

Industrie 4.0 für die Siedlungsentwässerung

Referat an der VSA-Fachtagung «Abwassermesstechnik im Zeitalter der Digitalisierung» vom 08.03.2018

04.02.2018

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institute of Embedded Systems, 8401 Winterthur

Prof. Andreas Rüst
Leiter Forschungsgruppe Internet of Things

Projektpartner: VSA – Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

Industrie 4.0

Der Begriff «Industrie 4.0» steht für die vierte industrielle Revolution. Er wurde auf der Hannover Messe 2011 das erste Mal verwendet und drückt aus, dass nach der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung nun durch die Digitalisierung und Vernetzung ein weiterer Entwicklungsschritt folgt. In der Schweiz werden die Vision und die Konzepte dieser Digitalisierung in der Industrie durch die von mehreren Verbänden getragene Initiative «Industrie 2025» vorangetrieben.

Durch die intelligente Vernetzung von Anlagen und Systemen, sowie Produkten und Menschen, werden neue Prozesse, Geschäftsmodelle und Dienstleistungen ermöglicht. Augenblicklich verfügbare Informationen erlauben dynamische, selbstorganisierende Systeme. Diese brechen bestehende Wertschöpfungsketten auf und verändern ganze Wirtschaftszweige.

Herausforderungen der digitalen Transformation

Bei der digitalen Transformation besteht in vielen Fällen eine Kluft zwischen den Möglichkeiten der Technologie auf der einen Seite und dem Verständnis der Kundenbedürfnisse und Geschäftsprozesse auf der anderen Seite. Für die Synthese eines erfolgreichen Geschäftsmodells müssen beide Seiten zusammengebracht werden. Dies bildet die Basis um konkreten Mehrwert zu schaffen.

Aus unserer Erfahrung erfordert das wirksame Umsetzen eines solchen digitalen Geschäftsmodells Kompetenzen in vier Fachgebieten:

- Vernetzung von Objekten und erfassen von Daten.
- Speichern und verarbeiten dieser Daten.
- Analyse der Daten um Erkenntnisse zu gewinnen.
- Handeln, d.h. konkretes Umsetzen der Erkenntnisse in Geschäftsprozesse.

Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der beschriebenen Fachgebiete bildet das Fundament für erfolgreiche und innovative Lösungen in der digitalen Transformation.

Lösungsansätze

Verständlicherweise existiert keine pfannenfertige Lösung, welche für alle Anwendungsfälle passt. Individuelle Anforderungen erfordern individuelle Lösungen. Die meisten System Architekturen bestehen allerdings im Wesentlichen aus (a) einem Netzwerk von intelligenten Objekten, (b) einer Service Plattform (oft auch als «Cloud» bezeichnet), sowie (c) geeigneten Service Applikationen um mit Benutzern interagieren zu können.

Die intelligenten Objekte enthalten Sensoren und Aktoren, welche mit ihrer Umwelt interagieren und mit anderen Objekten kommunizieren. Das flexible Netzwerk reduziert die anfallende Datenmenge durch angemessene örtliche Vorverarbeitung und bildet lokale Regelkreise, um zeitgerecht auf auftretende Ereignisse reagieren zu können. Die beschriebenen Objekte sind in der Regel miniaturisiert, kostengünstig und haben einen tiefen Energiebedarf.

Die verteilt erfassten und vorverarbeiteten Daten werden durch eine übergeordnete Service Plattform weiterverarbeitet. Die Service Plattform aggregiert und verknüpft sie mit Daten aus anderen Quellen, beispielsweise einem Wetterbericht, um sie in geeigneter und kompakter Form für einen schnellen Zugriff zu speichern. Zielgerichtete Analysen der aktuellen Daten in Verbindung mit historischen Daten liefern Gewinn bringende Erkenntnisse, welche gezielt in Geschäftsprozesse umgesetzt werden können, um Mehrwert zu schaffen.

Drahtlose Kommunikation in der Siedlungsentwässerung

In Schächten und im Untergrund werden Signale sehr stark gedämpft. Dies hat auf der Empfängerseite sehr tiefe Eingangspegel und damit einen schlechten Empfang zur Folge. Das drahtlose Vernetzen von günstigen, energiearmen Knoten stellt daher in der Siedlungsentwässerung eine besondere Herausforderung dar. Bewährte Funklösungen aus anderen Anwendungsgebieten können oft nicht eingesetzt werden. Die anspruchsvolle Einsatzumgebung in der Siedlungsentwässerung benötigt spezielle Lösungsansätze bezüglich Übertragungstechnik und Netzwerktopologie. Der Vortrag zeigt die Erfahrungen auf, welche wir in den vergangenen Jahren mit Low-power Funksystemen in diesem Umfeld gemacht haben.

Erfahrungen mit Funk im Untergrund

Im Jahr 2013 realisierten wir ein universelles Sensornetzwerk für Grossbaustellen. Die entwickelten Funkknoten erlauben, handelsübliche analoge und digitale Sensoren an ein vermaschtes Netz (mesh network) anzuschliessen und die Messdaten an ein zentrales Gateway zu übermitteln. Jede Anschlussbox dient gleichzeitig sowohl als Router/Repeater für andere Sensoren als auch als Endknoten für den eigenen Sensor. Durch die vermaschte Topologie kann der Abstand zwischen einem Sensor und dem Gateway um ein Vielfaches erhöht werden. Da ein Sensor oft über mehrere verschiedene Pfade (Router) erreicht werden kann, heilt sich das Netz bei einem Ausfall einer Funkstrecke (z.B. durch ein temporäres Hindernis) oftmals selbst.

Etwa zur gleichen Zeit führte die Firma Semtech Funk-Chips basierend auf der LoRa Technologie ein (Long Range). Diese sind speziell geeignet für Anwendungen mit kleinen Datenmengen, bei welchen wenig Energie zur Verfügung steht, aber hohe Durchdringung oder Reichweite gefordert sind. Im Auftrag eines Industriepartners aus der Trinkwasserversorgung haben wir Versuchsschaltungen auf verschiedenen Tiefen (bis 3m) im Erdreich vergraben. Während eines ganzen Kalenderjahres haben wir die Verbindungsqualität gemessen und mit Wetterdaten korreliert. Selbst bei durchnässtem Erdreich, welches eine höhere Dämpfung zur Folge hat, konnten wir zuverlässige Verbindungen messen. Allerdings muss die Gegenstelle dafür unmittelbar oberhalb des vergrabenen Funkknotens liegen. Die Reichweite ausserhalb des Erdreichs ist sehr eingeschränkt.

Basierend auf der LoRa Funktechnologie hat die «LoRa Alliance» den LoRaWAN-Standard für den Betrieb von sternförmigen Funknetzen mit tiefem Energiebedarf definiert. Diese Netze arbeiten in einem freien Frequenzband im Sub-Gigahertz-Bereich. Jedermann darf unter Einhaltung der Regeln eigene LoRaWAN Netze erstellen und betreiben. In den letzten 2 Jahren hat die Swisscom ein flächendeckendes Netzwerk aufgebaut, welches Kunden nutzen können. Typische Datenmengen in LoRaWAN Netzen sind etwa 100 Datenpakete mit 50 Bytes pro Tag.

Digitales Feldlabor der Eawag

Die Eawag, das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs, hat in ihrem digitalen Feldlabor in Fehraltorf ein eigenes LoRaWAN Netz zur Überwachung der Siedlungsentwässerung aufgebaut. Verteilte Sensoren erfassen Daten und melden diese über Distanzen bis zu mehreren Kilometern an zentrale Gateways. Die Erfahrungen zeigen aber klar, dass Knoten im Untergrund eine sehr eingeschränkte Reichweite haben. Die Kombination von Reichweite und Untergrund ist schwierig. Entweder hat man Reichweite oder man hat Durchdringung des Bodens. Dies deckt sich mit den oben beschriebenen Resultaten aus der Trinkwasserversorgung. Für die Eawag bedeutet dies, dass diverse Sensoren ihre Messwerte nicht automatisiert über Funk melden können.

LoRaMesh – eine innovative Lösung

LoRaMesh kombiniert die Vorteile der LoRa-Technologie mit einer vermaschten Netzwerktopologie. Die Technologie wurde in einer Forschungspartnerschaft zwischen der Eawag und dem Institute of Embedded Systems an der ZHAW entwickelt. Bestehende LoRaWAN-Netzwerke sind durch LoRaMesh einfach erweiterbar. Die Technologie erschliesst dadurch zusätzliche bisher unerreichbare Standorte im Untergrund.

Handelsübliche Sensoren können an die neu entwickelten Funkknoten angeschlossen werden und Daten erfassen. Jeder Funkknoten leitet zusätzlich zu den eigenen Daten auch die Daten von anderen Knoten weiter. Oberirdisch platzierte Funkknoten mit guter Verbindung zu einem LoRaWAN Gateway agieren als Repeater. Die Daten suchen sich automatisch den besten Weg zum Gateway. Die Wegfindung reagiert flexibel auf wechselnde Empfangsbedingungen. Eine Speicherkarte im Funkknoten verhindert einen Datenverlust, sollte ein Funkknoten einmal nicht erreichbar sein. Die Funkknoten an der Oberfläche und im Untergrund setzen die baugleiche Hardware und Software ein.

LoRaMesh im Feldtest

Die neuentwickelte Technologie wurde erfolgreich im «Digitalen Feldlabor» der Eawag in Fehraltorf getestet. Der oberirdische Funkknoten wurde am Kandelaber einer Wegbeleuchtung angebracht und diente mehreren Funkknoten im Untergrund als Repeater. Unterirdische Sensoren, welche vorher keine oder nur eine sehr unzuverlässige Verbindung zum Gateway aufwiesen, konnten nun ihre Messwerte zuverlässig übermitteln. Zurzeit beginnt die zweite Testphase mit einer höheren Anzahl Funkknoten. Es stehen total 30 Funkknoten zur Verfügung, welche an verschiedenen Standorten getestet werden.

Im «Digitalen Feldlabor» erfolgt unter anderem eine drahtlose Vernetzung von Entlastungsbauwerken. Einerseits messen Ultraschallsensoren die aktuellen Pegel in den Überlaufbecken, andererseits erfassen kapazitive Sensoren, wann die Überläufe ansprechen und Wasser abfließt. Die Vernetzung ermöglicht eine räumlich differenzierte Langzeitüberwachung von Kanalpegeln und –abflüssen. Dies wiederum schafft die Grundlagen für eine lokale, saisonabhängige Abflusskomponentenseparation.

Schlussfolgerungen

LoRaMesh ermöglicht die drahtlose Kommunikation mit Sensoren und Aktoren an bisher unzugänglichen Standorten. Durch die in nahezu Echtzeit verfügbaren Daten werden innovative, datengetriebene Dienstleistungen realisierbar. Vorstellbar sind unter anderen dynamisch an Wetterbedingungen anpassbare Entwässerungssysteme, individuelle Verrechnungen von Abwassermengen oder eine vorausschauende und zustandsorientierte Instandhaltung (Predictive Maintenance).

Die Umsetzung solcher datengetriebenen Dienstleistungen erfordert interdisziplinäre Zusammenarbeiten. Mit LoRaMesh steht eine innovative Technologie zur Verfügung, um Messwerte aus dem Untergrund zeitnah auf einer zentralen Service Plattform verfügbar zu machen. Was ist Ihre Idee für eine Dienstleistung? Die LoRaMesh-Technologie steht bereit, um die Machbarkeit Ihres Geschäftsmodells zu zeigen und iterativ zu verfeinern.