

Event Detection in WSNs - Vehicle Tracking

Michael Stuber

Seminar Sensorknoten: Betrieb, Netze & Anwendungen, SS 2011

Institut für Informatik

Lehrstuhl Netzarchitekturen und Netzdienste, Lehrstuhl Betriebssysteme und Systemarchitektur
Technische Universität München

stuber@in.tum.de

KURZFASSUNG

In dieser Arbeit wird die Ereigniserkennung in kabellosen Sensornetzwerken untersucht. Eine Verwendungsmöglichkeit der Ereigniserkennung ist das Tracken von Fahrzeugen. Die besonderen Anforderungen des Fahrzeugtrackens erfordern besondere Algorithmen zur Ereigniserkennung und Klassifizierung. Es werden zwei Ansätze zur Realisierung eines solchen Sensornetzwerkes vorgestellt und miteinander verglichen: zum einen das energieeffiziente Überwachungsnetzwerk VigilNet, zum anderen ein für das SensIT-Projekt entwickelter Ansatz.

Schlüsselworte

WSN, Event Detection, Vehicle Tracking, VigilNet, SensIT

1. EINLEITUNG

In dieser Arbeit geht es darum, die Möglichkeiten zu untersuchen, Events mit Hilfe von Sensorknoten zu erkennen. Dafür werden viele Sensorknoten in einem Gebiet verteilt, die diese Events erkennen sollen. Ein solches Ereignis kann beispielsweise das Vorbeifahren eines Fahrzeuges sein. Generell werden mehrere Schritte durchgeführt, um ein Fahrzeug zu tracken.

Zuerst muss das Ereignis erkannt werden, dass sich etwas vorbeibewegt hat. Anschließend wird das, was sich vorbeibewegt hat, genauer spezifiziert (es hat sich ein Fahrzeug, eine Person, etc. vorbeibewegt). Zuletzt können noch bestimmte Attribute wie Geschwindigkeit oder Position bestimmt werden.

2. GRUNDSÄTZLICHES

Sensornetzwerke zur Ereigniserkennung haben bestimmte Eigenschaften und stellen gewisse Anforderungen an das Design des Systems.

2.1 Bedingungen

Für ein gutes System müssen die Sensorknoten bestimmte Eigenschaften erfüllen, um mit den Einsatzbedingungen zurecht zu kommen.

Meistens werden sehr viele Sensorknoten benötigt, um akzeptable Ergebnisse zu erzielen. Diese Knoten werden auf eine große Fläche verteilt. Daraus ergeben sich besondere Anforderungen an die Kommunikation. Die Knoten müssen über eine weite Distanz senden und empfangen können und der Kommunikationsverkehr steigt proportional zur Anzahl der Knoten. Deshalb ist es erstrebenswert, die Informationen schon zu bearbeiten oder zu filtern, bevor sie von den Knoten weiterverschickt werden. Denn das Versenden von Informationen an Kommunikationspartner kostet relativ viel Energie. Ein effizientes System versucht also das Kommunikationsaufkommen zu minimieren (vgl. [2]).

Für die Erkennung und Klassifizierung können komplexe Algorithmen aus der Signalverarbeitung nützlich sein. Aus Kostengründen und Energieeffizienz sind die meisten Sensorknoten jedoch relativ leistungsarm. Es wird ein schwacher Prozessor mit geringem Speicher verbaut. Ein Beispiel wäre ein

Knoten der Berley mica Serie, der einen 8-Bit Mikroprozessor ohne Unterstützung für Fließkomma-Operationen und 4 kB Speicher hat. Die meisten Algorithmen der Signalverarbeitung sind schlichtweg zu aufwendig für die schwachen Mikrocontroller. Deshalb müssen die Algorithmen für die Ereigniserkennung und Klassifizierung möglichst simpel, speichereffizient und damit schnell ausführbar sein (vgl. [2]).

Die Echtzeitanforderungen sind applikationsabhängig stringent. In den meisten Fällen ist es wünschenswert, dass das System ein Objekt so schnell erkennt, dass eine Reaktion auf das Objekt noch möglich ist. Da sich das Objekt fortbewegt, kann es passieren, dass sich das Objekt bei zu langsamer Verarbeitung der Daten auf dem Sensorknoten bereits aus dem Sensorfeld heraus bewegt hat, bevor eine Reaktion möglich ist. Daher sollten leistungsfähige Prozessoren und einfache Algorithmen verwendet werden (vgl. [2]).

Für genaue Messergebnisse der Sensoren werden hohe Samplingraten benötigt. Hohe Samplingraten haben zur Folge, dass viele Daten in kurzer Zeit aufgezeichnet werden. Dies erfordert eine schnelle und speichergünstige Verarbeitung der Daten, da nicht viel Speicher zur Verfügung steht. (vgl. [2])

Schließlich werden die Knoten in die echte Umgebung ausgesetzt. Die Knoten stehen unter realen Umwelteinflüssen und sind dem Wetter und anderen Störfaktoren ausgesetzt. Dies erfordert eine hohe Fehlertoleranz und eine Resistenz gegen Störungen. So führt beispielsweise ein Temperaturanstieg dazu, dass sich die Grenzwerte der Infrarot-Sensoren für die Bewegungserkennung verschieben. Wegen den teilweise sensiblen Sensoren ist diese Anforderung eine große Herausforderung. Sensornetze, die nur bei milden Temperaturen und Windstille akkurate Ergebnisse liefern, finden nur bedingt Einsatzmöglichkeiten (vgl. [2]).

2.2 Verwendungszweck

Es gibt sowohl militärische als auch zivile Verwendungszwecke für das Fahrzeugtracking mit Hilfe von Sensorknoten. Für das Militär sind die Informationsgewinnung und Überwachung eines bestimmten Gebietes extrem wichtig. Beispiele für getrackte Objekte im militärischen Bereich sind die Überwachung von Panzern, Fregatten oder Drohnen.

Im zivilen Bereich können solche Sensornetzwerke beispielsweise für intelligente Verkehrssysteme verwendet werden. So wird die Position von Geldtransportern überwacht, es existieren Notrufsysteme, die über GPS die aktuelle Position mitteilen, und eine Kooperation zwischen dem Mobilfunknetzbetreiber Vodafone und dem Navigationsgerätehersteller TomTom ermöglicht es, dass Staumeldungen anhand der Position der Handybesitzer an die Navigationssysteme gemeldet werden können.

2.3 Lösungsmöglichkeiten

Der herkömmliche Weg (Methode 1), wie man bei der Fahrzeugerkennung bei kabellosen Sensornetzwerken vorgehen kann, ist die zentrale Berechnung aller Daten auf einer Basisstation. Die Knoten zeichnen die Daten ihrer Sensoren auf und schicken diese unangetastet an eine zentrale Basisstation. Die Zentrale führt die notwendigen Berechnungen zur Ereigniserkennung durch. Der Vorteil dieses Ansatzes ist die einfache Realisierung eines solchen Systems. Die Basisstation hat viel Rechenleistung, einen großen Speicher und kann komplexe Algorithmen schnell durchführen. Allerdings ist das Kommunikationsaufkommen sehr hoch, da die Daten ungefiltert direkt verschickt werden. Ein hohes Kommunikationsaufkommen hat zur Folge, dass sich die Laufzeit der Sensorknoten stark reduziert, da das Senden der Daten vergleichsweise viel Energie kostet. Außerdem müssen für die Ereigniserkennung ausreichend Daten an der Basisstation vorliegen, was eine Verzögerung mit sich bringt. Es dauert bis genügend Informationen gesammelt und verschickt werden, damit die Ereigniserkennung durchgeführt werden kann.

Der andere Weg (Methode 2) verfolgt den Ansatz, die aufgezeichneten Daten zuerst zu verarbeiten, um danach nur relevante Informationen zu verschicken. Dazu muss jeder Knoten entscheiden, ob ein Ereignis (Objekt fährt vorbei) eingetreten ist. Das Ereignis wird klassifiziert (Fahrzeug ist vorbeigefahren) und bestimmte Attribute werden berechnet (Geschwindigkeit oder Position). Versendet werden nur die verarbeiteten Informationen, was das Kommunikationsaufkommen deutlich reduziert. Ein reduziertes Kommunikationsaufkommen hat eine längere Laufzeit der Knoten zur Folge. Jedoch ist die Realisierung dieser verteilten Intelligenz wesentlich aufwendiger. Die Entscheidung, ob ein Ereignis eingetreten ist, wird von einem einzigen Knoten getroffen, was sich auf die Fehlertoleranz auswirkt. Projekte, die Methode 2 anwenden, werden im Nachfolgenden näher charakterisiert.

3. VIGILNET

VigilNet ist ein Sensor-Netzwerk für die energieeffiziente Überwachung [1]. Es wird von der Technologieabteilung Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) des amerikanischen Verteidigungsministeriums gesponsert. Die allgemeine Aufgabe von VigilNet ist es, einen militärischen Kommandanten auf interessante Ereignisse in einer feindlichen Region aufmerksam zu machen. Interessante Ereignisse sind in diesem Fall das Vorbeifahren von unterschiedlichen Fahrzeugen.

3.1 Beschreibung

Bei VigilNet werden 200 ExScal Sensorknoten verwendet, die mit einem Mikrofon, vier passiven Infrarotsensoren (PIR), mit denen die Bewegungen von Objekten erkannt werden können, und einem Magnetometer, der die magnetische Flussdichte misst, ausgestattet sind. Abbildung 1 zeigt einen solchen Sensorknoten.

Das gesamte System ist jedoch darauf konzipiert, um mit mindestens 1000 Knoten auf einem Gebiet von mindestens 100 x 1000 Quadratmetern akzeptable Ergebnisse zu liefern (vgl. [1]).



Abbildung 1: ExScal Knoten (I2)

Es können Fahrzeuge, Personen und Personen mit metallischen Gegenständen erkannt werden.

Ein erkanntes Objekt wird einem externen Gerät gemeldet. Ein externes Gerät kann ein mächtigerer Knoten oder ein anderes Gerät sein, das die Informationen weiterverarbeitet. Wird ein Objekt erkannt, dann wird es klassifiziert und Attribute wie Geschwindigkeit und Position berechnet und periodisch an das externe Gerät weitergeleitet (vgl. [2]).

Das Ziel ist es, möglichst viele Objekte zu erkennen und möglichst wenig Objekte fälschlicherweise zu erkennen, die eigentlich gar keine realen Objekte sind.

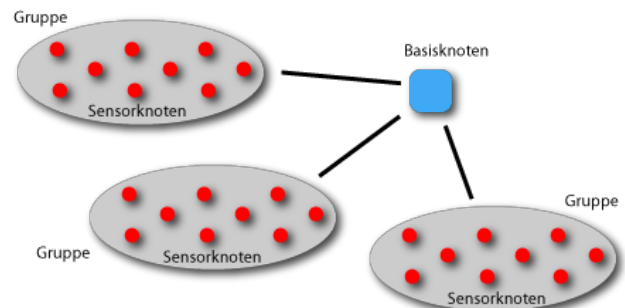


Abbildung 2: Hierarchische Struktur

Um die Fehlertoleranz zu erhöhen, ist es ratsam, dass mehrere Sensorknoten kooperieren können. Die Sensorknoten werden hierarchisch angeordnet. Auf einem Sensorknoten sind mehrere Sensoren verbaut. Diese unterste Ebene umfasst die verschiedenen Abtastalgorithmen für die einzelnen Sensordaten. Die gesammelten Daten werden an die nächste Schicht weitergereicht: die Sensorknoten selbst. Die Sensorknoten-Schicht verarbeitet die bereits gefilterten Daten verschiedener Sensortypen. Defekte Sensoren werden auf dieser Ebene erkannt. Mehrere Sensorknoten werden zu einer Gruppe zusammengefasst. Die Gruppen werden von einer Middleware verwaltet, welche Methoden zur dynamischen Gruppenorganisation zur Verfügung stellt. Es wird zum Beispiel ein Leader-Knoten bestimmt, der die Daten der restlichen Gruppenknoten einsammelt und Klassifizierungs-

algorithmen auf Gruppenebene durchführt. Die Gruppen leiten ihre Ergebnisse an einen zentralen Basisknoten, dem höchsten Element in der Hierarchie, weiter. Dort werden beispielsweise Attribute (Geschwindigkeit) der Objekte berechnet. Abbildung 2 illustriert die hierarchische Struktur des Netzwerkes (vgl. [2]).

3.2 Algorithmen

Die Sensoren haben unterschiedliche Aufgaben und verwenden dafür unterschiedliche Algorithmen, die detailliert beschrieben sind in [2].

3.2.1 Magnetometer

Die Aufgabe des Magnetometers ist es, Fahrzeuge und Personen mit metallischen Gegenständen zu erkennen. Mit dem verwendeten Sensor kann die Ablenkung des magnetischen Felds gemessen werden, welche durch die Bewegung von metallischen Objekten entsteht. Der Magnetometer ist ein schwieriger Sensor, da zum Beispiel das elektromagnetische Rauschen des Boards das Signal - Rausch - Verhältnis (Verhältnis des Nutzsignals zur mittleren Rauschleistung des Störsignals) vermindert oder Änderungen der Umgebungstemperatur die Sensorwerte rapide ändert. Es kann sogar vorkommen, dass sich eine Temperaturänderung wie ein metallisches Objekt verhält. Grundlage für die Erkennung sind die Sensordaten, die in mehreren Schritten transformiert werden, um sie besser verarbeiten zu können. Unter anderem wird ein großer Anteil des Rauschens aus dem Signal herausgefiltert. Wird ein bestimmter Grenzwert der gefilterten Daten überschritten, so wird davon ausgegangen, dass ein Ereignis (in diesem Fall vorbeifahrendes Objekt) stattgefunden hat.

3.2.2 Passive Infrarot-Sensoren

Die passiven Infrarot-Sensoren (oder auch pyroelektrische Sensoren, abgekürzt PIR) ermöglichen die Bewegungserkennung. Hierbei wird die thermische Strahlung der Objekte in Form von infraroter Strahlung gemessen, ohne dass die Sensoren selbst Energie an die Umgebung abgeben. Das infrarote Licht prallt auf die Elektronen eines Substrats, die erkannt und in ein Signal verwandelt werden können [3].

Die PIR-Sensoren werden am stärksten vom Wetter beeinflusst, im Speziellen Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Deshalb ist ein möglichst Wetter-resistenter Algorithmus zur Objekterkennung erstrebenswert. VigilNet verwendet einen einfachen Hochpassfilter, der hohe Frequenzen ungeschwächt passieren lässt und tiefe Frequenzen abdämpft. Die Spitzen der gefilterten Daten lassen dann auf ein sich bewegendes Objekt schließen. Jedoch variiert der Grundpegel des Frequenzspektrums je nach Wetterverhältnissen, was eine Anpassung des Grenzwertes für die Bewegungserkennung erforderlich macht (vgl. [2]).

3.2.3 Mikrofon

Der akustische Sensor wird für die Unterscheidung zwischen einem Menschen und einem Fahrzeug benötigt. Der Aufwand ist aufgrund der hohen Sampling- und Verarbeitungsrate hoch. Algorithmen der Signalverarbeitung, wie die Schnelle-Fourier Transformation zur Frequenzanalyse, sind nicht implementierbar, da die Leistung der Sensorknoten für eine zeitnahe Berechnung nicht ausreicht. Deshalb verwendet VigilNet einen schnelleren Ansatz. Bei jedem neuen akustischen Sample wird ein gewichteter Durchschnittswert der Akustik-Signale aktualisiert. Dieser Wert wird benötigt, um eine Variable zu berechnen, die mit der

unmittelbaren akustischen Energie zusammenhängt. Dieser zur Energie relative Faktor wird wiederum für die Berechnung der Grenzwerte verwendet, mit denen die Klassifizierung der Objekte möglich ist. Falls die aktuelle akustische Energie (E_t) größer als der berechnete Grenzwert ist, wird davon ausgegangen, dass sich ein Fahrzeug vorbeibewegt hat.

3.2.4 Geschwindigkeits- und Positionsberechnung

Die Basisstation ist verantwortlich für die Berechnung von Geschwindigkeit und Position. Dort liegen die Ergebnisse der Berechnungen aller Sensorknoten vor, somit wird eine globale Sicht auf die erkannten Ereignisse der getrackten Objekte ermöglicht. Dazu merkt sich die Basisstation den Verlauf der kürzlich erhaltenen Kalkulationsergebnisse. Bekommt sie beispielsweise zwei Meldungen von Objekten, die in der unmittelbaren Umgebung liegen, so wird davon ausgegangen, dass die beiden Meldungen von dem selben Objekt stammen. Anhand der Positionsdifferenz und den unterschiedlichen Zeitpunkten kann die Geschwindigkeit des sich bewegenden Objektes bestimmt werden.

3.3 Weiterverarbeitung der Daten

Mehrere Sensorknoten bilden eine Gruppe mit einem Gruppenleiter. Die auf den einzelnen Sensorknoten gesammelten Daten werden periodisch an den jeweiligen Gruppenleiter in Form von Berichten geschickt. Ein Bericht kann beispielsweise Knoteninformationen (welcher Knoten sendet), Gruppeninformationen (Gruppen-ID) und Ereignisinformationen (Position, Geschwindigkeit) enthalten. Die Gruppenleiter sammeln diese Berichte und leiten sie gebündelt an die Basisstation weiter (vgl. [2]).

An der Basisstation laufen die Informationen der Gruppen zusammen. Dort wird die endgültige Klassifizierung bestimmt und die Werte der Attribute können berechnet werden. Dazu wird für jedes getrackte Objekt eine Datenstruktur angelegt, die die Position, einen Zeitstempel, die Sensorwerte und einen Verweis zu dem letzten Objekt von dem Bericht enthält. Falls ein neuer Bericht mit einer Position eintrifft, die sich in der Nähe eines vom System bereits erkannten Objekts befindet, wird dieser Bericht genau diesem Objekt zugeordnet. Ist dem System kein Objekt in der Nähe der Position des neuen Berichtes bekannt, so wird ein neues Objekt angenommen. Anhand vom Verlauf der Daten kann man Attribute wie Geschwindigkeit berechnen, die sich von der Position und den Zeitstempeln ableiten lässt (vgl. [2]).

3.4 Bewertung

VigilNet ist ein komplexes Sensornetzwerk zur Erkennung von Ereignissen und zum Tracken von Fahrzeugen und anderen Objekten. Die verwendeten Algorithmen zur Ereigniserkennung sind aufgrund der Anforderungen simpel und damit schnell berechenbar. Bemerkenswert ist, dass VigilNet ohne eine Analyse im Frequenz-Spektrum auskommt, da auf die Anwendung der Fourier-Transformation verzichtet wird. Dies unterstützt den Fokus des Projekts auf die Energieeffizienz.

4. SENSIT-PROJEKT

Das Sensor Information Technology - Projekt (SensIT) ist ein von der DARPA gefördertes Projekt zur Entwicklung einer neuen Software-Klasse für verteilte Mikrosensoren [5]. Durch SensIT wird die Entwicklung von Sensornetzen für das Fahrzeugtracking vereinfacht. Anhand der Förderung des Projekts durch die DARPA erkennt man die hauptsächliche militärische Anwendung von Sensornetzwerken zum Tracken von Fahrzeugen.

4.1 Beschreibung

Beim SensIT-Projekt wurde eine Versuchsstrecke aufgebaut, an der verschiedene Teams ihre Methoden zu Fahrzeugerkennung testen und demonstrieren konnten. Es wurden insgesamt 75 Sensorknoten vom Typ WINS NG 2.0 (vgl. Abbildung 3) auf dem Marine Corps Air Ground Combat Center in Twenty-Nine Palms in Kalifornien verteilt.



Abbildung 3: Ein WINS NG 2.0 Knoten ([4])

Jeder Knoten ist mit einem akustischen, seismischen und passivem Infrarot-Sensor zur Bewegungserkennung ausgestattet. Ein echtzeitfähiger digitaler Signalprozessor erlaubt die Verwendung von aufwendigen Signalverarbeitungsalgorithmen, wie der schnellen Fourier-Transformation. Das Projekt dauerte zwei Wochen lang und die Sensoren wurden auf einem Gebiet von 900 x 300 m verteilt. Die Fahrzeuge haben sich auf zwei Straßen und einer Kreuzung der beiden Straßen fortbewegt: die Ost-West-Route bildete zusammen mit der Nord-Süd-Route an deren Kreuzung eine Art umgedrehtes "T" (vgl. Abbildung 4).

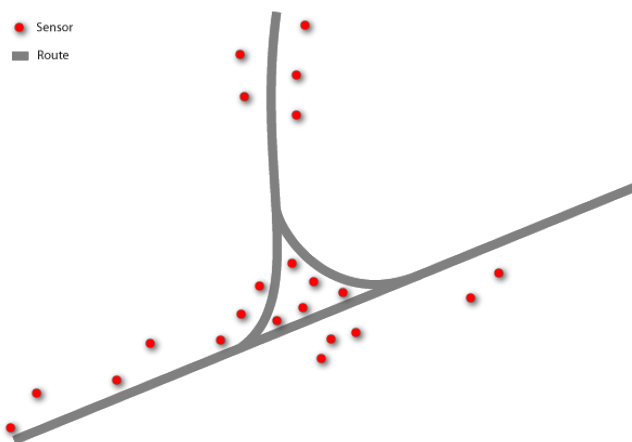


Abbildung 4: Feld Layout

Vier verschiedene Fahrzeugklassen sind drei verschiedene Fahrtrouten entlang gefahren. Zu den ausschließlich militärischen

Fahrzeugen zählten ein Assault Amphibian Vehicle (AAV), ein Main Battle Tank (M1), ein High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle (HMMWV) und ein Dragon Wagon (DW). Die Routen waren von Westen nach Norden, von Norden nach Osten und von Osten nach Westen.

4.2 Vorgehensweise

[4] präsentieren anhand im Rahmen von SensIT die Ereigniserkennung und Klassifizierung der verschiedenen Fahrzeuge. Grundlage ist die Kalibrierung der Sensorknoten vor der Benutzung des Systems.

4.2.1 Ereigniserkennung

Der erste Schritt des Vehicle Trackings ist, zu erkennen, dass sich ein Objekt vorbeibewegt hat. Durch die Erkennung dieser Ereignisse kann das Datenaufkommen erheblich reduziert werden, da die irrelevanten Sensordaten, bei denen sich kein Objekt vorbeibewegt hat, nicht weiterverarbeitet werden müssen. Bei dem hier vorgestellten Ansatz wird das anhand des akustischen Energiepegels entschieden. Eine solche Entscheidung wird alle 0,75 Sekunden herbeigeführt. Die Spitzen der akustischen Signale stellen ein vorbeifahrendes Objekt dar. Zur Klassifizierung und Berechnung von bestimmten Attributen werden die Datensätze bestehend aus akustischen, seismischen und infraroten Sensordaten behalten. Anhand dieser Daten wird die Klassifizierung des Ereignisses mittels verschiedener Algorithmen durchgeführt (vgl. [4]).

4.2.2 Klassifizierung

Für die Klassifizierung werden bestimmte Eigenschafts-Vektoren anhand der Sensordaten berechnet. Explizit werden die akustischen und seismischen Aufzeichnungen hierfür verwendet. Es wird eine schnelle Fourier-Transformation durchgeführt, um das Frequenzspektrum analysieren zu können. Eine der einfachsten Klassifizierungsmethode ist der k-nächste Nachbar (k-NN) Klassifizier, der auf der Annahme basiert, dass Objekte mit ähnlichen („benachbarten“) Sensorwerten zu derselben Objektklasse gehören. Das System wird zu Beginn eines Aufzeichnungslaufs mit Daten gefüttert, damit die Knoten kalibriert werden können. Ein Objekt wird vom k-NN Klassifizierer erkannt, wenn während der Kalibrierungsphase genügend Objekte derselben Klasse aufgezeichnet wurden (vgl. [4]). Trotz der Einfachheit liefert der k-NN Algorithmus akkurate Ergebnisse. Jedoch benötigt dieser Ansatz viel Zeit, da die Ähnlichkeit des aktuellen Samples mit den Kalibrierungssamples verglichen werden muss. Die Zeit, die für die Klassifizierung benötigt wird, ist also proportional zur Anzahl an aufgezeichneten Kalibrierungsdatensätzen.

Tabelle 1: Ergebnisse der Klassifizierung mit k-NN zeigt die Ergebnisse eines Testlaufs von der Klassifizierung über k-NN. Die Klassifizierungsrate ist dabei die Anzahl an korrekt klassifizierten Objekten geteilt durch die gesamte Anzahl an Objekten. Die Ablehnungsrate entspricht den fälschlicherweise nicht erkannten Objekten. Eine hohe Klassifizierungsrate und eine niedrige Ablehnungsrate sind erstrebenswert.

Tabelle 1: Ergebnisse der Klassifizierung mit k-NN ([4])

Objekt	Klassifizierungsrate	Ablehnungsrate
AAV3	73,33 %	6,25 %
AAV6	100,00 %	2,86 %

AAV9	84,31 %	0,00 %
DW3	85,71 %	0,00 %
DW6	100,00 %	0,00 %
DW9	75,86 %	17,14 %
DW12	65,63 %	25,58 %
Gesamt	83,55 %	7,40 %

4.3 Bewertung

Der hier vorgestellte Ansatz hat einen starken Fokus auf die Klassifizierung der getrackten Objekte. Die Hardware-Anforderungen an die Sensorknoten sind relativ hoch, da eine schnelle Fourier-Transformation der Sensorwerte zur Frequenzanalyse durchgeführt werden muss. Grundlage des Systems ist eine Kalibrierung der Sensorknoten. Damit können bessere Messergebnisse erzielt werden.

5. VERGLEICH

Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Vergleich der Ansätze in VigilNet und im SensIT-Projekt.

Tabelle 2: Vergleich VigilNet und SensIT

	VigilNet	SensIT
Anzahl Knoten	200	75
Art der Knoten	ExScal	WINS NG 2.0
Sensoren	1 x Mikrofon, 4 x Infrarot, 1 x Magnetometer	1 x Mikrofon, 1 x Infrarot, 1 x Seismisch
Fläche		900 x 300 m
Objekte	Fahrzeuge, Personen, Personen mit metallischen Gegenständen	Assault Amphibian Vehicle, Main Battle Tank, High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle, Dragon Wagon
Prozessorleistung	niedrig	hoch
Kalibrierung	nicht unterstützt	unterstützt

Die Ziele beider Projekte sind ähnlich: sich bewegende Objekte im Freien sollen mit Hilfe von vielen Sensorknoten erkannt und Attribute bestimmt werden. Die Lösungsansätze unterscheiden sich jedoch in bestimmten Punkten. Die Art der Sensoren ist unterschiedlich. Auf der einen Seite werden seismische Sensoren, auf der anderen Seite Magnetometer verwendet. Die Art der Objekte, die erkannt werden, differiert ebenfalls und reicht von

Personen zu großen, militärischen Fahrzeugen. Die Algorithmen unterscheiden sich stark. Bemerkenswert hierbei ist, dass der Ansatz bei VigilNet ohne eine Form der Fourier-Transformation auskommt und geringe Anforderungen an die Rechenleistung des Sensorknoten stellt.

Im Gegensatz dazu führen die im SensIT-Projekt verwendeten Sensorknoten schnelle Fourier-Transformationen zur Frequenzanalyse durch. Die Anforderungen an die Prozessoren sind deutlich höher. Der Ansatz bei VigilNet beschreibt die hierarchische Organisation der Sensorknoten recht ausführlich. Die Knoten werden auf verschiedenen Ebenen gruppiert. Der SensIT-Ansatz ermöglicht eine Kalibrierung des Systems für bessere Ergebnisse. Dieses Feature fehlt bei VigilNet. Stattdessen werden statische Grenzwerte verwendet. (vgl. [6])

6. FAZIT

In dieser Arbeit wurden zwei Ansätze zur Realisierung des Fahrzeugtrackings mit Hilfe eines Sensornetzwerkes untersucht. Die beiden Varianten sind durchaus unterschiedlich, verfolgen aber das gleiche Ziel. Mit Hilfe von einer großen Anzahl an Sensorknoten sollen verschiedene, sich in einer realen Umgebung bewegende Objekte erkannt und Attribute spezifiziert werden. Unterschiedliche Algorithmen zur Ereigniserkennung und Klassifizierung von getrackten Objekten kommen zum Einsatz. Der Entwurf von solchen Systemen ist aufgrund der Anforderungen nicht trivial. Energieeffizienz steht an oberster Stelle der nicht-funktionalen Anforderungen. Deshalb werden intelligente Lösungen zur Verminderung des Kommunikationsaufkommens und zur Reduzierung der Rechenlast benötigt.

7. LITERATUR

- [1] VigilNet Website, <http://www.cs.virginia.edu/wsn/vigilnet/index.html>, aufgerufen am 26.06.2011
- [2] L. Gu, D. Jia, P. Vicaire, T. Yan, L. Luo, A. Tirumala, Q. Cao, T. He, J. A. Stankovic, T. Abdelzaher, B. H. Krogh. Lightweight Detection and Classification for Wireless Sensor Networks in Realistic Environments. In Proc of 3rd Intl. Conf. on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '05), San Diego, CA, USA, Nov. 2005.
- [3] How PIR Motion Sensors Work, <http://www.gadgetshack.com/motionsensor.html>, aufgerufen am 27.06.2011
- [4] M. F. Duarte and Y. H. Hu. Vehicle Classification in Distributed Sensor Networks. Journal of Parallel and Distributed Computing, 64(7), July 2004.
- [5] Srikanta Kumar, David Shepherd, DARPA- ITO: SensIT: Sensor Information Technology for the warfighter
- [6] Wittenburg, Dziengel, Wartenburger, Schiller. A System for Distributed Event Detection in Wireless Sensor Networks.