



Bild: Virtual Vehicle

Die Forschungsrakete Candle 2 von Space Forest arbeitet mit der DEWI-Bubble

Drahtlose Sensornetzwerke

Neue Möglichkeiten für das Internet der Dinge

Drahtlose Sensoren sind nicht nur eine Variante ohne Kabel, sie eröffnen ganz neue Möglichkeiten. Das europäische Forschungsprojekt DEWI zeigt in praktischen Anwendungsszenarien, wo die Potentiale von Wireless-Sensor-Netzwerken liegen.

Tobias Meyer ist freier Mitarbeiter der KEM Konstruktion

Die Grundidee von DEWI (Dependable Embedded Wireless Infrastructure) ist es, ein zuverlässiges, intelligentes und vernetztes Umfeld zu schaffen, sei es im privaten oder beruflichen Alltag. Viele zurzeit existierende drahtlose Lösungen sind jedoch noch nicht soweit ausgereift, dass sie verkabelte Lösungen am Markt ersetzen könnten. Vor drei Jahren begannen daher 58 europäische Industrie- und Wissenschaftspartner mit insgesamt 500 Forschern aus 11 Ländern ein Projekt, mit dem sie die drahtlose Sensorik und das Internet der Dinge in Automotive, Luftfahrt, Bahnverkehr und Gebäudetechnik

voranbringen wollten. Nun wurden in Graz die Ergebnisse vorgestellt. Den DEWI-Forschern ging es vorrangig nicht darum, bessere Sensor-Hardware zu entwickeln, denn der Markt erfüllt hier bereits fast immer die Wünsche der Ingenieure; war dies nicht der Fall, scheute man sich aber nicht, fehlende Technik selbst zu entwickeln. In den meisten Teilprojekten wurden handelsübliche Lösungen in ein neues Prinzip gesteckt, das so ganz neue Möglichkeiten eröffnet. Zudem sollte das Projekt zeigen, dass drahtlose Technik im Vergleich zu kabelgebundene Lösungen ebenso zuverlässig – oder vielleicht sogar zuverlässiger – arbeiten kann.

Das Prinzip ist einfach erklärt: Drahtlose Sensoren und Aktoren – Nodes genannt – bilden miteinander ein Netzwerk; eines oder meh-

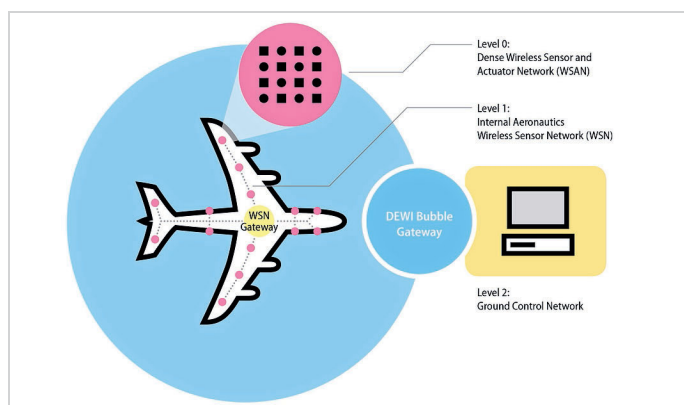


Bild: Virtual Vehicle

Funktionsschema der DEWI-Bubble für den Use-Case der Turbulenzreduktion in einem Flugzeug

rere davon konstituieren zusammen mit den Usern und sogenannten Gateways die „DEWI-Bubble“. Diese Bubble ist lokal begrenzt, fokussiert sich auf kurzreichweitige Kommunikation und kann beispielsweise ein ganzes Fahrzeug oder ein ganzes Gebäude umfassen, oder eben auch nur einen Teil davon. Das Gateway ist die einzige Verbindung der Bubble mit der Außenwelt und verbindet sie über IP mit einer anderen Bubble, externen Usern oder mit dem Rest der Infrastruktur. Das Prinzip umfasst damit eine konzeptionsintegrierte Sicherheitsfunktion (Security by design), da ein direkter Zugriff von außen auf einzelne Sensoren, Aktoren oder User innerhalb der Bubble – und umgekehrt – nicht möglich ist. Der Standard wurde offen konzipiert, die Bubble organisiert sich – wenn nötig – selbst und kann beliebig umkonfiguriert und auch skaliert werden. In 21 industriegetriebenen Use-Cases zeigen die Forscher, was damit alles möglich wird. „Wir wollen damit das Vertrauen in die drahtlose Technik verbessern, da diese in vielen industriellen Anwendungen noch skeptisch beäugt wird“, sagt DEWI-Projektkoordinator Werner Rom vom Forschungszentrum Virtual Vehicle in Graz. Daher wurde auch Wert auf Robustheit gelegt und eingeplant, was passieren muss, wenn etwa auf Grund elektromagnetischer Störungen ein Knoten ausfällt. Hierzu fand man Algorithmen, die ein möglichst (energie-)effizientes Rerouting ermöglichen, wofür auch eigene Protokolle entwickelt und bestehende modifiziert wurden.

Praxisnahe Use-Cases zeigen was möglich ist

In Luft- und Raumfahrt muss Kommunikationstechnik mit hohen Standards, nennenswerten elektromagnetischen Interferenzen und rauen Umgebungsbedingungen umgehen können, daher wird bisher auf Grund von Sicherheitsbedenken nur selten auf drahtlose Kommunikation gesetzt: Das Telemetriesystem einer Ariane-Rakete umfasst bis zu 800 Sensoren und tausende Kabel, die über die Rakete verteilt sind. 70 % des Gewichts der Avionik, also aller elektrischen und elektronischen Geräte an Bord, fallen auf Kabel. Im Rahmen von DEWI hat das polnische Unternehmen Space Forest eine Forschungsrakete mit einem drahtlosen System ausgestattet, womit Gewicht eingespart, der Treibstoffverbrauch reduziert und die

Nutzlast entsprechend erhöht werden konnte. In der Rakete Candle 2 arbeiten 36 Sensoren in einer Bubble und versorgen via Gateway das vom spanischen Unternehmen Thales Alenia Space entwickelte Satellitenrekorder-/Transponder-Modul MTL (Multilink Telemetry Logger) sowie das Telemetrie-Modul RFTM (Radio Frequency Trajectory Measurement), das von der Technischen Universität Danzig stammt. Die Systeme arbeiten bereits gut zusammen, ein Testflug im Oktober 2016 wurde erfolgreich absolviert. „Neben der Gewichtseinsparung sind drahtlose Systeme auch weniger anfällig für Vibrationen und Witterungseinflüsse“, erklärt Rom.

Auch Ingenieure der zivilen Luftfahrt kämpfen mit ähnlichen Problemen: In einem A380 während der Wartung ein defektes Kabel zu finden, das einen Sensor ansteuert, gestaltet sich als beinahe unmöglich, die insgesamt 500 km langen Stränge sind als dicke Bündel quer durch den Rumpf verlegt – bei jeder Fluglinie anders, da jede ihre Ausstattung individuell zusammenstellt. Ebenfalls äußerst schwierig ist das nachträgliche Verlegen zusätzlicher Leitungen, wenn etwa Systeme nachgerüstet werden: Es ist schlicht kein Platz. Das DEWI-System ist hier wesentlich flexibler, neue Sensoren können einfach eingebaut und in die Bubble eingebettet werden. Im Rahmen von DEWI kommen so auch Ideen wieder auf den Tisch, die auf dem Papier zwar schon länger existieren, nun aber praxisnah ausgearbeitet werden können: Um Turbulenzen auf einem Flug-



Die DEWI-Partner um Projektkoordinator Werner Rom (vorne rechts) trafen sich zur Präsentation ihrer Ergebnisse im österreichischen Graz

zeugflügel auszugleichen, wird über dessen gesamte Fläche ein Netzwerk von Sensoren und Luftdüsen (Aktoren) verteilt. So kann punktuell auf Turbulenzen reagiert werden, was den Luftwiderstand verringern und somit Treibstoff sparen kann. Das funktioniert aber nur wirklich gut, wenn es großflächig eingesetzt wird: Kabeltechnik würde lediglich einige Sensoren und Düsen ermöglichen, das System wäre so praktisch aber nicht arbeitsfähig. Die drahtlose DEWI-Bubble kann nun aber beliebig viele Sensoren und Düsen auf der gesamten Flugzeugoberfläche vernetzen. In diesem Fall wird die Bubble mehrschichtig aufgebaut: Sensoren und Aktoren werden dabei in Gruppen zusammengefasst, einem Patch. Sie bilden den sogenannten Level 0, dort findet bereits eine Vorverarbeitung, Filterung und Kompression statt, was die Datenrate verbessert und so die Skalierbarkeit steigert. Auf Level 1 sind die Patches untereinander drahtlos vernetzt, ein interner User fungiert als Steuereinheit und verbindet die Patches mit dem Netzwerk des Flugzeugs. Das Teil-



Das Team von Volvo reiste mit einem LKW zum DEWI-Abschlusstreffen an und zeigte die integrierte Bubble

Projekt befindet sich derzeit noch im Modellstatus: „Da steht uns noch sehr viel Arbeit bevor, besonders in der Simulation, dennoch sind wir optimistisch“, sagt Ramiro Robles vom Forschungszentrum ISEP/Cister in Portugal.

Weiter sind seine Kollegen im Automotive-Sektor: In einem LKW sind bis zu 100 kg Verkabelung notwendig, eine Verschlangung könnte auch hier bares Geld sparen. Projektpartner Volvo identifizierte in seinen Lastwagen je nach Typ zwischen 40 und 70 m Kabel, die drahtlos ersetzt werden könnten. Bei einer jährlichen Produktion von 100.000 LKW könne man so 5000 km Kabel einsparen, was 18 t Kupfer und 33 t Plastik entspricht. Zudem haben die drahtlosen Systeme weitere Vorteile: Die Ingenieure können einen Sensor nun beliebig positionieren, an Orten, die vorher schlicht unmöglich waren. Bei der Montage kann ebenfalls Zeit gespart werden, zudem eliminiere man potentielle Fehler an Steckverbindern und Leitungen, die gerne anfällig auf Schmutz und Korrosion reagieren. Volvo realisierte im Rahmen von DEWI einen Füllstandssensor im Dieseltank, der so ohne Durchbruch der Tankwand auskommt. Hierfür war eine Short-Range-/Low-Rate-Verbindung mit 250 kbps ausreichend. „Wir glauben an diese Technik. Bisher konnten wir erst einen kleinen Teil der nicht sicherheitsrelevanten Kabel ersetzen. Künftig wollen wir das aber noch weiter ausbauen“, sagt Volvo-Entwicklungsingenieur Dhasarathy Parthasarathy. Wichtig ist hier die eindeutige Abgrenzung der Bubbles, da es im Verkehr durchaus passieren kann, dass sich die Sensoren von mehreren Bubbles – z.B. zwei LKWs, insbesondere unterschiedlicher Frächter – in unmittelbarer Nähe zueinander befinden. In diesem Fall dürfen Sensoren der Bubble A niemals Daten an den Gateway der Bubble B schicken. Gleichzeitig müssen verschiedene Bubbles – etwa die des Anhängers und die der Zugmaschine – zusammenarbeiten. Das Prinzip der Bubble

macht dies möglich. Im Rahmen von DEWI wurde zudem erarbeitet, wie drahtlose Software-Updates – ein aktuelles Auto umfasst etwa 70 bis 80 elektronische Steuergeräte – auch außerhalb von Werkstätten, z.B. beim Parken, stattfinden können.

Noch alle Wagons am Zug?

Automatisch festzustellen, wie Eisenbahnzüge zusammengesetzt sind, war bislang relativ schwierig. Auch auf der Schiene konnte im Rahmen von DEWI daher ein System entwickelt werden, das Vorteile im Betrieb bringen soll. Ein System ohne Kabel kann beispielsweise einfach an einen zusätzlich angehängten Wagon geklemmt und als neuer Node in eine schon bestehende Bubble integriert werden. Sie umfasst hier einen Güterzug und soll dessen Monitoring für Sicherheitssysteme und die Crew ermöglichen. So kann die Zusammenstellung der rollenden Fracht ständig eindeutig bestimmt werden.

Die Sensoren „reden“ innerhalb der Bubble miteinander und erstellen automatisch Informationen für den Zugbetreiber zur Verfügung. Neben der Zusammensetzung des Zugs (Train composition) ist insbesondere die Frage, ob der Zug als solcher noch ganz ist (Train integrity) oder eventuell Wagons verloren gegangen sind, von sicherheitstechnischer Bedeutung im Eisenbahnwesen. An der Universität von Lettland entwickelte dafür das Team des Instituts für Mathematik und Computerwissenschaften eine DEWI-Bubble, deren Nodes auf drei unterschiedlichen Prinzipien basieren und damit sicherheitstechnische Redundanz gewährleisten: der erste Sensor am Wagon arbeitet mit Ultraschall, die zweite Einheit liefert Daten zu Beschleunigung, GPS und RSSI (Signalstärke), Nummer drei ist ein simpler Reed-Kontakt.

Sämtliche Sensoren am Zug schicken ihre Daten an ein Gateway, das diese speichert und an das eigentliche Monitoring-System weitergibt. Dort wird ständig überprüft, ob alle Wagons ordnungsgemäß im Zug laufen, zudem sollen hier auch die Länge und das Gewicht des Zuges einsehbar sein, um die Zusammenstellung des Zuges künftig besser managen zu können. Das System arbeitet auf der Basis von XBee-Funk, der auf mehrere km Reichweite kommt. Für europäische Güterzüge mit einer Länge zwischen 700 und 800 m ist das absolut ausreichend. Die Technik arbeitet solarbetrieben und ist daher unabhängig von der Stromversorgung, da Güterwagen normalerweise nicht über entsprechende Anschlüsse verfügen. Das System wurde bereits auf der Schiene getestet, hierfür musste auch spezielle Hardware – insbesondere Sensoren – entwickelt werden, da es entsprechende Lösungen am Markt nicht gab.

Drahtlose Katastrophenhilfe

Ein weiteres Anwendungsbeispiel für die drahtlosen Sensornetze ist die Gebäudetechnik. Einfache Lösungen ermöglichen komplexe Lichtsteuerungen, ohne dabei jeden Schalter und jede Lichtquelle (außer für die Stromversorgung) per Kabel anbinden zu müssen. Zusätzliche Datenleitungen sind dank DLAN zwar hier sowieso nicht mehr nötig – Steuersignale können einfach über die

Stromleitung mitgesendet werden – komplett drahtlos ist aber noch einfacher, da so auch die Steuereinheit mobil agieren kann. Die mit Phillips auf Basis von IEEE 802.15.4 entwickelte Lösung kommt auf 300 ms Latenzzeit und funktioniert daher ohne erkennbare Verzögerung. Für Sicherheitssysteme werden in einer Bubble zudem Informationen aus verschiedenen Datenquellen in einem Gebäudekomplex erfasst, analysiert und verdichtet, um ein Lagebild insbesondere für sicherheitskritische Situationen wie chemische Unfälle oder Brände wiederzugeben. Für schwerwiegende Krisenfälle – wie beispielsweise terroristische Attacken – kommen neben Gesichtserkennungsmethoden auch mobile Sensoren wie Drohnenschwärme zum Einsatz. „Neben einer einfachen Kontrolle via NFC, wer wann wo rein und raus geht, können wir z.B. realisieren, dass den Laptop auch nur sein Besitzer aus dem Raum tragen darf“, erklärt Marcin Cylkowski von der polnischen Sicherheitstechnik-Firma Vemco.

Gute Aussichten für die Zukunft

Laut Projektkoordinator Rom haben die Ergebnisse seine hohen Erwartungen weit übertroffen: „Der Chef der europäischen Alliance for Internet of Things Innovation sagt mir, die DEWI-Architektur sei das elaborierteste, was er in diesem Bereich bisher gesehen habe. Die Schaffung der High-Level-Architektur an sich ist daher einer der großen Durchbrüche, die dieses Projekt geschafft hat. Auch in der semantischen Interoperabilität konnten wir für die Branche große Fortschritte erzielen, sprich die beteiligten Komponenten können alle – auch über Industriebereichsgrenzen hinweg – mit den erzeugten Informationen umgehen. Das bedeutet aber nicht, dass wir ein Stück Hardware künftig einfach so zwischen einem Auto und einem Flugzeug hin und her tauschen können – das war aber auch nie das Ziel. Die ISO hat zudem bereits eine Referenzarchitektur für Sensornetze erstellt, mit der alles unter DEWI Entwickelte verträglich ist. Wir haben aber einige Punkte wesentlich stärker detailliert. Zudem haben wir auch eine aktive Kooperation mit der zuständigen ISO-Gruppe (ISO/IEC JTC 1/WG 7), für die wir einige Technical Reports geschrieben haben, die die Umsetzung einiger DEWI-Use-Cases beschreiben. So sollen die ISO-Standards durch unsere praktischen Erfahrungen nachgeschärft und gegebenenfalls erweitert werden können. Mit unseren 21 Use-Cases waren wir hier für die ISO extrem attraktiv.“

DEWI war grundlegend darauf ausgerichtet, zuverlässige robuste Drahtlos-Lösungen zu entwickeln und hatte nur bedingt sicherheitskritische Anwendungen (inkl. Datensicherheit und Datenschutz) oder die Erweiterung der DEWI-Bubble in Richtung langreichweitige Kommunikation im Fokus. Für einige Partner war das völlig ausreichend, Volvo etwa will mit seinem System zwischen 2022 und 2025 in den Markt gehen. Für andere sind noch Fragen offen, die nun im bereits gestarteten Folgeprojekt SCOTT (Secure Connected Trustable Things) geklärt werden sollen. Viele der DEWI-Partner sind daher auch hier wieder im Boot, zudem kamen zahlreiche neue dazu, auch, weil der Bereich Gesundheit ergänzt wurde. Das ebenfalls vom Virtual Vehicle geleitete Forschungsprojekt soll die DEWI-Architektur insbesondere hinsichtlich Cyber-Security und Datenschutz

ausbauen und letztendlich ein gesteigertes Vertrauen in Drahtlos-Lösungen schaffen, um die „Last mile to market“ zu überwinden. Dafür werden neben den technischen Fachleuten auch Human- und Sozialwissenschaftler eingebunden, um die Akzeptanz drahtloser Systeme zu verbessern. Um Sicherheit und Privatsphäre, aber auch eine unkomplizierte Nutzung zu gewährleisten, soll ein Trusted-System-Development-Framework entwickelt werden, also ein genereller Entwicklungsrahmen für vertrauenswürdige Systeme und alle Anwendungsfälle. Eine eigens entwickelte Metrik für „messbare Sicherheit und Datenschutz“ soll schließlich eine neuartige, international anerkannte Datenschutz-Kennzeichnung für Systeme und Systemgruppierungen schaffen.

SCOTT erarbeitet in 15 Use-Cases aus unterschiedlichen Bereichen praxisnahe Lösungen, der Fokus wird auf bereichsübergreifende Anwendungsfälle und heterogene Umgebungen gerichtet sein, wobei Aspekte von 5G sowie Cloud-Computing besonders betont werden. Zudem entwickeln die Forscher 50 wiederverwendbare Technologie-Bausteine (Software, Hardware, Prozesse, Methoden etc.) für Datenschutz-/sicherheit, verteilte Cloud-Integration, Energieeffizienz-/autonomie von Geräten und Referenzarchitektur/-implementen-



Bild: Virtual Vehicle

Das System zum aktiven Turbulenzausgleich ist noch im Modelstatus, die Bubble funktioniert aber schon: In einem Miniwindkanal steckt ein einzelner Flügel, die Aeronautik-Systeme simuliert ein Laptop

tierungen. Dies soll die Kombinierbarkeit von IoT-Systemen sowie die gemeinsame Nutzung von vertrauenswürdigen Drahtlostechnologien und -diensten über verschiedene Industriebereiche hinweg ermöglichen.



Details und Kontaktmöglichkeiten finden sich auf den Webseiten der beiden Projekte DEWI und SCOTT:
www.dewi-project.eu
www.scottproject.eu

Im Video (QR-Code) wird das Praxisbeispiel im Güterzug gezeigt:
www.hier.pro/ILDcy

KIEM INFO