

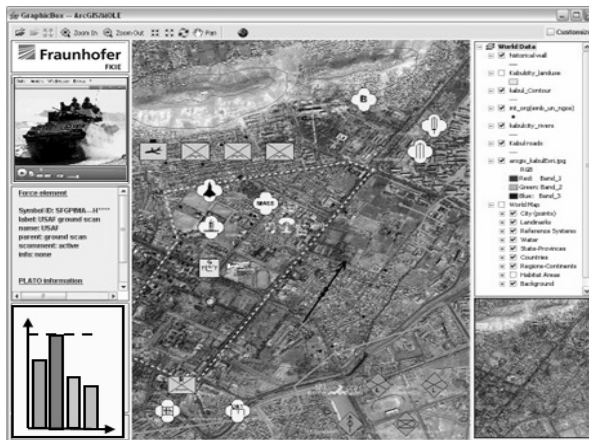
# Austausch von Trackingdaten in schmalbandigen Funknetzen

Norman Jansen, Daniel Krämer und Marc Spielmann

Fraunhofer FKIE, Wachtberg · norman.jansen@fkie.fraunhofer.de

Short paper

Die Lagekarte ist eine zentrale Komponente militärischer Führungsinformationssysteme zur Unterstützung der Einsatzplanung und -durchführung. In der Lagekarte werden militärische Elemente (Truppenteile, Grenzen, Sperrgebiete etc.) vor dem Hintergrund von Vektor- und Raster-Layern georeferenziert dargestellt (vgl. Abb. 1). In der heterogenen IT-Landschaft der Bundeswehr kommen verschiedene GIS-Produkte und Technologien zur Erzeugung der Lagekarte zum Einsatz. Hintergrund-Layer werden bspw. OGC-konform (per WFS, WMS oder WCS) bereitgestellt (vgl. KRÄMER 2009). Die in der Lagekarte dargestellten operationellen Daten stammen hingegen von den an einer militärischen Operation (z. B. Durchführung einer Patrouille) beteiligten Einheiten. Besonders wichtige operationelle Daten sind dabei GPS-Tracking-Informationen. Jede Einheit verfügt über einen Tracking-Service, der mittels eines angebundenes GPS-Trackers die eigene Position ermittelt und standardisiert (z. B. nach NATO Friendly Force Information Standard, NFFI) an die anderen beteiligten Einheiten und Gefechtsstände übermittelt. Beim Empfänger werden diese dann in Form von Symbolen (taktischen Zeichen) in der Lagekarte angezeigt.



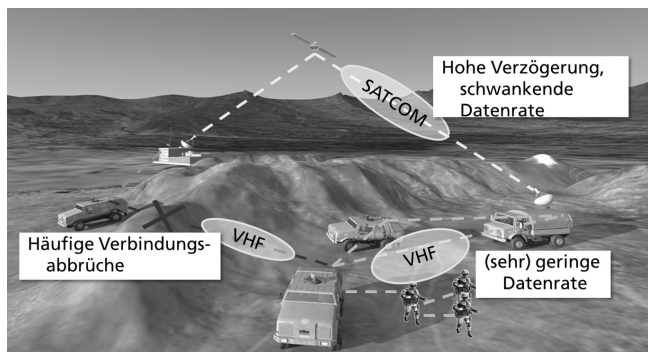
**Abb. 1:**  
Militärische Lagekarte

Die Lagekarte sollte i. d. R. möglichst aktuell sein. Dies ist insbesondere auf der taktischen Ebene relevant, wo mobile Einheiten (z. B. Gruppen von Soldaten, Fahrzeuge, Flugzeuge, UAVs) flexibel auf Ereignisse reagieren müssen und Operationsschritte zeitnah koordiniert werden müssen. Beispielsweise kann für einen Patrouillenfürher von Interesse sein, wo sich aktuell Luftunterstützung befindet, die er bei Bedarf anfordern kann. Um eine ausreichende Aktualität der Lagekarte zu gewährleisten, müssen insbesondere mobile Einheiten relativ

häufig ihre GPS-Position an die anderen Einheiten übermitteln. Neben Trackingdaten eigener Einheiten werden in der Lagekarte zudem andere Objekte (etwa potenzielle feindliche Kräfte) angezeigt, die bspw. von UAVs oder per Radar erfasst und bereitgestellt werden.

## 1 Problemfeld

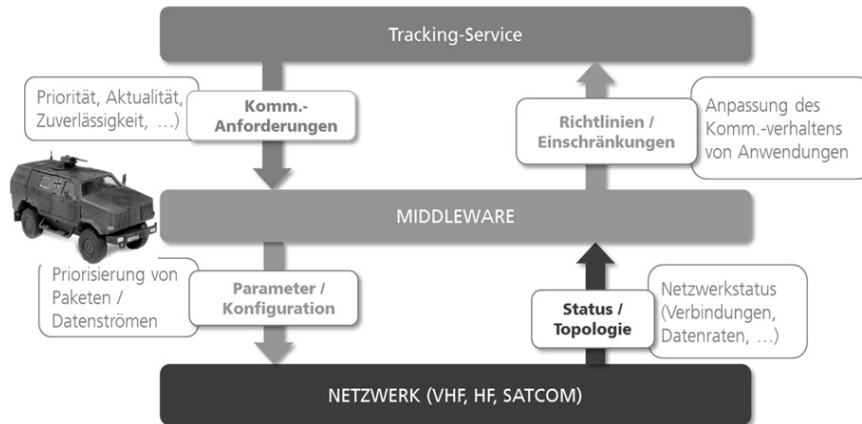
Der Datenaustausch sämtlicher Trackingdaten erfolgt auf der taktischen Ebene i. d. R. über Funkverbindungen (vgl. Abb. 2), z. B. per HF-, VHF- oder Satellitenkommunikation. Diese Funkverbindungen unterliegen besonderen Einschränkungen und unterscheiden sich gravierend von kabelbasierten Netzen (z. B. LAN) und von zivilen Mobilfunknetzen (z. B. LTE). Taktische Funknetze sind oftmals schmalbandig und extrem abhängig von Wetter- oder Geländebedingungen. Beispielsweise kann es zu Verbindungsabbrüchen kommen, wenn sich Fahrzeuge in gebirgigem Gelände befinden. Neben dem Austausch von Trackingdaten werden Funkverbindungen zudem auch für Sprachkommunikation verwendet, die gegenüber dem Datenaustausch priorisiert wird. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist außerdem, dass bei Funkverbindungen i. d. R. nur ein Sender aktiv sein kann, d. h. solange ein einzelner Teilnehmer funkt (z. B. seine Position übermittelt) ist der Funkkanal für jeglichen anderen Funkverkehr belegt, die anderen Funkkreisteilnehmer können ausschließlich empfangen. Ein falsch konfigurierter Tracking-Service kann so im *worst case* durch zu häufige Updates den gesamten restlichen Funkverkehr blockieren.



**Abb. 2:**  
Funkverbindungen  
der taktischen Ebene

## 2 Zielsetzung

Aufgrund der stark limitierten Kommunikationsressourcen auf der taktischen Ebene ist es notwendig, das Sendeverhalten von Tracking-Services zu koordinieren bzw. das Gesamtsystem dynamisch an die aktuelle Situation anzupassen (vgl. BARZ & JANSEN 2011). Zudem sollen operationsbedingt Anteile der Kommunikationsressourcen (z. B. feste Bandbreitenanteile) bei Bedarf für bestimmte Teilnehmer reserviert werden, indem Trackingdaten zurückgehalten werden, um den Funkkanal (z. B. in Notfällen) anderweitig nutzen zu können. Nachfolgend wird erläutert, wie eine solche Koordination bzw. Anpassung realisiert wird.



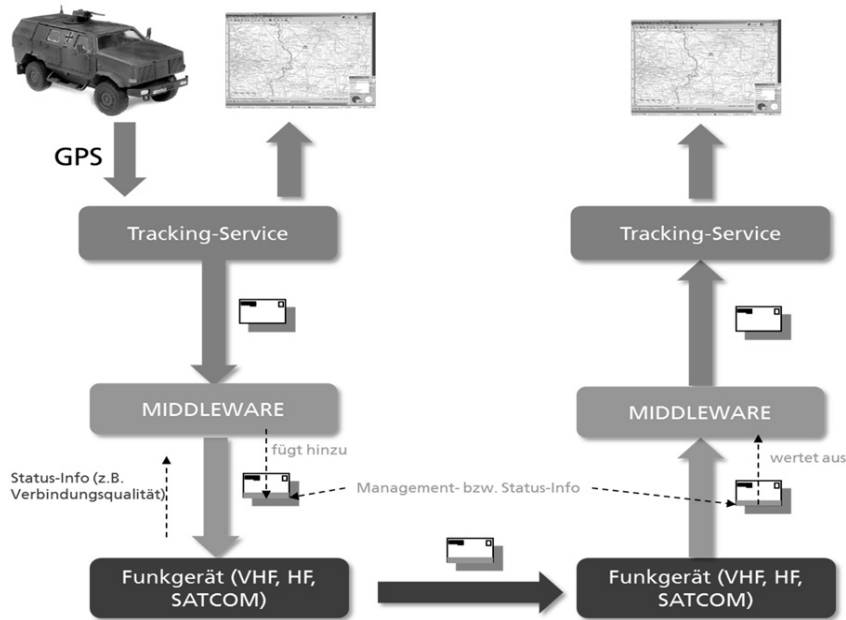
**Abb. 3:** Verbesserte Abstimmung zwischen Tracking-Service und Netzwerk im taktischen/mobilen Bereich

### 3 Konzeptionelle Umsetzung

Grundidee ist es, eine zusätzliche Software-Komponente als „Vermittler“ (im Sinne eines Cross-Layer-Ansatzes (vgl. FORTUNA & MOHORCIC 2009, SRIVASTAVA & MOTANI 2005) zwischen Tracking-Service und Funkgerät zu schalten (vgl. Abb. 3). Tracking-Services können dieser Middleware zunächst eigene Kommunikationsanforderungen (z. B. Time-outs für Bestätigungen) mitteilen (vgl. Pfeil oben links in Abb. 3). Die Middleware kann wiederum dem angebotenen Tracking-Service Richtlinien für sein „Verhalten“ übermitteln (z. B. maximale Sendefrequenzen; vgl. Pfeil oben rechts in Abb. 3). Zusätzlich überwacht die Middleware die Einhaltung der von ihr vorgegebenen Richtlinien und greift bei Bedarf regulierend ein. Folgendes Beispiel erläutert einen (vereinfachten) Anwendungsfall der Middleware.

Ein Tracking-Service eines Fahrzeugs generiert Trackingdaten in einer von der Middleware vorgegebenen Update-Frequenz und sendet diese an die Middleware. Die Middleware bezieht regelmäßig vom Funkgerät Statusinformationen über die aktuelle Funksituation (z. B. verfügbare Verbindungen und Datenraten, Teilnehmer im Funkkreis; vgl. Pfeil unten rechts in Abb. 3). Aufgrund von verschlechterten Funkbedingungen muss möglicherweise die Updatefrequenz reduziert werden. Dazu berechnet die Middleware anhand einer vorgegebenen Strategie die neue (aktuelle) Updatefrequenz. Die vom Tracking-Service generierten Daten werden in der Middleware bis zum nächsten (der neuen Update-Frequenz entsprechenden) Sendezeitpunkt zurückgehalten und erst dann an das angeschlossene Funkgerät weitergeleitet und versendet. Dabei werden in der Middleware zurückgehaltene Trackingdaten durch neuere Trackingdaten überschrieben, sodass stets die aktuelle Position übertragen wird.

Neben einer derartigen Beeinflussung des Sendeverhaltens kann die Middleware angebundene Funkgeräte situationsbedingt parametrisieren/konfigurieren (vgl. Pfeil unten links in Abb. 3). Beispielsweise kann so die Wiederholungsrate (die Anzahl der Sendeversuche, bis eine Nachricht vom Funkgerät verworfen wird) eingestellt werden.



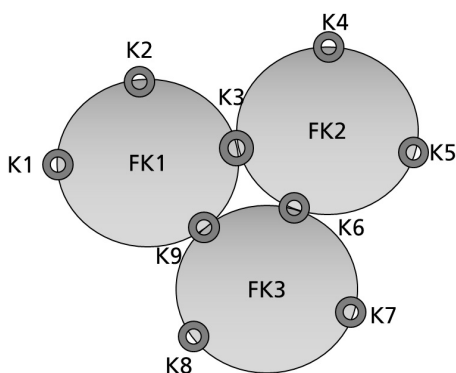
**Abb. 4:** Austausch von Management- bzw. Status-Informationen

**Austausch von Management- bzw. Status-Informationen.** Prinzipiell ist zu berücksichtigen, dass Middleware-Instanzen auf allen Knoten, die Trackingdaten generieren (z. B. in jedem Fahrzeug, UAV usw.), installiert werden müssen. Eine von der Middleware umgesetzte Strategie soll zudem operative Einflüsse berücksichtigen. Beispielsweise kann es notwendig sein, in kritischen Situationen (etwa bei Feindkontakt) Kommunikationsressourcen für unmittelbar betroffene Einheiten zu reservieren. Dazu müssen die einzelnen Middleware-Instanzen Informationen untereinander austauschen, z. B. um einzelne Knoten anzuweisen, temporär weniger Trackingdaten zu senden. Dabei ist essenziell, dass der Austausch derartiger Informationen über das Funknetz möglichst wenig zusätzlichen Kommunikationsaufwand (Overhead) verursacht. Ein möglicher Ansatz ist, vom Tracking-Service generierte Nachrichten „als Träger“ zu verwenden (vgl. Abb. 4). Dabei werden Management- bzw. Statusinformationen (z. B. Update-Frequenzen für bestimmte Knoten, Verbindungsqualität, Funkkreisauslastung) von der Middleware an die vom Tracking-Service generierten (ausgehenden) Positionsmeldungen (kleine hellblaue Balken in Abb. 4) angehängen, bevor sie an das angebundene Funkgerät weitergeleitet und versendet werden. Empfängerseitig werden die Managementinformationen von der Middleware extrahiert und aus der Nachricht entfernt, bevor die ursprünglichen Trackingdaten an das angebundene Führungsinformationssystem (FüInfoSys) weitergeleitet und in der Lagekarte angezeigt werden. Auf diese Weise werden keine zusätzlichen Nachrichten erzeugt, was insbesondere für Kommunikationstechnologien interessant ist, die einen großen Overhead beim Versenden einzelner Nachrichten aufweisen (bspw. Zugriffszeit auf den Funkkanal bei VHF-Funkverbindungen). Werden keine Meldungen versendet, kann eine entsprechende Meldung ohne sonstigen Inhalt generiert bzw. ein alternatives Verfahren zur Übertragung der Managementinformationen genutzt werden.

**Kombination mehrerer Funkkreise.** Ein weiterer Anwendungsfall der Middleware betrifft die Weiterleitung von Trackingdaten in benachbarte Funkkreise. Grundidee ist es, an Funkkreisübergängen (z. B. Übergangsknoten von einem VHF- in einen HF-Funkkreis) durch die Middleware den für die Weiterleitung möglichst „günstigsten“ Funkkreis (z. B. den mit der aktuell besten Verbindungsqualität oder geringsten Auslastung) auszuwählen oder eine Weiterleitung bei Bedarf entsprechend zu verzögern/ zu verwerfen. Nachfolgend wird die Idee anhand eines Beispiels erläutert:

In Abbildung 5 ist ein technisches Szenar bestehend aus drei Funkkreisen (FK1-FK3) dargestellt. Die Knoten K3, K6 und K9 sind Teilnehmer in jeweils zwei Funkkreisen. In der Realität könnten die Knoten K1, K2, K3 und K9 bspw. vier Fahrzeugen entsprechen, die eine Patrouille durchführen und über einen VHF-Funkkreis (FK1) kommunizieren bzw. Trackingdaten austauschen. Das Führungsfahrzeug (z. B. K3) verfügt zusätzlich über ein HF-Funkgerät, mit dem es via FK2 mit der Führungsebene (K4 und K5) kommunizieren kann. K9 verfügt zudem über ein weiteres VHF-Funkgerät, um mit K6, K7 und K8 (in FK3) zu kommunizieren.

Die Patrouillenfahrzeuge senden periodisch ihre Trackingdaten via FK1, die Knoten K3 und K9 kennen daher jeweils die aktuellen Positionen aller Patrouillenfahrzeuge. Eine Weiterleitung der Positionen zu den Knoten der Führungsebene (K4 und K5) könnte nun „direkt“ via Führungsfahrzeug K3 erfolgen, oder „indirekt“ (via K9 und K6). Die Middleware entscheidet nun, welche Routingoption gewählt wird. Dazu werden zunächst Informationen über die Verbindungsqualität zu den jeweiligen Nachbarfunkkreisen von den entsprechenden Funkgeräten bezogen und wie oben erläutert ausgetauscht. Ist bspw. die HF-Anbindung von K3 in FK2 (z. B. wetterbedingt) eingeschränkt, so könnte K9 von der Middleware angewiesen werden, die Trackingdaten aus FK1 in FK3 weiterzuleiten. Analog kann dann K6 angewiesen werden, die via FK3 empfangenen Trackingdaten in FK2 weiterzuleiten. Ist die Verbindungsqualität in beiden Varianten nicht ausreichend, so kann die Middleware die Frequenz für die Weiterleitung in die Nachbarfunkkreise entsprechend anpassen bzw. herabsetzen.



**Abb. 5:**  
Austausch von Trackingdaten über mehrere Funkkreise

## 4 Fazit und Ausblick

Trackingdaten bilden einen entscheidenden Anteil einer militärischen Lagekarte. Ein hochfrequenter Austausch von Trackingdaten ist jedoch auf der taktischen Ebene – mobile Einheiten sind hier häufig nur über schmalbandige und stör anfällige Funkverbindungen erreichbar – nicht realisierbar. Daher ist eine effiziente Ausnutzung der Kommunikationsmittel in diesem Bereich von entscheidender Bedeutung. Im Beitrag wurde erläutert, wie durch den Austausch von Statusinformationen zwischen Tracking-Services und Netzwerk mithilfe einer Middleware eine bessere Abstimmung erreicht wird und so die Effizienz des Gesamtsystems erhöht wird.

Dabei soll eine von der Middleware umgesetzte Strategie operative Einflüsse berücksichtigen. Beispielsweise kann es notwendig sein, in kritischen Situationen (etwa bei Feindkontakt) Kommunikationsressourcen für unmittelbar betroffene Einheiten zu reservieren. Dazu müssen die einzelnen Middleware-Instanzen zusätzliche Management- bzw. Status-Informationen untereinander austauschen. Es wurde erläutert, wie ein solcher Austausch realisiert werden kann, ohne relevanten zusätzlichen Kommunikationsaufwand im Funknetz zu verursachen. Zudem wurde eine Möglichkeit skizziert, wie mittels der Middleware eine Verteilung von Trackingdaten über mehrere Funkkreise hinweg verbessert werden kann.

In die geschilderten Verfahren sollten neben dem Tracking-Service prinzipiell weitere FüInfoSys-Services, die per Funkverbindung kommunizieren (z. B. Nachrichten-Services, Sprechfunk), einbezogen werden. In diesem Fall übernimmt die Middleware die Koordination der unterschiedlichen FüInfoSys-Services. Beispielsweise können Notfallmeldungen eines Nachrichten-Service von der Middleware priorisiert (gegenüber Trackingdaten) weitergeleitet werden.

## Literatur

- BARZ, C. & JANSEN, N. (2011), Towards a Middleware for Tactical Military Networks – Interim Solutions for Improving Communication for Legacy Systems. Military Communications and Information Systems Conference (MCC), 2011, Amsterdam, Die Niederlande.
- FORTUNA, C. & MOHORCIC, M. (2009), Trends in the development of communication networks: Cognitive networks. *Computer Networks*, 53 (9), 1354-1376.
- KRÄMER, D. (2009), Anbindung von Geoinformationssystemen an FüInfoSys. In: WUNDER, M. & GROSCHE, J. (Hrsg.), *Verteilte Führungsinformationssysteme*. Springer-Verlag.
- SRIVASTAVA, V. & MOTANI, M. (2005). Cross-layer design: A survey and the road ahead. *Communications Magazine*, 43 (12), 112-119.