

Lokalisierungssysteme für Anwendungen im Bereich der Lagerhaltung

Christof Röhrig* Sarah Spieker†

Fachbereich Informatik, Fachhochschule Dortmund

Zusammenfassung

Die Intralogistik unterliegt ständig technologischen Weiterentwicklungen und Veränderungen. Wurden früher Artikel im Bereich der Lagerhaltung über Barcode identifiziert, werden heutzutage mit dem wachsenden Bedarf an Mobilität und Sicherheit zunehmend Funktechnologien eingesetzt, um Informationen abzufragen. Drahtlose Sensornetzwerke vereinfachen die Verwaltung von Lagern durch eine Dezentralisierung der Datenspeicherung und bieten die Grundlage für die Lokalisation von Objekten. Auf Basis dieser Funknetze kann die Position von Ladungsträgern oder Gütern zum leichteren und schnelleren Auffinden drahtlos übermittelt werden. Der vorliegende Artikel untersucht die Einsatzmöglichkeiten eines konkreten Systems (nanoLOC). Durch diese Technologie ist eine Positionsbestimmung über die Messung der Signallaufzeiten möglich. Zur Lokalisierung eines Objektes werden Messungen durchgeführt, die im Folgenden präsentiert und bewertet werden.

1 Einleitung

In einem Lager werden Lagerverwaltungssysteme (LVS) eingesetzt, um alle relevanten Informationen in einer zentralen Instanz zu verwalten. Von Interesse ist unter anderem die Position und der Zustand eines Ladungsträgers (Palette). In herkömmlichen Lagerverwaltungssystemen werden solche Daten in einer Datenbank hinterlegt. Veränderungen des Lagers, wie das Ausliefern eines Ladungsträgers müssen regelmäßig zentral in der Datenbank aktualisiert werden. Fällt die Datenbank aus, ist das gesamte System nicht mehr einsatzbereit. Da diese Art der Lagerorganisation mit hohem Aufwand verbunden ist und nicht ausfallsicher genug, ist eine weitgehende Automatisierung der Informationsübermittlung sowie die dezentrale Verteilung der Daten auf die Ladehilfsmittel selber wünschenswert. [4, S.46f.]

Dieses Ziel kann durch den Einsatz von drahtlosen Sensornetzwerken erreicht werden. Ein drahtloses Sensornetzwerk ist ein Funknetz aus Kleinstrechnern zur Messdatenerfassung, das aus vielen kleinen, dicht verteilten Sensorknoten besteht, die sich selber organisieren. Über ein solches Netzwerk kann der Standort von Artikeln ermittelt werden, was die Arbeitsabläufe im Lager vereinfacht. Die Sensorknoten werden an den Ladungsträgern angebracht. Diese verfügen neben einem internen Speicher über Intelligenz und können somit Auskunft

*christof.roehrig@fh-dortmund.de

†SarahSpieker@stud.fh-dortmund.de

über den Inhalt und Zustand der Ladungsträger geben. Neben der eindeutigen Identifikation können zudem noch weitere Daten gespeichert werden, die für die Transportlogistik von Bedeutung sind.

Sensornetze haben gegenüber der *Radio Frequency Identification*-Technologie (RFID) den Vorteil der höheren Reichweite. Das Auslesen und Beschreiben der RFID-Tags ist nur im Nahfeld der Antennen möglich, deren Radius abhängig vom Frequenzbereich im Regelfall bei einigen Zentimetern liegt. In Sensornetzen hingegen können die autonomen Sensorknoten bis über mehrere hundert Meter hinweg kommunizieren. [2]

Verfahren zur Lokalisierung

Eine Positionsbestimmung mittels Funktechnologien kann auf unterschiedliche Arten realisiert werden, zum einen über die Messung der Signalstärke und zum anderen über die Signallaufzeiten. Ersteres nutzt den vom Empfänger zur Verfügung gestellten *Signal Strength Indicator* (RSSI), zweiteres kann über die Verfahren *Time of Arrival* (ToA) oder mittels *Time Difference of Arrival* (TDoA) in Hardware realisiert werden. Die Verwendung der Signalstärke zur Lokalisierung stellt die geringsten technischen Anforderungen an die Lokalisierungs-Hardware, da der RSSI-Wert von den meisten Geräten zum normalen Betrieb benötigt wird (Roaming) und meistens auch von der Anwendungs-Software ausgelesen werden kann.

Lokalisierungsversuche basierend auf Messung der Signalstärke wurden bereits im Demonstrationsfeld des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik (IML) in Dortmund durchgeführt [4]. Dabei wurden an der Vorderseite einer Palette Sensorknoten befestigt, wobei über vier Ankerknoten, die am gegenüberliegenden Regal befestigt wurden, die Signalstärke gemessen wurde. Festzustellen ist, dass die Signalstärke bei einer mit Artikeln beladenden Palette im Vergleich zu einer leeren Palette deutlich abnimmt. Ähnliches Verhalten ist zu beobachten, sobald Nachbarpaletten beladen werden. Zudem sind starke Sprünge zu verzeichnen. Schon bei kleinen Positionsverschiebungen der Palette im Zentimeterbereich sind unregelmäßige Schwankungen der Signalstärke zwischen 255 (höchster Wert, voller Empfang) und 0 (niedrigster Wert, kein Empfang) festzustellen. Aufgrund dieser Schwankungen werden zur Positionsbestimmung mittels RSSI-Messung meist Radio-Map basierte Methoden (Fingerprinting) in Verbindung mit einer hohen Anzahl von ortsfesten Knoten eingesetzt. Aufgrund der geringen Genauigkeit und des hohen manuellen Aufwandes zum Aufbau der Radio-Map [3], bieten diese Verfahren jedoch ein geringes Potential für den Einsatz in der Lagerhaltung. Abstandsmessungen basierend auf der Signallaufzeitmessung zwischen Sender und Empfänger versprechen eine deutlich höhere Genauigkeit. Das nanoLOC System des Herstellers Nanotron Technologies, das im weiteren Verlauf näher betrachtet wird, verfolgt diesen Ansatz zur Realisierung der Abstandsmessung und Lokalisierung mobiler Sensorknoten.

2 Hardware

Nanotron Technologies entwickelt robuste und sehr energieeffiziente *Real-Time Location Systems* (RTLS). Das verwendete Ranging-Verfahren *Symmetrical Double-Sided Two Way Ranging* (SDS-TWR) gestattet eine funkbasierte Abstandsmessung anhand der Signallaufzeiten und kann zur Positionsbestimmung verwendet werden. Die drahtlose Kommunikation sowie das Ranging-Verfahren sind in einem einzigen Chip, dem Transceiver nanoLOC

TRX integriert und schaffen die Voraussetzung für *Location-Based-Services* (LBS) sowie für Asset-Tracking-Applications im zwei- und dreidimensionalen Raum (2D/3D RTLS). Der Transceiverbaustein arbeitet in dem weltweit verfügbaren ISM-Band von 2,4 GHz. Die drahtlose Kommunikation basiert auf Nanotrons patentierter Chirp-Modulationstechnik *Chirp Spread Spectrum* (CSS) nach dem IEEE-Standard 802.15.4a. Die Datenrate variiert zwischen 125 kbit/s und 2 Mbit/s. Laut Herstellerangaben beträgt die fehlerfreie Messgenauigkeit innerhalb von Gebäuden 2 m und im Außenbereich liegt diese bei 1 m. [1]

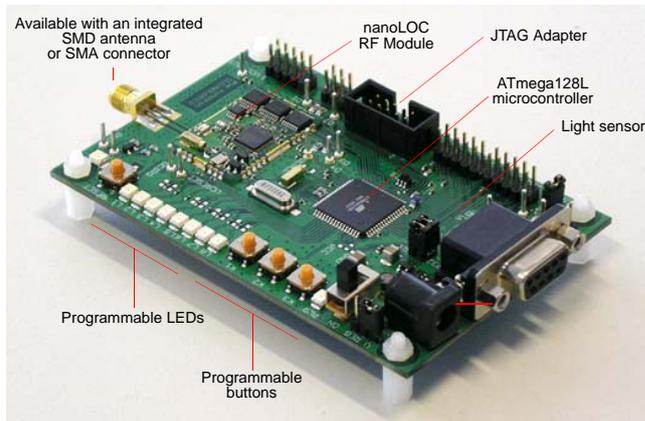


Abb. 1: nanoLOC DK Board [1]

Zusammen mit dem ATmega 128L Mikrocontroller, einer Antenne und einigen Schnittstellen formt der erwähnte Transceiverbaustein eine einsatzfähige Hardware (nanoLOC DK Board) zur drahtlosen Abstandsmessung und Positionsbestimmung. Über den nanoLOC USB-Stick, der als Basisstation in dem Netzwerk fungiert, werden die Daten empfangen und können am Auswertungscomputer ausgegeben werden. Das System ermöglicht eine eigenständige Lokalisation eines mobilen Sensorknotens.

Auch ist die Ortung sich bewegnender Objekte möglich. Ein weiterer Vorteil ist, dass aufgrund von SDS-TWR keine zeitliche Synchronisierung zwischen den einzelnen Hardwarekomponenten innerhalb der Infrastruktur erforderlich ist. [1]

3 Positionsbestimmung im Lager

Zur Realisierung einer Positionsbestimmung von Ladehilfsmitteln im Lager ist es wünschenswert, dass Paletten oder Behältern die eigene Position kennen und nicht durch das umgebene stationäre Sensornetz geortet werden müssen. Zudem soll die Positionsveränderung von Ladehilfsmitteln oder eines Fahrerlosen Transportsystems (FTS) nachvollzogen werden können. Das nanoLOC System erfüllt beide Anforderungen, was den Einsatz im Bereich der Lagerhaltung interessant macht. Nachteilig ist jedoch die relativ grobe angegebene Messgenauigkeit im Meterbereich. Um herauszufinden, in wie fern die Herstellerangaben mit der Realität übereinstimmen wird ein Versuchsszenarium aufgebaut und untersucht.

Für die Lokalisierung in einem Lager soll das Sensornetz so installiert werden, dass Sichtkontakt zwischen den an den Ladungsträgern montierten Sensorknoten zu möglichst vielen der festen Ankerknoten besteht. Die Ladungsträger lokalisieren sich folglich selber und übermitteln ihre Position an den Auswertungscomputer. Ein solcher exemplarischer Aufbau wird durch die Grafik auf der folgenden Seite (Abb. 2) visualisiert.

Zu Testzwecken werden Messversuche in der Lagerhalle des Fraunhofer-Instituts (IML) durchgeführt. Dabei werden vier stationäre Ankerknoten jeweils im rechten Winkel zueinander im zweidimensionalen Raum auf dem Boden positioniert. Der mobile Sensorknoten befindet sich innerhalb des kartesischen Koordinatensystems. Zwischen allen fünf Hardwarekomponenten besteht direkter Sichtkontakt. Die einzige Störkomponente ist temporärer Publikumsverkehr.

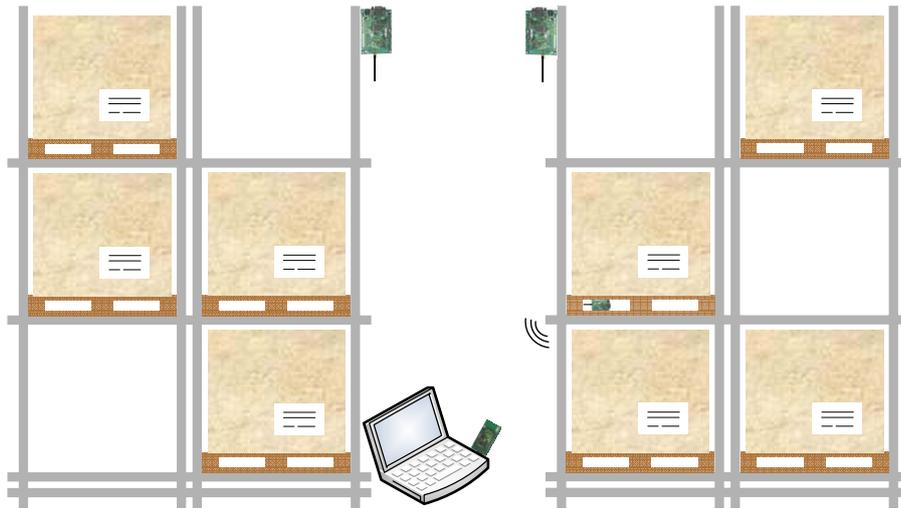


Abb. 2: Sensornetzwerk im Lager

Die nachfolgende Grafik verdeutlicht die Ergebnisse der absoluten Position des mobilen Knotens, dargestellt als x-Koordinate. Links ist der Verlauf der Messkurve abgebildet, die Sollposition (Realwert) des Knotens, der Zentralwert (Median) sowie das Minimum und das Maximum der gesamten Messreihen. Das rechte Diagramm gibt die Häufigkeit der einzelnen gemessenen Distanzen als Verteilung über die gesamte Messreihe an.

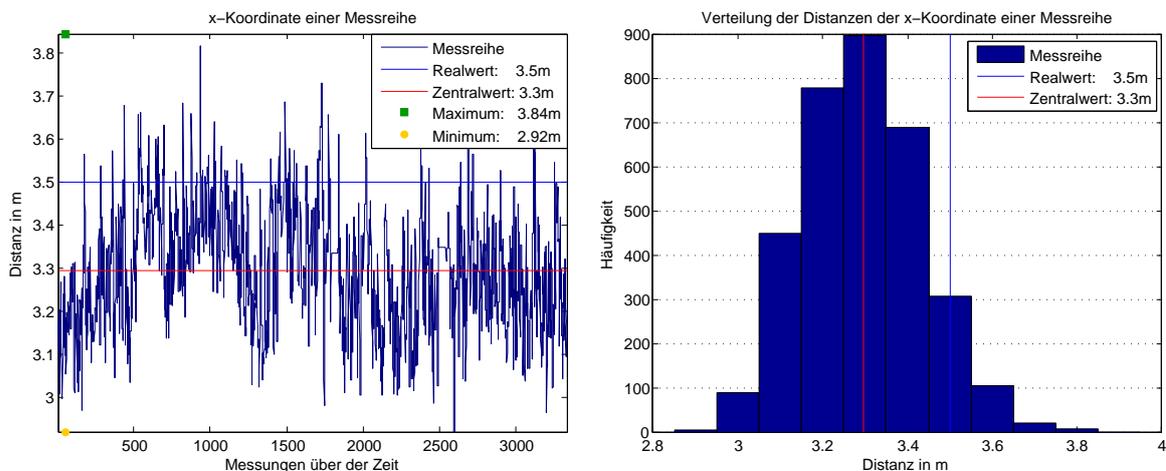


Abb. 3: Messergebnisse einer Lokalisierung im 2D

Die Balkendiagramme auf der Folgeseite (Abb. 4) stellen den Realwert und den Zentralwert über neun Messreihen hinweg in Relation zueinander. Abgebildet sind die Positionen der x- und y-Koordinate des mobilen Sensorknotens sowie der Abstand zu den vier stationären Ankerknoten.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Zu beobachten ist, dass mit den Messergebnissen aus dem Versuchsszenarium unter Laborbedingungen eine relativ hohe Genauigkeit erzielt wird. Die entstandenen Abweichungen und Sprünge sind durch Reflexionen am Boden und den Publikumsverkehr zu erklären.

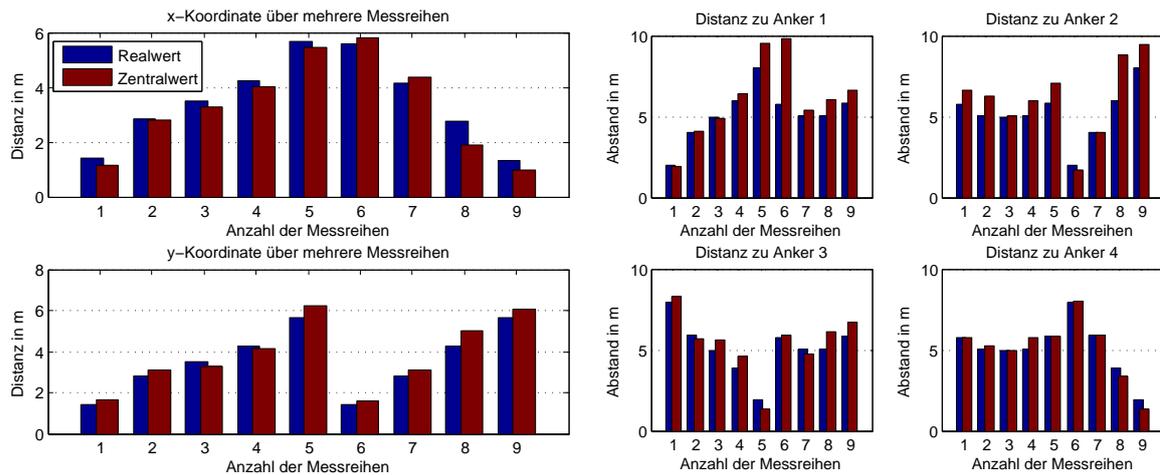


Abb. 4: Messergebnisse über mehrere Positionen

Durch zweiteres kommen zudem die starken Ausreißer nach unten (Minima) und oben (Maxima) zustande. In der Realität treten solche Hindernisse vermehrt auf und es kommen noch weitere Störkomponenten zum tragen, sodass im Regelfall kein optimaler Sichtkontakt zwischen den Hardwarekomponenten besteht. In einem solchen Fall kann die Anwendung einer Filterung die Genauigkeit der Messergebnisse erhöhen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Lokalisierung von Gütern in der Materialflusstechnik und Lagerhaltung eine große Bedeutung spielt, da viele Prozesse schneller und sicherer abgewickelt werden können. Sensornetzwerke schaffen die technische Grundlage für die drahtlose Positionsermittlung. Die Anforderungen in der Lagerhaltung erfordern dabei eine Genauigkeit bis hinunter in den Zentimeterbereich. Das nanoLOC System bietet eine Basistechnologie, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Weiterer Forschungsbedarf besteht jedoch in der Entwicklung von Lokalisierungsalgorithmen, die die angestrebte Genauigkeit erreichen.

Literatur

- [1] NANOTRON TECHNOLOGIES (Hrsg.): *nanoLOC System*. http://www.nanotron.com/EN/PR_nanoLOC_Transceiver.php, Abruf: 10. Juli 2007
- [2] PÖTER, Elisabeth: Sensornetzwerke in der Logistik. In: *Software in der Logistik*, HUSS-Verlag, 2007, S. 72–74
- [3] RÖHRIG, Christof ; KÜNEMUND, Frank: Estimation of Position and Orientation of Mobile Robots in a WLAN. In: *Proceedings of the 7th Conference on Mobile Robots and Competitions*. Paderne, Portugal, April 2007
- [4] SCHIER, Arkadius: *Drahtlose Sensornetzwerke - Analyse der Einsatzbedingungen drahtloser Sensornetzwerke in der Materialflusstechnik*. Fachhochschule Dortmund, Diplomarbeit, August 2006