

Vermaschte Netzwerke eignen sich beispielsweise für Tunnelbaustelle – wie das GSensNet 2.4 von Gloor Sensors und dem Institut für Embedded Systems

Eine Übersicht über verschiedene Embedded-Wireless-Technologien – Beitrag 5/6

# Wenn sich das Netzwerk selber organisiert

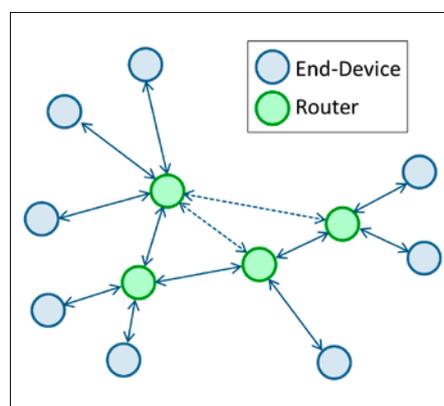
Die drahtlose Vernetzung erlaubt den Einsatz verteilter Sensoren für Messaufgaben oder die Steuerung verteilter Systeme. In einem vermaschten Netzwerk übermitteln die einzelnen Knoten nicht nur ihre eigenen Daten, sondern leiten zusätzlich Informationen anderer weiter. So entstehen robuste und redundante Netzwerke. Diese heilen sich beim Ausfall einzelner Knoten oder Übertragungsstrecken selbst.

» Andreas Rüst

Auf dem Markt existiert heute eine schwer überschaubare Anzahl an Low-Power Wireless-Mesh-Technologien. Diese sind für verschiedene Anwendungen optimiert und lassen sich nach verschiedenen Aspekten klassifizieren. In den tieferen Kommunikationsschichten verfügen die eingesetzten Sender und Empfänger über sehr unterschiedliche Eigenschaften bezüglich Reichweite, Datenübertragungsraten und Frequenzband. Die folgenden Abschnitte fokussieren jedoch auf das Routing in der Netzwerkschicht.

## Unterschiedliche Topologien – hierarchisch oder flach

Die Topologie eines Netzwerkes beschreibt, wie die Kommunikationspfade innerhalb eines Netzwerkes organisiert sind: Handelt es sich um eine hierarchische Struktur oder um ein flaches Netz von gleichwertigen Knoten?



Hierarchische Topologie mit Routern und End-Devices

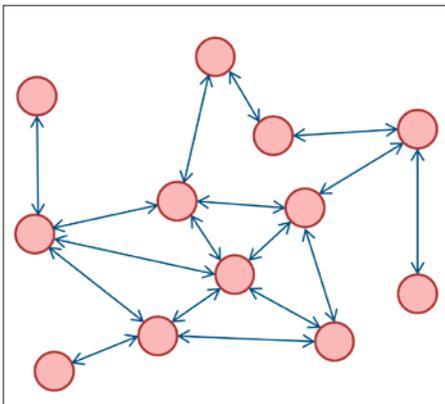
In hierarchischen Topologien unterscheidet man oftmals zwischen Routern und End-Devices. Die Router sorgen für das Weiterleiten

der Daten. Um jederzeit für die zugeordneten End-Devices verfügbar zu sein, benötigen Router in vielen Fällen mehr Energie oder sogar einen Netzanschluss. Die End-Devices können selbst bestimmen, zu welchem Zeitpunkt sie Daten an ihren Router senden oder bei diesem abholen. Dazwischen gehen sie in einen Schlafzustand, um Energie zu sparen. Dadurch braucht ein End-Device sehr wenig Energie.

## Flexible Netzwerke mit optimierter Wachzeit

In flachen Mesh-Topologien agiert jeder Knoten sowohl als Router als auch als End-Device. Alle Knoten sind identisch gebaut. Dadurch kann der Anwender das Netzwerk sehr einfach installieren und einrichten. Die entsprechenden Netze sind sehr flexibel und reagieren dynamisch auf Ausfälle einzelner Knoten oder Ver-

Der Gateway (links) und die Sensor-Anschlussbox (rechts), die im GSensNet 2.4 im Einsatz sind  
Gloor Sensors AG



Ein flaches Mesh-Netzwerk mit gleichwertigen Knoten

bindungen. Die Knoten müssen sich also für das Weiterleiten von Paketen bereithalten. Daher ist die zentrale Herausforderung, die Zeit, in der die Knoten wach sind, zu minimieren.

Dafür kann ein zentraler Koordinator ein gemeinsames Wachfenster für alle Knoten festlegen oder individuell für die einzelnen Knoten definieren. Er bestimmt, wann diese senden und wann sie für andere Knoten erreichbar sind. Für diese Ansätze braucht es eine Synchronisation der Knoten. In einer Alternative ohne zentralen Koordinator und ohne Synchronisation können die Empfänger in den Knoten periodisch prüfen, ob ein anderer Knoten sendet. Ein gesendetes Paket muss dabei länger sein als das Prüfintervall.

### Verschiedene Verkehrsbeziehungen

Bei einer Point-to-Point-Übertragung kommunizieren zwei beliebige einzelne Knoten innerhalb des Netzwerkes miteinander, vergleichbar mit einem Gespräch zwischen zwei

Telefonanschlüssen. Beim Multi-Point-to-Point dient das Netzwerk dazu, Informationen von einer Vielzahl von Knoten an einen zentralen Punkt zu übermitteln. In Sensornetzwerken braucht man dies beispielsweise, um Messwerte von vielen Knoten an eine zentrale Stelle zu übermitteln, oder wenn mehrere Knoten einen gemeinsamen Gateway ins Internet verwenden. Auf der anderen Seite dient eine Point-to-Multi-Point-Übertragung dazu, Informationen von einem zentralen «Server» an eine Gruppe oder an alle Knoten innerhalb eines Netzes zu übertragen.

### Finde den Weg – flutend oder gezielt

Aber wie finden Daten von einem Quellknoten durch das Netzwerk zum Zielknoten? Eine einfache, verbindungslose Kommunikationsvariante ist das so genannte Flooding. Dabei leitet ein Knoten eine eingehende Nachricht an alle anderen, durch ihn erreichbaren Knoten weiter, bis die Nachricht nach einigen Hops den Zielknoten erreicht. Die einzelnen Knoten benötigen keine Information über die Topologie des Netzwerkes. Das heisst, sie müssen keine Routing-Tabellen für das Weiterleiten der Pakete unterhalten. Flooding erfordert aber Massnahmen, um unendlich zirkulierende Pakete zu unterbinden. →

### Autor

Andreas Rüst ist Dozent für angewandte Computertechnik am Institute of Embedded Systems der ZHAW in Winterthur

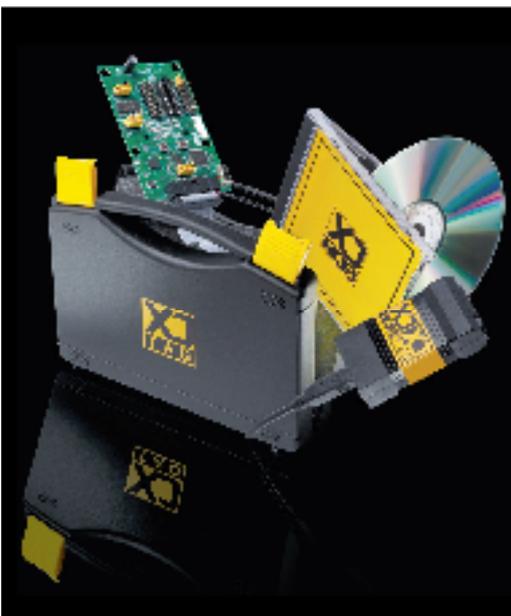


# FlowCAD

## Kostenloser Boundary Scan Workshop

26. November 2014 München

26. November 2014 Zürich



### Boundary Scan bietet vielseitige Einsatzmöglichkeiten:

- Testen von Leiterplatten
- Flash-Speicher programmieren
- Wartung elektronischer Geräte
- usw.

Erfahren Sie mehr über die verschiedenen Einsatzgebiete im kostenlosen Boundary Scan Workshop und diskutieren Sie mit Experten von XJTAG, wie Sie es konkret nutzen können.

Mehr Informationen unter:  
Info@FlowCAD.ch  
+41 (0)56 488 91 91

# Leistungs- halbleiter

Grosse Leistungen, Qualität  
und Zuverlässigkeit



## Leistungshalbleiter

(IGBTs, Powermosfets, Dioden/SCR  
Module, Diskrete Power SMDs) von  
Crydom & Microsemi  
auch in SiC (MOSFETs, Schottky-Dioden)

## Halbleiterrelais & I/O Module

von Crouzet, Crydom und Opto22

CH-5405 Baden-Dättwil  
Tel. 056 483 34 44  
info@mpi.ch, www.mpi.ch

**MPI**  
Distribution AG

Um Pakete individuell, basierend auf ihrer Zieladresse weiterzuleiten, brauchen die einzelnen Knoten entsprechende Routing-Tabellen. Auf einfachen, energiearmen Knoten beschränken Speichergrösse und Prozessorressourcen die Anzahl Pfade, die sich in einer Tabelle speichern lassen.

### Proaktives oder reaktives Routing

Ein System verwendet entweder proaktives oder reaktives Routing. Proaktive Systeme suchen laufend nach den optimalsten Pfaden, um beim Senden oder Weiterleiten von Paketen sofort auf aktuelle Routing-Informationen zurückgreifen zu können. Dies benötigt jedoch Speicher und kostbare Übertragungsbandbreite. Reaktive Routingverfahren hingegen suchen die benötigten Routen erst bei Bedarf. Dies führt aber zu höheren Latenzzeiten.

Wenn ein Knoten einen Weg zu einem Zielknoten sucht, dann startet er einen Discovery-Process. Häufig schickt er dazu eine Anfrage mittels Flooding zum Zielknoten, die diesen über einen oder mehrere Pfade erreicht. Der Zielknoten wertet unterwegs gesammelte Pfadinformationen aus und verwendet den optimalsten Pfad, um dem anfragenden Knoten zu antworten. Auf Grund der Antwort führen sowohl der anfragende Knoten als auch die dazwischen liegenden Knoten ihre Routingtabellen nach.

### Fazit

Drahtlose Low-Power Mesh-Netzwerke reagieren flexibel auf Änderungen von Knoten und Übertragungsstrecken. Einsatzgebiete sind verteilte Sensornetzwerke und Steuerungsaufgaben mit vielen Aktorenknoten. Je nach Anwendungsfall eignet sich ein anderes der vielen auf dem Markt verfügbaren Systeme. Netzwerke mit der gleichen Aufgabe können sich abhängig von äusseren Rahmenbedingungen stark unterscheiden. Dies macht eine generische Planung solcher Netzwerke schwierig. <<

### Infoservice

Zürcher Hochschule für Angewandte  
Wissenschaften (ZHAW)  
Institute of Embedded Systems  
Technikumstrasse 9, 8401 Winterthur  
Tel. 058 934 75 25, Fax 058 935 75 25  
info.ines@zhaw.ch, www.ines.zhaw.ch

### Anwendungsbeispiel GSensNet 2.4

## Mesh auf der Tunnelbaustelle

In vielen grossen Anlagen, wie beispielsweise Tunnelbaustellen, erfordert der Anschluss von Sensoren das Verlegen von hunderten von Metern an teuren Spezialkabeln. Durch den Einsatz von flexiblen, drahtlosen Netzwerken lassen sich enorme Kosten einsparen. Die hohen Anforderungen an Stabilität, Zuverlässigkeit und Reichweite sowie wechselnde Hindernisse in den Übertragungsstrecken stellen aber grosse Herausforderungen dar.

Die Firma Gloor Sensors AG und das Institute of Embedded Systems der ZHAW haben GSensNet 2.4 im Rahmen eines KTI-Projekts entwickelt. Eine Anschlussbox bindet handelsübliche analoge und digitale Sensoren in ein drahtloses Mesh-Network ein und übermittelt die Messdaten an einen zentralen Gateway. Jede Anschlussbox kann gleichzeitig sowohl als Router/Repeater für andere Sensoren als auch als Endknoten für den eigenen Sensor dienen. Die vermaschte Topologie erhöht den Abstand zwischen einem Sensor und dem Gateway um ein Vielfaches. Da ein Sensor oft über mehrere verschiedene Pfade erreichbar ist, heilt sich das Netz bei einem Ausfall einer Funkstrecke, beispielsweise durch ein temporäres Hindernis, oftmals selbst.

Die Anschlussboxen verbringen den grössten Teil der Zeit in einem energiesparenden Schlafzustand. In periodischen Abständen von rund 15 Minuten wachen alle Knoten gleichzeitig auf, führen Messungen durch und senden ihre Daten innerhalb einer kurzen Zeit, rund 10 Sekunden, an den Gateway. Abhängig von den individuellen Rahmenbedingungen am Einsatzort lassen sich so bis zu 100 Sensoren vernetzen. Der Anwender konfiguriert und überwacht das Netzwerk über eine intuitive, webbasierte Managementsoftware auf dem Gateway. Dieser sammelt die Messdaten aller Sensoren und leitet diese in kompakter Form an eine konfigurierbare IP-Adresse weiter.

 **Flyer: 19\_14.50.pdf**

 **Datenblatt: 19\_14.51.pdf**