Leichte Kommunikation in Flugzeugen

Autor(en): **Dersch, Ulrich / Dominiak, Stephen**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **103 (2012)**

Heft (10)

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857351

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Leichtere Kommunikation in Flugzeugen

Power Line Communication als Beitrag zur Gewichtseinsparung

Ein wesentlicher Trend in der Flugzeugtechnik ist – neben dem Composite Aircraft – das More- oder gar All-Electric-Aircraft. Aus Gewichtsgründen werden dabei hydraulisch und pneumatisch betriebene Aktuatoren durch elektrisch betriebene ersetzt. Gleichzeitig will man die Funktionen besser überwachen und benötigt damit mehr Sensorik im Flugzeug. Um die zusätzliche elektrische Verkabelung im Rahmen zu halten, bietet sich die Power Line Communication an.

Ulrich Dersch und Stephen Dominiak

Heute werden mit Hochdruckluft direkt aus den Triebwerken über entsprechend armierte Leitungen verschiedene Bordsysteme betrieben, wie z.B. Klimaanlage, Tragflügelenteisung etc. Mechanische Energie der Triebwerke wird über Hydraulikleitungen zum Antrieb von Hydraulikpumpen beispielsweise für Aktuatoren der Flugsteuerung, der Fahrwerke und weiterer Subsysteme sowie zum elektrischen Generator übertragen. Dieser erzeugt die elektrische Energie für die Avionik und die Kabinensysteme (Beleuchtung, Bordunterhaltung etc.).

Alle diese Systeme sind schwer und brauchen viel Platz. Ihre Komplexität nimmt kontinuierlich zu. Daher versucht man zunehmend, pneumatische und hydraulische Motorik mitsamt ihren Zuleitungen durch elektrische Motorik zu ersetzen. So wird bei der neuen B-787 keine Zapfluft mehr aus den Triebwerken, z.B. für die Klimaanlage an Bord, verwendet.

Gleichzeitig gibt es einen Trend zu einer besseren Überwachung der Funktionen und damit zu mehr Sensorik im Flugzeug.

In der Umsetzung führt dies zu folgenden Konsequenzen:

- Mehr elektrische Verkabelung und Anschlüsse und somit eine weiter wachsende Komplexität mit abnehmender Flexibilität. Dabei ist die Komplexität aber schon heute enorm: In einer A380 sind mehr als 500 km Draht verlegt. Man erreicht die Grenzen des Machbaren. Auch betreffend Wartung und Unterhalt ist die rapide zunehmende Verkabelung ein Problem. Jede zusätzliche Verkabelung verschärft das Problem weiter.
- Ein wesentlicher Teil der Verkabelung wird für die Datenkommunikation im Flugzeug benötigt. Aufgrund der rasch wachsenden Anforderungen an die Bandbreite bei hoher Verfügbarkeit werden von der globalen Flugzeugindustrie, – auch wegen der vielen Sublieferanten, enorme Anstrengungen unternommen, diese mit Konzepten wie Integrated Modular Avionics gekoppelt mit entsprechend entworfenen Datenbussen wie AFDX, einem für die Aeronautik angepassten Ethernet, in den Griff zu bekommen.
- Da die elektrische Motorik grössere mechanische Leistungen erbringen muss, sind Stromversorgungen mit höheren Spannungen erforderlich. So werden in neuen Passagierflugzeugen Gleichspannungen bis zu 540 V und in Militärflugzeugen bis zu 270 V eingesetzt. Damit werden aber altbekannte Probleme der Flugzeugtechnik wie Wire-Faults, Lichtbögen etc. verschärft.

Für all diese Herausforderungen sind intelligente Netzwerk- und Sensorlösungen gefragt. Am Kompetenzzentrum «Innovation in Intelligent Multimedia Sensor Networks» der Hochschule Luzern wird seit einigen Jahren am Einsatz der Power-Line-Communication-Technologie (PLC) für solche Anforderungen gearbeitet. Bei dieser Lösung wird die Stromverteilungsverkabelung auch für die Kommunikation verwendet. Also nur ein Draht für die Stromversorgung, z.B. von Aktuatoren, und die Datenkommunikation, z.B. der Sensoren für Überwachungsfunktionen der Aktuatoren, oder

depositphotos/Kristina Afanasyeva

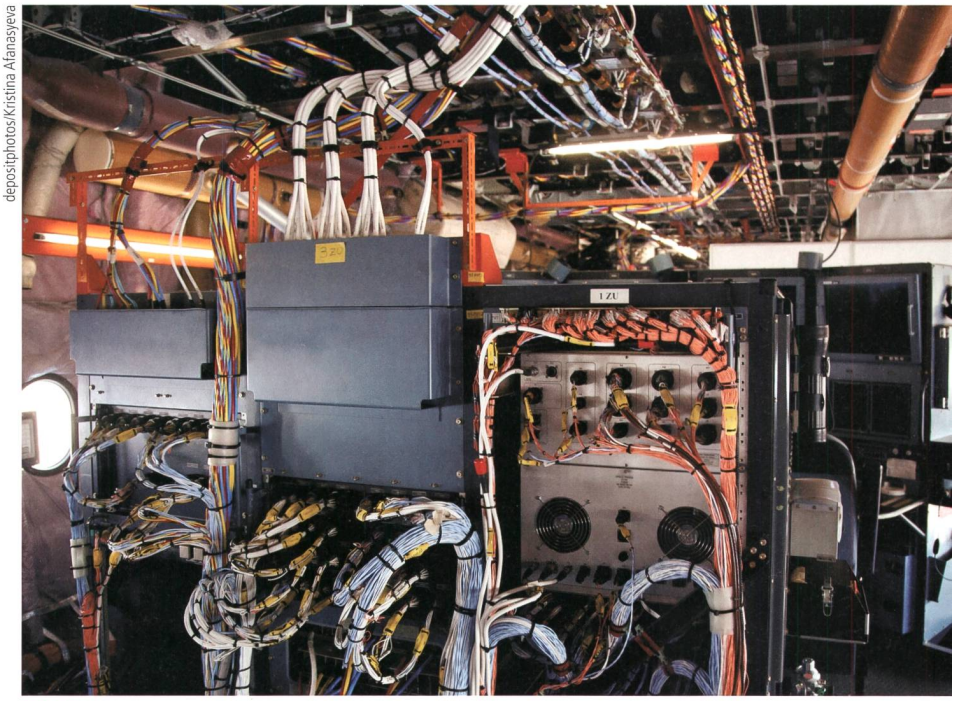


Bild 1 Kabelsystem in einem Airbus A380.

electrosuisse VSE AES

Dersch

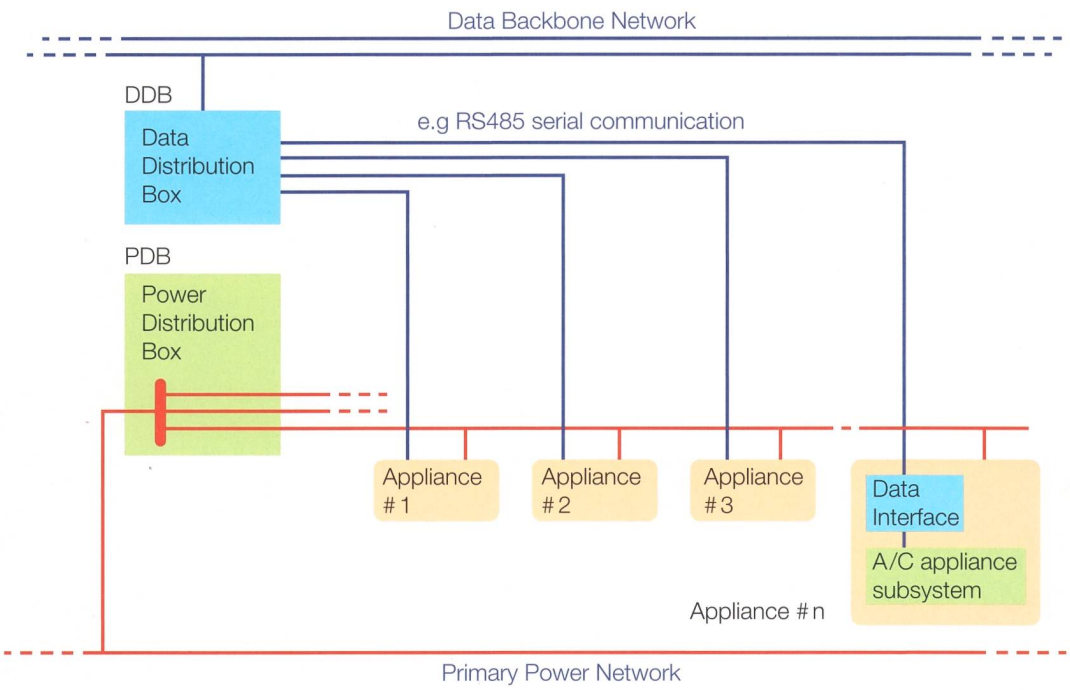


Bild 2 Konventionelle Strom- und Datenübertragung für Avioniksysteme.

für Steuerungen, Kabinenkommunikation oder Inflight Entertainment. Deshalb erforscht und entwickelt das Kompetenzzentrum ein «Less Wire»-Konzept für die Avionik der zukünftigen Flugzeuge.

Kabinensysteme

Das Projekt «Transmission in Aircraft on Unique Path WirEs» (TAUPE) war ein von der EU mitfinanziertes Forschungsprojekt aus dem 7. Rahmenprogramm (FP7/2007–2013). In diesem von Safran Engineering Services geführten Projekt, mit 16 Partnern aus der europäischen Flugzeugindustrie und Universitäten aus 6 Ländern, wurde eine voll-optimierte Avionik-Architektur für Power- und Datenübertragung erforscht und entwickelt. Die Basis bilden PLC- und Power-over-Data-(PoAFDX)-Technologien.

Für PLC wurden zwei bestehende Flugzeugsysteme der A380-Plattform ausgewählt: das Kabinen-Kommunikations- und das Beleuchtungssystem. Diese Applikationen wurden gewählt, weil sie sowohl bezüglich Datenverkehr als auch bezüglich Harness-Komplexität (Kabelbaum) repräsentativ für eine Vielzahl von weiteren nicht-flugkritischen Applikationen sind.

Die Entwicklung des PLC-Lösungskonzeptes wurde durch eine Vielzahl von Simulationen von Signalpropagationseigenschaften unterstützt sowie durch Messungen auf einer Testbench, in der ein repräsentatives Flugzeug-Harness nachgebildet wurde. Das Konzept wurde durch die Integration in einem Demonstrator (Cabin Mockup) bei EADS Innovation Works verifiziert und optimiert.

Ein neuer Ansatz

Das technische Ziel war die Zusammenführung bisher separater Stromversorgungs- und Datennetzinfrastrukturen in ein einziges Netzwerk für die Übertragung von Strom und Daten. Dies betrifft nicht nur die konventionelle doppelte Verkabelung in bisherigen Flugzeugen, sondern z.B. auch die Anschlüsse, denn jedes Applikationsystem, -subsystem und -Equipment muss zwei separate Schnittstellen für das entsprechende Netz zur Verfügung stellen (Bild 1).

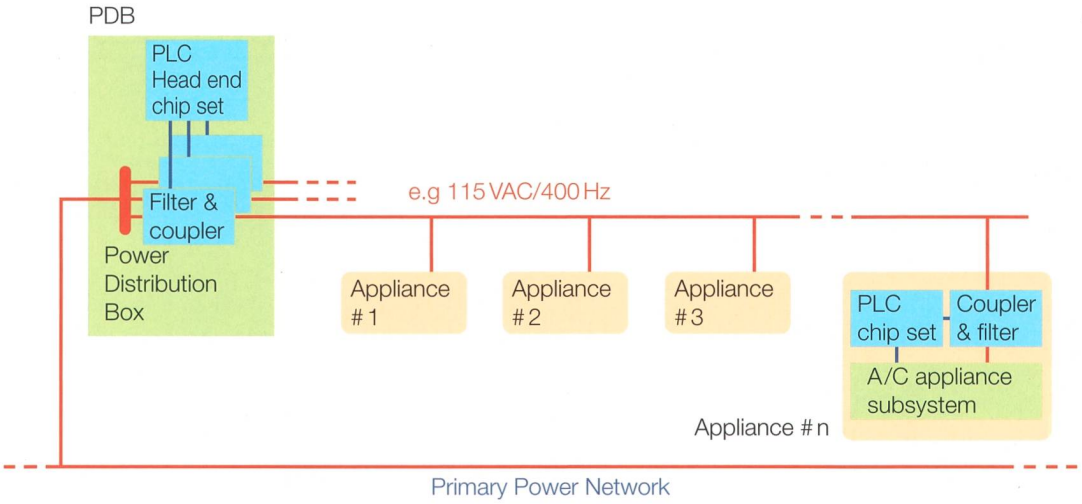
Im PLC-basierten Less-Wire-Ansatz werden die Daten über die Stromversorgungsinfrastruktur übertragen. Die dedizierte Datenverkabelung inklusive Schnittstellenanschlüssen wird komplett entfernt. Die Modem-, Koppler- und Filterkomponenten werden direkt in das Applikations-Equipment integriert, wobei sehr hohe Integrationsniveaus erreichbar sind (z.B. VHDL für Integration der Modemfunktionen), siehe Bild 2.

Die so optimierte PLC-Architektur profitiert dabei von der hierarchischen und verzweigten Topologie des Stromverteilnetzes, indem durch einen zellulären Ansatz die Bandbreite der PLC-Übertragung räumlich optimal verteilt wiederverwendet werden kann.

Herausforderungen

Der beschriebene Ansatz klingt zwar einfach, aber es gibt in der Umsetzung einige technische Hürden zu meistern. Diese basieren im Wesentlichen darauf, dass die heutigen PLC-COTS-Komponenten für die speziellen Anforderungen von Inhaus-Netzwerken entwickelt wurden und dort mittlerweile einen sehr hohen Reifegrad erreicht haben, aber kaum für die Bedürfnisse in Flugzeugen ausgelegt sind. Während die darunterliegenden Kommunikationsstandards durchaus für Avionik-Applikationen anwendbar sind, bereitet die Adaption der darauf basierenden heutigen kommerziellen Komponenten für die Flugzeuganforderungen einige Herausforderungen. Diese liegen in einem schwierigen zeit- und frequenzselektiven Ausbreitungskanal im Flugzeug mit hohem Rauschpegel sowie in der Einhaltung der stringenten EMV-Normen für Flugzeuge. PLC arbeitet im Frequenzband 2–30 MHz und zu hohe PLC-Emissionen sind dort nicht akzeptabel.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus dem Bedürfnis, Protokolle zu entwickeln, die deterministischen und fehlertoleranten Datenverkehr für zeitkritische Applikationen gewährleisten müssen. Da die COTS-Technologie für Best-Effort-Verteilung von unkritischem Internetver-



Dersch

Bild 3 Less-Wire-Strom- und Datenübertragung für zukünftige Avioniksysteme.

kehr entwickelt wurde, können die Kanalzugriffs- und Managementprotokolle keine komplett deterministische Übertragung liefern.

Stärken der Bifilar-Architektur

Ein wesentliches Problem in der Verwendung von Stromverteilnetzen für Datenkommunikation besteht darin, dass bis anhin Monofilar-Verkabelungen mit Rückweg des Stroms über den (metallischen) Flugzeugrahmen eingesetzt wurden. Dies ist infolge der asymmetrischen Transmission-Line-Struktur mit grossen Draht-zu-Rahmendistanzen, undefinierten charakteristischen Impedanzen und geringer Dämpfung von Rausch-Übersprechen in Drahtbündeln ungünstig bezüglich Abstrahlung. Es resultieren leitungsgebundene und abgestrahlte Emissionen sowie umgekehrt Empfindlichkeit auf eingestrahlte HF-Felder, die das Einhalten der aeronautischen EMV-Norm RTCA DO160 verunmöglichen.

Als Lösung wurde eine Architektur entworfen, bei dem der Monofilar-Draht durch einen doppelten Draht ersetzt wird (bifilar), womit eine homogene und wohldefinierte symmetrische Transmission Line (Differential Mode) für Daten erzeugt wird, aber der asymmetrische Modus für die Stromübertragung mit Rückweg über den Flugzeugrahmen bestehen bleibt (Common Mode). Diese Lösung verbessert nicht nur die Leistung der PLC-Datenübertragung massiv, sondern ist auch einer der Schlüssel zur Einhaltung der erwähnten EMV-Normen.

Darüber hinaus eröffnet sich mit dieser Bifilar-Architektur und ihrer inhärenten Redundanz ein Lösungsansatz für ein altes Problem der Flugzeugtechnik, das mit der Monofilar-Architektur nur schwer lösbar scheint und durch den Übergang zu höheren Spannungen verstärkt wird: die Detektion von sog. Wire Faults, also fehlerhaften, häufig alterungsbedingten Verkabelungsfehlern, die u.a. sehr gefährliche Lichtbögen verursachen können, die schon zu Totalausfällen geführt haben.

In einem internen Projekt des Kompetenzzentrums wurde für diese Applikation ein Konzept für einen Smart-Circuit-Breaker entwickelt.

Umfangreiche Tests

Im Taupe-Projekt wurde die PLC-Architektur mit einem Demonstrator mit über 40 PLC-Avionik-Geräten bis zu einem Technology Readiness Level von 4, teilweise auch 5, entwickelt. Extensive funktionale, Leistungs- und EMV-Tests wurden sowohl auf der Avionik-System-Ebene als auch auf Unit-Ebene erfolgreich durchgeführt.

Kabinenkommunikations- und -beleuchtungssystem	Konv. Architektur	PLC-Architektur	Einsparung	
			absolut	relativ
Anzahl Anschlüsse	1550	985	565	36 %
Kabelmasse	290 kg	205 kg	85 kg	29 %
Gesamtsystemmasse	635 kg	525 kg	110 kg	17 %

Tabelle Einsparung von Gewicht und Komplexität durch die PLC-Architektur.

Für die beiden Referenzsysteme konnten mit dieser Architektur eindrückliche Gewichts- und Komplexitätsreduktionen erzielt werden (Tabelle).

Neben der Treibstoffersparnis infolge des geringeren Gewichts entstehen Vorteile durch die geringere Anzahl von Kabeln und Anschlüssen und entsprechend vereinfachter Kabelführung und -installation, -unterhalt und -retrofit.

Das Kompetenzzentrum spielte in diesem Projekt eine tragende Rolle und war beteiligt an der Definition der Anforderungen und zuständig für das Design der optimal adaptierten PLC-Technologie, für die Entwicklung der PLC-Firmware auf der Basis von kommerziellen (COTS) Chipsets (Opera- und Homeplug-Standards) und der Module für die Kopplung des PLC-Signals auf die Flugzeug- und Systemverkabelung sowie für die Integration des PLC-/PoD-Systems in die Testbench. Zudem bot das Kompetenzzentrum in der Verifikations- und Validierungsphase Unterstützung für das Erreichen der Anforderungen, u.a. bei den EMV-Messungen.

Ausblick

In allen bisherigen F&E-Ansätzen war die Strategie, über bestehende Verkabelungen, meist Stromversorgungen, a posteriori zusätzlich mit PLC Daten zu übertragen. Das Kompetenzzentrum hat an der Demonstration der Machbarkeit dieses Less-Wire-Ansatzes in verschiedenen europäischen F&E-Projekten bereits für einige Flugzeugsysteme wie die Bordkommunikation, Kabinenbeleuchtung und Inflight Entertainment (Letzteres im Rahmen des EC FP6 ECAB-Projektes) federführend mitgewirkt. Zukünftige Ar-

beiten werden verstärkt auch in Richtung von a-priori-Konzepten und Entwürfen gehen, bei denen Flugzeugnetze mit dem Less-Wire-Ansatz von Beginn sowohl für Stromversorgung als auch Datenkommunikation ausgelegt werden und entsprechende Anforderungen erfüllen.

Referenzen

[1] www.hslu.ch/iimsn.
[2] www.taupe-project.eu/pages/project/final-dissemination-event.php.
[3] S. Dominiak, H. Widmer, M. Bittner & U. Dersch, «A Bifilar Approach to Power and Data Transmission over Common Wires in Aircraft», 30th Digital Avionics Systems Conference (DASC), Oct. 2011, Seattle, USA.
[4] S. Dominiak, G. Voos, T. ter Meer, H. Widmer, «Achieving EMC Emissions Compliance for an Aeronautics Powerline Communications System», 2012 ESA Workshop on Aerospace EMC, 21–23 May 2012, Venice, Italy.
[5] S. Dominiak, F. Nuscheler, S. Schneele, T. Mayer, «Verification and validation of off-the-shelf power line communications technology for avionics systems», akzeptiert für die 31st Digital Avionics Systems Conference (DASC), Oct. 2012, Williamsburg, USA.

Résumé

Une communication plus légère dans les avions

La communication par courants porteurs en ligne contribue à réduire le poids des avions

Outre l'avion composite, l'avion plus électrique ou tout électrique constitue une tendance essentielle en matière de technologie aéronautique. Pour des raisons de poids, les actionneurs hydrauliques et pneumatiques sont remplacés par d'autres de type électrique. Dans le même temps, l'objectif de cette opération consiste à mieux surveiller les fonctions, ce qui nécessite un nombre plus important de capteurs à l'intérieur de l'avion. La communication par courants porteurs en ligne (CPL) propose une solution destinée à maîtriser la quantité de câbles électriques supplémentaires. Toutes les approches de recherche et développement actuelles mentionnaient jusqu'ici une stratégie qui revenait à transmettre également des données par CPL a posteriori via des câblages existants, des câbles d'alimentation électrique la plupart du temps. Le centre de compétences « Innovation in Intelligent Multimedia Sensor Networks » de la Haute École de Lucerne a déjà pris une part prépondérante à la démonstration de la faisabilité de cette approche favorisant le moins de câbles possible dans les différents projets européens de recherche et développement destinés à certains systèmes aéronautiques, tels que la communication à bord, l'éclairage des cabines et le divertissement en vol. Les travaux futurs se consacreront également davantage aux concepts a priori ainsi qu'aux projets qui concevront, dès les premières étapes, des réseaux aéronautiques selon l'approche favorisant le moins de câbles possible, c'est-à-dire avec des câbles utilisés autant pour l'alimentation électrique que pour la communication des données et qui satisferont aux exigences correspondantes. No

Angaben zu den Autoren

Prof. Dr. **Ulrich Dersch** ist seit Herbst 2008 Dozent für Produktinnovation an der HSLU und leitet dort das Kompetenzzentrum CC IIMSN. Er ist Diplomphysiker und hat an der Universität Marburg, Deutschland, in theoretischer Halbleiter-Physik promoviert. Danach war er zwei Jahrzehnte in der industriellen F&E (Kommunikationstechnik) tätig, u. a. als Leiter F&E und CTO bei Ascom, und führte dort Ende der 90er das Team, dem wichtige technische Durchbrüche in breitbandiger PLC gelangen.
HSLU T&A, 6048 Horw, ulrich.dersch@hslu.ch

Stephen Dominiak hat das Studium an der Fachhochschule Giessen-Friedberg 2007 mit dem MSc in Informations- und Kommunikationstechnik abgeschlossen. Er ist seit 2009 im CC IIMSN an der HSLU tätig, heute als Senior wissenschaftlicher Mitarbeiter, hauptsächlich auf den Gebieten breitbandige Powerline-Kommunikation und Wireless Adhoc Networks. Momentan promoviert er an der Universität Kassel, Deutschland, mit Fokus auf PLC-Netzwerkprotokollen.
HSLU T&A, 6048 Horw, stephen.dominiak@hslu.ch

Die Publikation ist dem Andenken an unseren Kollegen Werner Bäschlin gewidmet. Die Forschung, die zu diesen Ergebnissen führte, wurde finanziell durch das European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) unterstützt.

Anzeige