Carsten Pinnow, Stephan Schäfer

DIN

Industrie 4.0

Safety und Security - Mit Sicherheit gut vernetzt

Branchentreff der Berliner und Brandenburger Wissenschaft und Industrie

Beuth

Industrie 4.0 – Safety und Security – Mit Sicherheit gut vernetzt

(Leerseite)

DIN

Carsten Pinnow
Stephan Schäfer

Industrie 4.0 – Safety und Security – Mit Sicherheit gut vernetzt

Branchentreff der Berliner und Brandenburger Wissenschaft und Industrie

1. Auflage 2017

Herausgeber:
DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Berlin · Wien · Zürich
Am DIN-Platz
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0
Telefax: +49 30 2601-1260
Internet: www.beuth.de
E-Mail: kundenservice@beuth.de

Titelbild: © Blue Island, Benutzung unter Lizenz von shutterstock.com
Satz: Meta Systems Publishing & Printservices GmbH, Wustermark
Druck: Colonel, Kraków
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-26406-4
ISBN (E-Book) 978-3-410-26407-1

Inhalt

EchoRing™ – Wireless Safety durch Massive Kooperation

Christian Dombrowski und Dr. Mathias Bohge – R3 Reliable Realtime Radio Communications GmbH

Abstract

Kabellose Kommunikation ist die Basis aller IoT- (Internet-of-Things) und Industrie-4.0-Zukunftsszenarien. Die Vernetzung von vielen Milliarden Geräten durch Kabel ist nicht realisierbar. In vielen Bereichen ist heute der Verzicht auf Kabel nicht vorstellbar, da die kabellose Übertragungstechnik als grundlegend unzuverlässig wahrgenommen wird. Eine neue Generation Kabellos-Übertragungstechnik muss bezüglich Echtzeitfähigkeit und Zuverlässigkeit signifikante Verbesserungen mit sich bringen. Das EchoRing™-System ist eine neuartige Übertragungstechnik, die auf massiver Kooperation basiert. Dabei ist grundsätzlich jeder Knoten in der Lage, die Kommunikationsaufgaben benachbarter Knoten zu übernehmen. Die Zuverlässigkeit eines auf massiver Kooperation basierenden Systems steigt dadurch mit der Anzahl der im System existenten Kommunikationsknoten – im Gegensatz zu anderen Systemen, deren Zuverlässigkeit sich antiproportional zu der Anzahl kommunizierender Knoten verhält. In diesem Beitrag wird das Prinzip der massiven Kooperation vorgestellt, mit anderen Systemen verglichen, und es werden EchoRing™ Anwendungsszenarien aufgezeigt.

1 Einführung

In Fabriken spielt die Informations- und Kommunikationstechnik eine wichtige Rolle. Auch die Koordination von Fließbändern, Robotern und aktuellen Lagersystemen ist ohne netzwerkgebundenen Datenaustausch nicht denkbar. Ebenso läuft die Kommunikation unter den Mitarbeitern einer Fabrik inzwischen fast ausschließlich auf digitalem Wege. Allerdings basiert nur ein vergleichsweise geringer Anteil des Datenaustauschs in heutigen Fabrikhallen auf Basis drahtloser Kommunikationssysteme. Der Grund für die Vorherrschaft kabelgebundener Systeme liegt in deren vergleichsweise hohen Zuverlässigkeit, Ausfall- und Abhörsicherheit, sowie den geringen Verzögerungszeiten, die beim Zugriff auf das Übertragungsmedium entstehen. Insbesondere für die Steuerung und Regelung von Produktionsmitteln wie Robotern sind diese Eigenschaften unabdingbar, da verzögerte, verfälschte oder sogar fehlende Steuer- und Regelungssignale bei der Güterproduktion signifikanten Schaden anrichten können.

Im Kontext des Zukunftskonzepts Industrie 4.0 wird sich die Vernetzung unter den verschiedenen Einheiten in der Produktion signifikant erhöhen [1]. Der Grad der Vernetzung von Produktionsmitteln, -gütern, Maschinen und Mitarbeitern wird so hoch sein, dass sich eine kabelbasierte Vernetzung nicht mehr darstellen lassen wird. Gleichzeitig werden die Ansprüche an die Zuverlässigkeit der genutzten Netzwerke mindestens im gleichen Umfang bestehen bleiben. Da Standard-Kabellossysteme nicht in der Lage sind, Paketfehlerraten im Bereich von $P_{Fehler} < 10^{-6}$ in Echtzeit darzustellen, müssen auf Echtzeit und Zuverlässigkeit spezialisierte Systeme genutzt werden, die diesen Ansprüchen genügen.

R3 Communications' EchoRing™ System [2] ist eines dieser hochzuverlässigen und gleichzeitig echtzeitfähigen Kabellossysteme. Es ist das erste Kabellossystem, das auf massiver Kooperation basiert und es befindet sich derzeit in der Entwicklung zur Serienreife. In den folgenden Kapiteln werden die Herausforderungen der kabellosen Kommunikation dargestellt und das Prinzip der Kooperation näher erklärt.

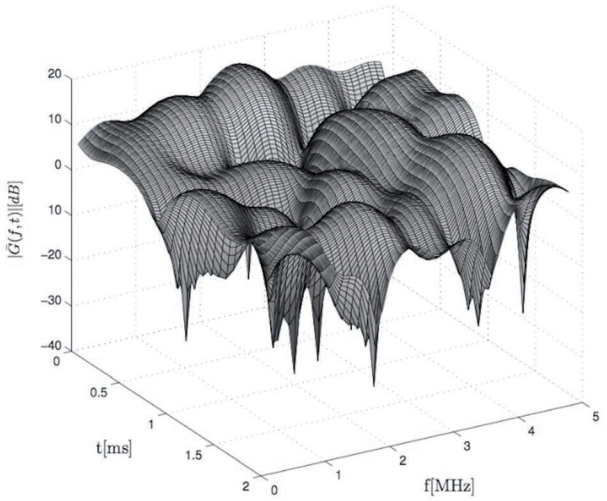

Bild 1: Zeit- (t) und Frequenz- (f) Selektivität des kabellosen Kanals an einer bestimmten Stelle im Raum

2 Kommunikation über den kabellosen Kanal

Der grundlegende Unterschied zwischen einer kabellosen und einer kabelgebundenen Datenübertragung ist die variierende Kanalqualität im kabellosen Fall. Der kabellose Kanal ist in den Dimensionen Zeit *t*, Frequenz *f* und Raum *x,y,z* selektiv. Das bedeutet, dass die Kanalgüte *G* in einem bestimmten Frequenzbereich an einem bestimmten Ort über die Zeit variiert (vgl. Bild 1). Ein Frequenzbereich, der zu einem bestimmten Zeitpunkt für eine Datenübertragung mit hohen Raten exzellent geeignet ist, kann kurze Zeit später für diese Übertragung völlig ungeeignet sein (Zeitselektivität). Ebenso kann die Kanalgüte eines zum Startzeitpunkt ungeeigneten Frequenzbereiches in diesem Moment eine wesentlich bessere Kanalgüte haben als der nun unbrauchbare erste Frequenzbereich (Frequenzselektivität). Außerdem können sich die Kanalgüte-Beobachtungen an verschiedenen Positionen im Raum signifikant voneinander unterscheiden (räumliche Selektivität). Neben den Positionen von Sender und Empfänger sind die Mehrwege-Ausbreitung des Signals und Hindernisse im Raum sowie sich im Raum bewegende Objekte für die Selektivität der Kanalgüte verantwortlich, wobei die für die Kanalgüte maßgeblich verantwortliche Signaldämpfung aus deterministischen (Pfadverlust) und zufälligen Komponenten (Shadowing, Fading) besteht [3].

2.1 Gründe für Übertragungsfehler

Eine direkte Folge hieraus ist die Tatsache, dass ein gesendetes Signal nicht zwangsläufig beim Empfänger ankommen muss. Befindet sich der Empfänger zum Übertragungszeitpunkt an einer ungünstigen Stelle im Raum, an der die Kanalgüte extrem niedrig ist (einem „Fadingloch“), ist der Empfang des Signals unmöglich. Doch selbst, wenn sich der Empfänger zum Übertragungszeitpunkt an einer besonders günstigen Position befindet, ist der korrekte Empfang des Signals nicht sichergestellt, da aufgrund der Broadcast-Natur des drahtlosen Kanals alle elektromagnetischen Schwingungen, inklusive aller Nutz- und Störsignale von der Antenne des Empfängers, als Interferenz oder Rauschen eingefangen werden und nicht ohne Weiteres vom eigentlich gewünschten Signal unterschieden werden können. Unterschreitet das Verhältnis von gewünschtem Signal und Rauschen plus Interferenz (Signal-to-Noise-plus-Interference Ratio – SNIR) einen bestimmten Wert, ist der Empfang mit anschließender Dekodierung des Signals nicht mehr möglich, was einen Übertragungsfehler zur Folge hat. In paketvermittelnden Netzwerken wird die Übertragungszuverlässigkeit darum oft in einer Paketfehlerwahrscheinlichkeit angegeben bzw. als Paketverlustrate gemessen.

2.2 Maßnahmen gegen Übertragungsfehler

Zu den wichtigsten Mitteln, um Übertragungsfehler zu vermeiden, gehören Kodierungs- und Wiederholungsmechanismen [4]. Im Falle der *Kodierung* wird die Übertragung durch zusätzliche Information (Redundanz) abgesichert. Im einfachsten Fall kann man sich vorstellen, dass jedes Bit nicht ein Mal, sondern in drei Kopien übertragen wird. Ein Bitfehler kann hierdurch durch eine einfache Mehrheitsentscheidung unter den Kopien korrigiert werden. Je nachdem, ob man die Kopien auf der gleichen Frequenz nacheinander oder über verschiedene Kanäle gleichzeitig überträgt, unterscheidet man zwischen Zeit- und Frequenzkodierung. Bei Mehrantennensystemen ist außerdem eine räumliche Kodierung möglich. Nachteilig an der Kodierung ist sowohl die Verringerung der Übertragungskapazität (bestimmt durch die Kodingrate=Nutzdaten/[Nutzdaten+Redundanzdaten|), als auch die erhöhte Komplexität, die Rechenleistung und -zeit benötigt.

Im Falle der *Wiederholung* wird ein Datenpaket so oft wiederholt gesendet, bis es fehlerfrei am Empfänger angekommen ist. Dazu ist es nötig, dass der Empfänger erstens erkennen kann, ob eine Übertragung geglückt ist, und zweitens in der Lage ist, den fehlerfreien Empfang dem Sender zu signalisieren. Hierzu sendet der Empfänger eine Empfangsbestätigung (engl. *acknowledgement – ACK*) an den Sender, indem er ihm den korrekten Empfang des Pakets bestätigt. Solche Mechanismen sind allgemein als Automatische-Wiederholungsanfrage-(engl. *automatic repeat request* – ARQ)Methoden bekannt. Üblicherweise wird die Wiederholung der Daten in der Zeitdomäne vorgenommen, d. h., die Wahrscheinlichkeit einer geglückten Wiederholung hängt davon ab, ob sich der Kanal aufgrund der Zeitselektivität in der Zeitspanne zwischen Versenden des Originalpakets und der Wiederholung in einem Maße gebessert hat. Einige Systeme nutzen außerdem die Frequenzselektivität des Kanals aus, indem sie die Wiederholung auf einer anderen Frequenz übertragen. Mehrantennensysteme können außerdem durch einen Wechsel der Antennenkonfiguration die räumliche Diversität ausnutzen. Zu den Nachteilen der ARQ-Mechanismen gehören der regelmäßige Overhead, der durch das Versenden der Bestätigungen zustande kommt, sowie der individuelle Overhead, den ggf. die Wiederholungen verursachen. Außerdem schränkt die Nutzung mehrfacher Wiederholungen die Echtzeitfähigkeit des Systems stark ein.

Die genannten Nachteile der oben beschriebenen Fehlerkorrekturmechanismen lassen den Schluss zu, dass Zuverlässigkeit und Latenzperformance eines Systems in einem antiproportionalen Verhältnis zueinander stehen. Das bedeutet, dass es relativ leicht ist, ein sehr zuverlässiges System mit großen Latenzen oder ein echtzeitfähiges System mit großer Fehleranfälligkeit zu designen, es

aber schwierig ist, die Echtzeitfähigkeit und Hochzuverlässigkeit eines Systems gleichzeitig zu optimieren. Aus diesem Grund wird derzeit mit Hochdruck an verschiedenen neuen Architektur-Prinzipien für hochzuverlässige Echtzeit-Kabellossysteme gearbeitet. Eines dieser Prinzipien ist die Kooperation zwischen Kommunikationsknoten. Sie wird im nächsten Abschnitt näher erklärt.

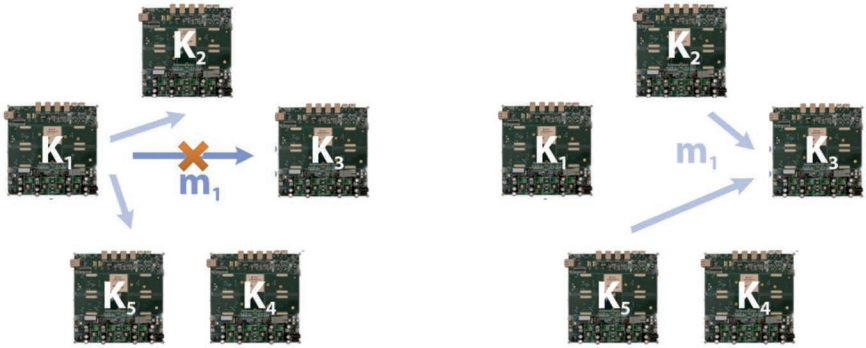

Bild 2: Prinzip der expliziten Kooperation im Fall von Relaying bei Übertragung von K_1 zu K_3

3 Kooperation verschiedener Knoten eines kabellosen Systems

Das Wort Kooperation (lat. *cooperatio*) beschreibt das zweckgerichtete Zusammenwirken von Handlungen mehrerer Einheiten, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen. Wichtig hierbei ist die Zweckbindung, da ein zufälliges Zusammenwirken keine Kooperation, sondern eine Interaktion beschreibt.

Im Falle von Kooperation von Kommunikationsknoten eines Systems kann zwischen (1) sozialer, (2) operationaler und (3) kommunikativer Kooperation unterschieden werden [5]. Während die soziale Kooperation vor allem die individuelle Freiheit jedes Einzelnen berücksichtigt, Teil eines größeren Systems zu sein, oder sich dagegen zu entscheiden (z. B. durch Ein- und Ausschalten des Geräts ohne Rücksicht auf die Performance anderer Nutzer), beschreibt die operationale Kooperation zumeist die Ende-zu-Ende-Funktion eines Systems mit heterogenen Technologien (z. B. Anruf eines Festnetztelefons aus dem Mobilfunknetz). In unserem Fall geht es um die kommunikative Kooperation, die wiederum in (a) implizite und (b) explizite kommunikative Kooperation unter-

teilt werden kann. Bei der impliziten Kooperation wird ein Zustand von Fairness und Respekt auf passive Weise erhalten, d. h., die Methodik jedes einzelnen Nutzers basiert auf Prinzipien, die ein kooperatives/faires Verhalten implizit sicherstellen. Ein Beispiel ist das Transport Control Protocol (TCP): Jeder Nutzer evaluiert eigenständig, ob der Kanal überlastet ist, und reagiert nach einer vorgegebenen Gesetzmäßigkeit auf einen solchen Kanal durch Reduktion des eigenen Datenflusses. Im Gegensatz dazu sorgt bei der expliziten Kooperation ein gemeinsames Framework für den nötigen aktiven Datenaustausch zwischen den Knoten des Systems, sodass gemeinsam eine beste Lösung bezüglich des Kooperationsziels gefunden werden kann.

3.1 Kooperation durch Relaying

Eines der wichtigsten Kooperations-Frameworks in kabellosen Systemen ist das Relaying. Beim Relaying werden grundsätzlich Daten eines Senders, der außerhalb des Empfangsgebiets eines angestrebten Empfängers liegt, durch einen dritten Kommunikationsknoten, dem Relay, der durch seine Position dazu in der Lage ist, empfangen und an den eigentlichen Empfängerknoten weitergeleitet. Hierdurch entsteht dem Relay kein unmittelbarer Vorteil, er kann als Knoten eines explizit kooperativen Frameworks aber davon ausgehen, dass auch seine Pakete an potenzielle Empfänger weitergeleitet werden, in deren Empfangsgebieten er sich nicht befindet.

Neben dem Nutzen von Relays zur Erweiterung der Sende- und Empfangsradien in einem System, können Relays auch genutzt werden, um die Zuverlässigkeit eines Systems zu erhöhen. Nutzt man die Relays, wie in [6] beschrieben, um ARQ-Wiederholungen für den eigentlichen Sender zu übernehmen. Hierdurch wird neben der zeitlichen auch die räumliche Diversität des kabellosen Kanals ausgenutzt, um die erfolgreiche Übertragung der Daten sicherzustellen. Die grundsätzliche Funktionsweise kann gut an Bild 2 erklärt werden: Bei der Übertragung der Nachricht m_1 von K_1 zu K_3 befindet sich der kabellose Kanal zwischen den beiden Knoten in einem Zustand, der den korrekten Empfang von Nachricht m_1 nicht zulässt. Im Gegensatz dazu können aber Knoten K_2 und K_5 Nachricht m_1/ *fehlerfrei empfangen. Sie haben also potenziell die Möglichkeit,* m_1 *zu speichern und bei Bedarf weiterzuschicken. Wenn nun* K_3 *den Empfang von* m_1 *nicht bestätigt, kann die ARQ-Wiederholung je nach Bedarf und Positionierung von* K_2 *und/oder* K_5 *vorgenommen werden.*

Der positive Effekt, der durch den Nutzen von Relays im ARQ-Mechanismus entsteht, ist von den Graphen in Bild 3 ablesbar: Mit jedem Knoten der als Relay-Kooperationspartner im ARQ Prozess zur Verfügung steht, sinken die Paketfehlerraten um mehrere Größenordnungen. Konkret sinkt die Wahrscheinlichkeit in einem vier

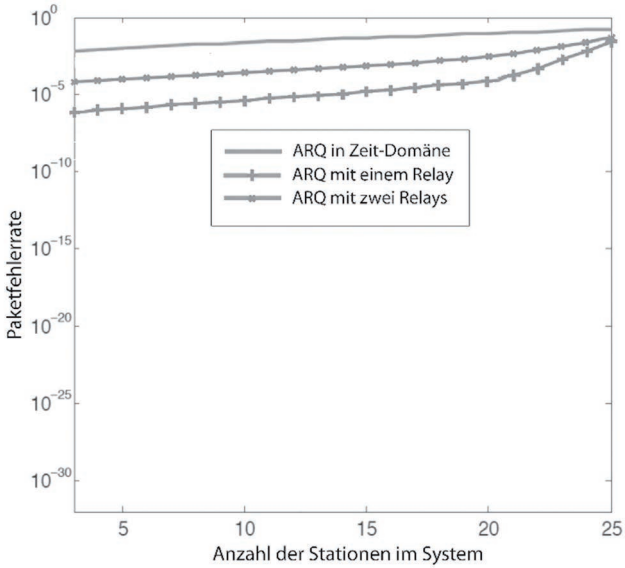

Bild 3: Der Nutzen von Relays in Automatic-Repeat-Request- (ARQ) Protokollen

Knoten umfassenden System, wenn einer der beiden nicht beteiligten Knoten als Relay fungiert von etwa $P = 10^{-2}$ auf etwa $P = 10^{-4}$. Wenn sogar beide eigentlich nicht beteiligten Knoten als Relay zur Verfügung stehen, sinkt die Wahrscheinlichkeit sogar auf etwa $P = 10^{-6}$. Durch die volle Ausnutzung der räumlichen Diversität in Kombination mit der zeitlichen Diversität im ARQ-Prozess kann das System also 10.000-fach zuverlässiger betrieben werden, als durch Nutzen der einfachen ARQ-Methodik.

Ein anderer Effekt, der in Bild 3 abgelesen werden kann, ist, dass der individuelle Übertragungserfolg mit der Anzahl von Stationen im System abnimmt. Dies liegt daran, dass die in jedem realen System zur Verfügung stehenden Ressourcen begrenzt sind. Jedem einzelnen Teilnehmer steht dadurch weniger Kapazität für seine eigene Datenübertragung zu, was unter anderem zur Folge hat, dass die Kodierrate, also das Verhältnis von Nutzdaten zu Redundanzdaten kleiner werden muss (vgl. Kapitel 2.2). Somit können Fehler auf der Empfängerseite weniger gut korrigiert werden.

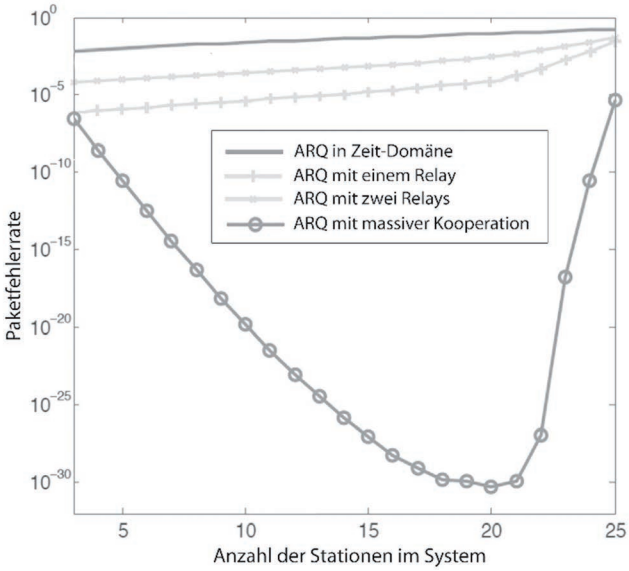

Bild 4: Der Nutzen von massiver Kooperation in ARQ-Protokollen

3.2 Massive Kooperation

Stehen nicht nur ein oder zwei, sondern alle Knoten des Systems als potenzielles ARQ Relay zur Verfügung, , ist es das Prinzip der massiven Kooperation. Der positive Effekt massiver Kooperation ist in Bild 4 dargestellt: die Untersuchung des Konzepts unter Verwendung endlicher Blocklängen (engl. *finite block lengths*) aus [6] zeigt, dass der positive Effekt durch Ausnutzung der räumlichen Diversität, den negativen Effekt durch endliche Ressourcen im System bis zu einer bestimmten Anzahl an Knoten im System (in diesem Fall 20) mehr als aufwiegt. Es werden theoretische Paketfehlerraten erzielt, die in realen Systemen nicht mehr messbar sind und damit den Paketfehlerraten einer kabelgebundenen Kommunikation ähneln.

4 EchoRing™ – ein auf massiver Kooperation basierendes Kabellossystem

Der EchoRing™-Ansatz basiert auf einem logischen Token-Ring-Verfahren [7]. Hierbei wird der Token nicht nur als Sendeerlaubnis, sondern auch als Austauschplattform für Kanalzustände genutzt. Da der Token jeden Knoten des Netzwerks durchläuft, ist es möglich, in ihm die Kanalzustände aller möglichen

Übertragungsstrecken des Systems zu transportieren. Jeder Knoten liest dazu die im Token enthaltenen Kanaldaten aus und schreibt seine aktuell gemessenen Daten vor dem Weiterversenden des Tokens hinein. Somit existiert nach einer Tokenzirkulation volle Kanalkenntnis innerhalb des gesamten Systems. Sollte der Token z. B. aufgrund von Kanalproblemen verlorengehen, sorgt eine optimierte ARQ-State-Machine für einen schnellen Ersatz.

4.1 Massive Kooperation durch instantane Relay-Wahl

Durch die verteilte vollständige Kanalkenntnis ist jeder Knoten in der Lage, die für ihn am besten situierten Systemknoten zu bestimmen, und er kann unter ihnen einen Partner für anstehende Nutzdatenübertragungen wählen. Zusätzlich zur Sender- und Empfängeradresse enthält der Header eines jedes Nutzdatenpakets die Adresse des Partnerknotens.

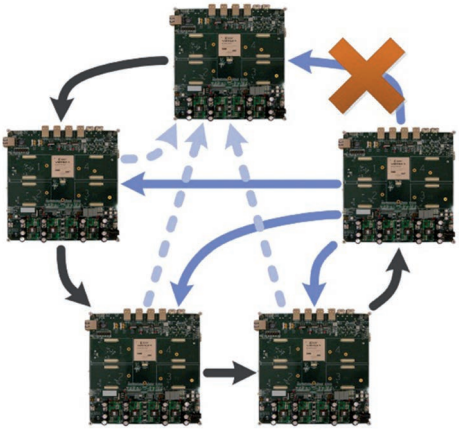

Bild 5: EchoRing™ – Kooperativer logischer Token-Ring im Broadcast-Medium

Während des Sendevorgangs versuchen nun Empfänger und Partnerknoten das Paket zu dekodieren. Der Partnerknoten wartet nach vollendeter Datenübertragung auf das Acknowledgement des adressierten Empfängers. Misslingt dem Empfänger die Dekodierung des Nutzdatenpakets und sendet er kein Acknowledgement, wiederholt der Partnerknoten das soeben vom Sender erhaltene Nutzdatenpaket, während dieser still bleibt. Bild 5 zeigt die grundsätzliche Funktionalität eines EchoRings™: Sollte ein Link nicht nutzbar werden, stehen

in dem gezeigten Szenario drei alternative Relay-Wege zur Verfügung. Aufgrund der vollständigen Kanalkenntnis an jedem Knoten des Systems kann der am besten geeignete Alternativpfad vom Sender vor der Nutzdatenübertragung bestimmt werden.

Ein weiterer Vorteil kontinuierlicher Beobachtung aller Übertragungsstrecken im System ist die Tatsache, dass Kanalqualitätseinbrüche schnell erkannt und sogar prädiktiv vorausbestimmt werden.

4.2 Die Performance von EchoRing™ im Vergleich mit anderen Systemen

Heutige Standard-Drahtlossysteme sind für den Einsatz zur kritischen Kommunikation im industriellen Kontext ungeeignet. Für einige wenige spezielle Szenarien existieren proprietäre Drahtloskommunikationssysteme, die in ihren individuellen Eigenschaften den Standardsystemen überlegen sind. Zu den bekanntesten Vertretern dieser Kommunikationsnetze gehören das Siemens *Industrial Wireless Local Area Network* (IWLAN) [8] und das ABB *Wireless Sensor and Actuator* (WISA) System [9]. Dabei setzt IWLAN auf einer modifizierten Standard-WLAN-Architektur, der *industrial point coordination function* (iPCF), auf, bei der in einem *polling*-Verfahren ein zentraler Knoten (Basisstation) alle teilnehmenden Knoten nacheinander abfragt und diesen bei Bedarf Übertragungsslots zuteilt. Hierdurch können insbesondere die Verzögerung bei Zugriff auf den Kanal sowie die Handover-Performance maßgeblich gegenüber Standard-WLAN-Systemen verbessert werden. Zur Fehlerbehebung wird vornehmlich die Diversität des Kanals in der zeitlichen Domäne ausgenutzt. Das WISA-System setzt hingegen auf einem Frequenzsprungverfahren – vergleichbar mit Standard-Bluetooth-Systemen – auf. Ebenfalls wie bei Bluetooth arbeitet das System in einer Master-Slave-Architektur, in der der Master alle notwendigen Entscheidungen über die Übertragungsparameter trifft. Die Systembandbreite ist dabei auf 5 MHz Bandbreite beschränkt. Dadurch sind die erzielbaren Datenraten relativ gering.

Wiederholungen können bei WISA jedoch auf unterschiedlichen Frequenzbändern vorgenommen werden, wodurch neben der zeitlichen Diversität auch die Frequenzselektivität des kabellosen Kanals ausgenutzt werden kann. Zum Vergleich dieser beiden Systeme mit unserem EchoRing™-System wurden alle drei entsprechend den Vorgaben in [7]–[9] modelliert und analytisch untersucht.

Bild 6 zeigt die Ergebnisse des Performancevergleichs zwischen dem Downlink der zentralen/Master-Slave Architekturen von IWLAN und WISA auf der einen Seite und dem vollständig verteilten EchoRing™-Ansatz andererseits: in einem

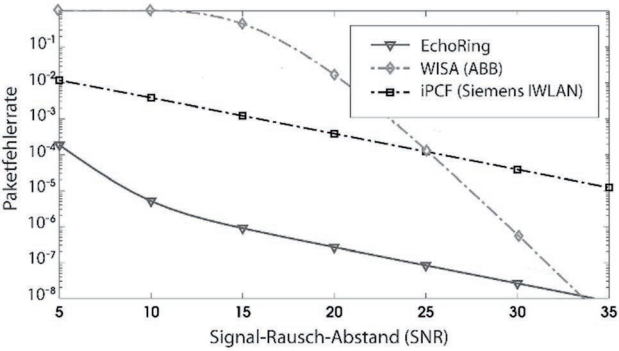

Bild 6: Paketfehlerraten von EchoRing™ im Vergleich zu dem Downlink von IWLAN- und WISA-Systemen

System mit fünf Knoten, einer maximal zugelassenen Verzögerung von 10 ms und Paketlängen von 100 Byte (EchoRing™ und IWLAN) bzw. 1 Byte (WISA) ist der Zugewinn an Zuverlässigkeit durch die Nutzung von massiver Kooperation deutlich erkennbar. Insbesondere in Szenarien mit schlechter bis mäßiger Kanalqualität ist das EchoRing™-System deutlich überlegen. Je besser der Kanal, desto zuverlässiger werden die anderen zwei Systeme, ohne jedoch, dass das IWLAN-System die EchoRing™-Performance erreicht. Im Gegensatz dazu steigt die Performance des WISA-Systems aufgrund der Ausnutzung der Frequenzselektivität des kabellosen Kanals bei sehr guten Kanälen in gleiche Regionen, wie das EchoRing™-System.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Kabellose Kommunikation ist die Basis aller IoT- und Industrie-4.0-Anwendungen. Die Vernetzung durch Kabel ist in den meisten Szenarien aufgrund unzureichender Flexibilität nicht realisierbar. Da die Fehlerperformance heutiger kabelloser Standardsysteme nicht ausreicht, müssen neuartige Kabellossysteme zum Einsatz kommen. Das EchoRing™-System ermöglicht mit seiner auf massiver Kooperation basierenden Architektur zuverlässige kabellose Kommunikation auch bei schlechten bis mittelguten Kanalzuständen und eignet sich daher hervorragend für den Einsatz im industriellen Kontext.

Das EchoRing™-System befindet sich derzeit in der Weiterentwicklung zur Serienreife. Der Prototyp wurde mit IEEE/VDE Awards sowie dem Deep Tech Award 2015 der Stadt Berlin ausgezeichnet. Ein erstes marktreifes Produkt wird in

Kooperation mit der Firma Scheicher Elektronik Berlin GmbH Ende dieses, Anfang des nächsten Jahres erwartet.

6 Autoren

Dipl.-Ing. Christian Dombrowski

Herr Christian Dombrowski ist Leiter der Entwicklung der R3 – Reliable Realtime Radio Communications GmbH. Nach seinem Abschluss an der TU Berlin im Bereich der Kommunikationsnetze ist er als Doktorand an das UMIC Exzellenz Cluster der RWTH Aachen gewechselt, wo er sich im Rahmen seiner Forschungstätigkeiten mit zentralisierten und dezentralisierten Ansätzen der zuverlässigen, drahtlosen Kommunikation beschäftigt hat. Einen Schwerpunkt bildet dabei sowohl die Modellgestützte als auch die experimentelle Evaluation der entwickelten Protokolle.

Dr.-Ing. Mathias Bohge

Herr Dr.-Ing. Mathias Bohge ist Geschäftsführender Gesellschafter der R3 – Reliable Realtime Radio Communications GmbH. Seine Dissertationsschrift mit Auszeichnung hat Herr Dr. Bohge an der TU Berlin verfasst, nachdem er das Studium der Elektrotechnik in Berlin und am WinLab der Rutgers University, NJ, USA, beendet hatte. Seine professionelle Laufbahn führte ihn u. a. zu Siemens in Berlin und Ericsson in Kista, Schweden. Zuletzt arbeitete Herr Dr. Bohge als Berater für die Boston Consulting Group mit Schwerpunkt IT in Telekommunikationsunternehmen.

7 Quellen

[1] Kagermann, H. et al (Hrsg.) 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, April 2013.

[2] Bohge, M.: Hochzuverlässige Drahtlose Kommunikation für Industrie-4.0-Anwendungen, Industrie 4.0 – Grundlagen und Anwendungen, Seiten 163–174, Beuth Verlag, 2015.

[3] Cavers, J.: Mobile Channel Characteristics, Kluwer Academic, 2000.

[4] Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, 4th Edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1995.

[5] Fitzek, F. & Katz, M. (Hrsg.): Cooperation in Wireless Networks: Principles and Applications, Ed. Springer, ISBN 978-1-4020-4710-7, The Netherlands, 2006.

[6] Hu, Y. et al., Finite Blocklength Performance of Multi-Terminal Wireless Industrial Networks, Cornell University Library, retrieved on April 6th, 2017, 15:25h via https://arxiv.org/abs/1606.08646, June 2016.

[7] Dombrowski, C. & Gross, J.: EchoRing: A Low-Latency, Reliable Token-Passing MAC Protocol for Wireless Industrial Networks; Proceedings of the 21th European Wireless Conference (EW 2015); Seiten 1–8, Mai 2015.

[8] Sisinni, E. et al: Simple interference detection and classification for industrial Wireless Sensor Networks, in IEEE Int'l Instrum. and Meas. Technology Conf. (I2MTC), Seiten 2106–2110, 2015.

[9] Scheible, G. et al: Unplugged butConnected – Design and Implementation of a Truly Wireless Real-Time Sensor/Actuator Interface, IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 1, no. 2, Seiten 25–34, 2007.

Sichere Drahtlos-Handbediengeräte

Peter Brinkmann – Schleicher Electronic Engineering GmbH

1 Einführung

Im täglichen Leben benutzen wir selbstverständlich drahtlose Technologien für die Kommunikation. Laptops, Tablets und vor allem das Telefon/Smartphone. Den Fernseher steuern wir mit der Fernbedienung, viele Geräte lassen sich inzwischen per APP bedienen. Kaum jemand weint der Zeit hinterher, als man zu Hause das Telefonkabel hinter sich herzog und doch angebunden war. Kabelsalat, verdrehte und ab und zu auch abgerissene Kabel waren ärgerlich.

Es gibt heute in der Industrie einen Bereich, in dem Kabel nach wie vor Stand der Technik sind: Die Bedienung von Maschinen und Anlagen erfolgt häufig mit tragbaren Bediengeräten, die per Kabel an die Maschine angebunden sind. Hier findet man besonders dicke, sperrige Kabel vor, die ein mächtiges Bündel von Kupferlitzen in sich tragen. Warum ist das so? Verschläft die deutsche Vorzeigeindustrie, der Maschinen- und Anlagenbau, hier die Zeit? Denkt denn nicht auch der Maschinenbau an Usability, an Nutzerfreundlichkeit? Dabei kommt doch der Begriff HMI (Human Machine Interface) aus dem Maschinenbau. Lehrstühle und Institute setzen sich mit der Optimierung der Maschinenbedienung auseinander.

2 Das Problem

In der industriellen Automatisierung befassen sich viele Hersteller von Automatisierungsgeräten seit vielen Jahren mit drahtlosen Kommunikationstechniken. Es gibt bereits seit Langem funkbasierte Lösungen zur Übertragung von Sensordaten, zur Ansteuerung von Anlagenteilen etc. Selbstverständlich werden bei der Benutzung von Maschinen mobile drahtlose Geräte wie Tablets und Smartphones eingesetzt. Dennoch hat sich die funkbasierte Technik kaum durchsetzen können. Die von den Herstellern angepeilten Marktanteile sind weit hinter denen der kabelgebundenen Kommunikation zurückgeblieben. Dabei liegen die Vorteile der Funktechnik so nahe: mehr Flexibilität, weniger Verdrahtung mit ihren Problemen.

Das Problem der Drahtlostechnik ist die Störanfälligkeit. Knistern und Rauschen stören z. B. beim Telefonieren. Wenn die Verbindung ganz abbricht, dann ist das ärgerlich, aber man hat sich damit arrangiert. Man ruft den Kommunikationspartner noch einmal an.

In der industriellen Automation ist dies nicht akzeptabel. Maschinen sollen nahezu 100 % verfügbar sein. Ein Maschinen- oder Anlagenstillstand wegen schlechter Funkverbindung ist tabu. Maschinen stellen hohe Ansprüche an die Qualität der Signale und Daten, die zwischen Maschinenteilen kommuniziert werden müssen. So muss z. B. ein Sensorsignal (z. B. das Signal einer Lichtschranke) innerhalb einer fest definierten Zeit von der Maschinensteuerung ausgewertet werden und eine Reaktion auslösen können. Diese Zeitgarantie ist die oft genannte Echtzeit innerhalb der Maschinenprozesse. Es gibt einige Signale innerhalb von Maschinen, die darüber hinaus Sicherheitssignale sind. Beispiele hierfür: Eine Lichtschranke erkennt, wenn sich ein Mensch in den Gefahrenbereich der Maschine hineinbewegt, und sendet dieses Signal sofort an die Sicherheitssteuerung der Maschine. Ebenso: wenn ein Benutzer den Notaus-Taster betätigt, dann überträgt die Elektronik das Signal an die Sicherheitssteuerung.

Für diese Sicherheitssignale gelten sehr hohe Ansprüche an die Signalqualität, sie dürfen nicht verfälscht oder unterbrochen werden. In der Technologie der Maschinensicherheit gibt es viele Mechanismen, die Signalfehler erkennen. Die einzig zulässige Reaktion darauf ist: anhalten, abschalten. Aber so ist die gewünschte Verfügbarkeit nicht zu erreichen.

Für Sicherheitssignale werden erstens eine hohe Signalqualität und zweitens garantierte kurze Übertragungszeiten benötigt.

Brauchen wir dies auch bei mobilen Maschinenbediengeräten? Nicht immer, deshalb sind bereits Tablets im Einsatz. Aber: häufig muss der Maschinenbenutzer einige wenige Sicherheitsfunktionen einsetzen: z. B. den Notaustaster.

3 EchoRing

Ein neues Verfahren der drahtlosen Übertragungstechnik ist EchoRing. EchoRing arbeitet mit der Physik von WLAN, benutzt WLAN-Komponenten und ist deshalb kostengünstig zu realisieren. EchoRing wurde von Mitarbeitern mehrerer Forschungseinrichtungen in Stockholm, Aachen und Berlin erfunden und wird derzeit mit diesem Team in dem Startup-Unternehmen R3Communication zur Produktreife weiterentwickelt.

3.1 EchoRing erfüllt die Anforderungen

EchoRing bringt genau die Eigenschaften mit sich, die für den Betrieb von sicheren Handbediengeräten notwendig sind und von Standard-Funklösungen bis jetzt nicht erfüllt werden: