1) 62-78.
- Vicente, K. J. & Rasmussen, J. (1992): Ecological Interface Design: Theoretical Foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22, (4) 589-606.