

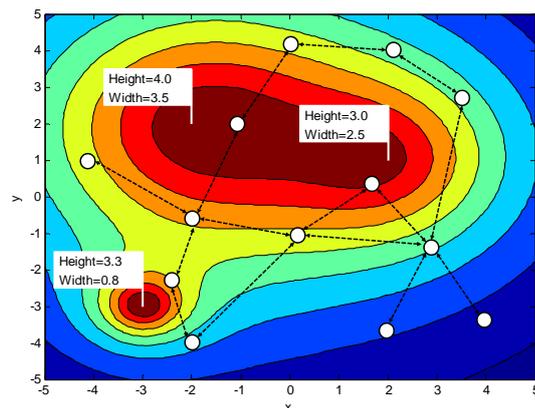
In-Network-Datenanalyse räumlich verteilter Größen

Motivation und Ziele

Mit Hilfe von Sensornetzen ist es möglich, die räumliche Verteilung einer physikalischen Größe in hoher Auflösung zu messen. Z.B. zur Temperaturüberwachung in einem mit gekühlten Lebensmitteln beladenen Container oder zur Messung der Konzentration von Schadstoffen in einem Gewässer. Sensornetze sollen für mehrere Monate oder Jahre ohne Wartung im Einsatz sein. Die Menge der per Funk übertragenen Daten muss daher eingeschränkt werden, um eine lange Batterielebensdauer zu erreichen.

Der Anwender benötigt in der Regel eine Interpretation oder eine geeignete modellhafte Beschreibung der Daten, wie z.B. die Lage und Ausdehnung von Regionen mit Extremwerten der Messgröße, so genannte Hotspots oder die Quellen einer Störung.

Ziel des Projektes ist es, direkt auf den Sensoren ein derartiges Modell der Messgröße zu berechnen. Der dazu notwendige Datenaustausch mit Nachbarsensoren soll so gering wie möglich gehalten werden. Die Außenkommunikation beschränkt sich auf die geschätzten Parameter des Modells oder abgeleitete Größen. Durch diese In-Network-Datenanalyse kann das Kommunikationsvolumen erheblich reduziert werden.



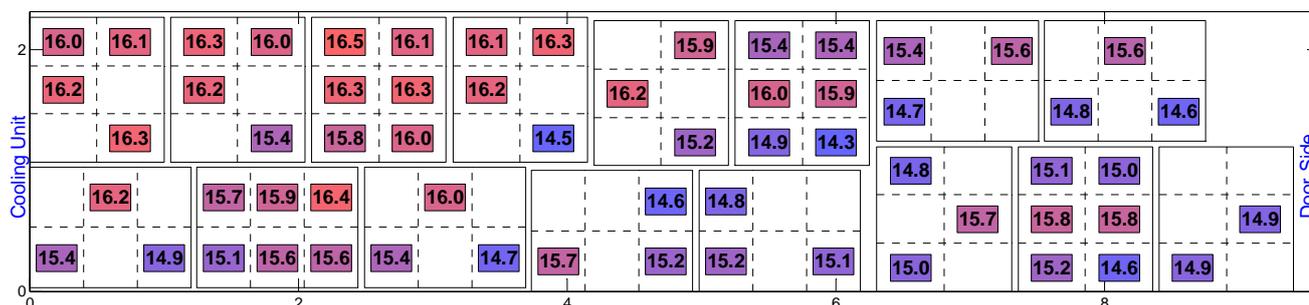
Beispiel einer 2-dimensionalen Verteilung einer Messgröße und Beschreibung durch Lage, Amplitude und Ausdehnung von Extremwerten. Messwerte stehen nur an den markierten Punkten bzw. den Sensorknoten zur Verfügung. Mit möglichst geringer Kommunikation soll ein Gesamtbild der Verteilung erstellt werden.

Arbeitsprogramm

Es ist zwar naheliegend, ein Modell zu verwenden, das auf der Überlagerung von Zonen mit Extremwerten basiert. Andere Modelle bieten jedoch möglicherweise eine günstigere Lösung in Hinblick auf die erzielbare Datenreduktion im Verhältnis zum Vorhersagefehler des Modells.

Die Eignung der Modelle zur verteilten Schätzung durch In-Network Datenanalyse muss ebenfalls geprüft werden. Das Kommunikationsvolumen soll nicht nur in Bezug auf die Übertragung des Ergebnisses der Parameterschätzung optimiert werden, sondern auf den Schätzvorgang selber.

Es werden verschiedene Modellansätze verglichen, u.a. bekannte Verfahren aus der Bildverarbeitung wie die Diskrete Cosinus- und die Wavelet-Transformation, sowie Interpolationsverfahren für Geostatistische Daten. Die Verfahren werden anhand von realen Szenarien verglichen. Dazu werden Messdaten aus Vorläuferprojekten und öffentlichen Datenbanken zusammengestellt. Die Szenarien werden ergänzt durch eine mathematische Simulation der Strömungs- und Temperaturverhältnisse in einem beladenen Kühlcontainer.



Gemessene räumliche Temperaturverteilung in einen mit Bananen beladenen Container. 36 Stunden nach Absenkung des Set-Points von 16°C auf 13°C. Temperatur in [°C], Containerabmessungen in [m].

In-Network-Datenanalyse räumlich verteilter Größen

Algorithmik

Die für die oben genannten Modelle bekannten parametrischen Schätzalgorithmen sind jedoch nicht ohne weiteres zur verteilten Implementierung in einem Netzwerk geeignet. Verallgemeinert lässt sich die Schätzung der Modellparameter auf ein mathematisches Optimierungsproblem zurückführen. Für lineare Probleme existieren bereits Verfahren zur verteilten Schätzung. Die für unseren Anwendungsfall relevanten Modelle sind in der Regel jedoch nicht-linear, wodurch sich deutlich komplexere Kopplungen der Variablen ergeben, die eine Aufteilung des Algorithmus erschweren.

Netzwerkstruktur

Das Netzwerk soll in die Lage versetzt werden, selbstständig eine geeignete Struktur zu bilden, z.B. die Sensorknoten in entsprechende Cluster aufzuteilen. Eine Aktualisierung der Modellparameter bei jedem Iterationsschritt erfolgt dann nur noch innerhalb der lokalen Cluster. Die Auswirkungen solcher hierarchischer Kommunikationsstrukturen auf die Konvergenzgeschwindigkeit der Schätzung soll durch entsprechende theoretische Modelle und Simulationsstudien bewertet werden.

Erkennung von Störungsereignissen

Anhand der Abweichung zwischen Modellvorhersage und Messwert lassen sich physikalische Ereignisse, wie eine neue Wärmequelle oder das Auslaufen einer Chemikalie an einen bestimmten Ort erkennen und klassifizieren. Diese müssen von Messfehlern unterschieden werden, die sich nur lokal auf einen Sensor auswirken. Letztere sollen von der Modellschätzung ausgeschlossen werden.

Proof of Concept

Die entwickelten Algorithmen werden in einem realen Netz aus ca. 20 Sensorknoten getestet. Die Algorithmen müssen an die beschränkten Ressourcen des Zielsystems, wie Batterielaufzeit und Rechenleistung angepasst werden. Die Effizienz unserer Lösung wird anhand verschiedener Kriterien wie Anzahl der versendeten Nachrichten, Konvergenzgeschwindigkeit, benötigte Rechenleistung und Strombedarf bewertet und mit einer zentralen Auswertung der Daten verglichen.

Mitarbeiter



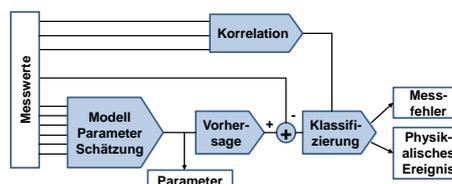
Dr.-Ing. Reiner Jedermann arbeitet seit 2004 am IMSAS an der Universität Bremen. Im Projekt 'Intelligenter Container' hat er die Feldtests geleitet und Sensordaten aus der Überwachung von Lebensmittelcontainern ausgewertet.



Dr.-Ing. Henning Paul ist seit 2007 im ANT an der Universität Bremen beschäftigt. Seit 2011 befasst er sich schwerpunkt-mäßig mit der verteilten Signalverarbeitung in drahtgebundenen und drahtlosen Netzwerken.



Das Projekt wird seit November 2014 über 2 Jahre von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) mit 2 Post-Doc Stellen gefördert.



Möglicher Ansatz zur Fehlererkennung



Sensorknoten verschiedener Hersteller. Die Funksensoren sind zum Teil mit leistungsfähigen ARM Prozessoren ausgestattet, die die direkte Ausführung von Java-Code und die Berechnung von komplexen Algorithmen ermöglichen.