

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 101 (2010)
Heft: (10)

Artikel: Intelligente Multimedia-Sensor-Netzwerke
Autor: Dominiak, Stephen / Zahn, Klaus / Dersch, Ulrich
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856139>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Intelligente Multimedia-Sensor-Netzwerke

Prozessinteraktion mit dem Mobile-Software-Agent-Konzept

Sensor-Netzwerke spielen eine zunehmende Rolle im Gebäude der Zukunft. Im Fokus stehen dabei die Beziehungen und Interaktionen zwischen dem Inneren und dem Äusseren eines Gebäudes, zwischen dem Gebäude und dem Menschen sowie zwischen dem Gebäude und der natürlichen und gebauten Umwelt. Intelligent Multimedia Sensor Networks erschliessen dabei die Verteilung von multimedialen Inhalten wie Video- und Audio-Datenströmen aus der Umgebung.

wendungsszenarien dafür sind statische oder semi-statische Installationen mit festen Infrastrukturen oder mobile Wireless-ad-hoc-Netze, z.B. für den Einsatz in Brand- und Katastrophensituationen. Der Nachteil dieser Technologien ist natürlich der schwierigere Übertragungskanal im Vergleich zu einer dedizierten Netzinfrastruktur wie z. B. fiberoptischen oder drahtgebundenen Ethernetverkabelungen.

Anwendung: Prozesssteuerung in grossen Gebäuden

Drahtlose skalare Sensornetzwerke finden im Bereich der Gebäudeleittechnik heute vielerorts Anwendung. Mittlerweile wird aber auch die Verwendung von Multimediadaten (vor allem Video) immer interessanter, da das Potenzial der zweidimensionalen Videosensoren kombiniert mit automatisierter Videodatenverarbeitung (VCA) gegenüber Punkt- oder eindimensionalen Sensoren (Infrarot, Ultraschall) immer mehr Beachtung findet.

Getrieben wird diese Entwicklung auch durch Impulse aus der Videoüberwachung, die sich gerade in einer Phase des Paradigmenwechsels, weg von rein sicherheitsrelevanten Anwendungen hin zu Applikationen mit dem Ziel der Prozessoptimierung oder -steuerung («Business-Intelligence-[BI]-Applikationen»), befindet. So wird heutzutage Videotech-

Stephen Dominiak, Klaus Zahn und Ulrich Dersch

An der Hochschule Luzern – Technik und Architektur, befasst man sich im Rahmen des Forschungsschwerpunkts «Gebäude als System» mit Sensor-Netzwerken. Es geht um die Erforschung von Sensoren, mit denen Entscheidungen für Gebäudesysteme betreffend die Gebäudeumgebung auf der Basis von gemessenen Informationen automatisiert werden können. Ausserdem sollen verschiedene Gebäudesysteme und -aktuatoren im und um das Gebäude gesteuert werden. Die Integration von Sensoren in ein automatisiertes Gebäudesystem ist dabei nichts Neues, sondern wird heute in den meisten Gebäuden eingesetzt. Typischerweise werden dabei sogenannte skalare Sensoren eingesetzt, die Werte auf einer eindimensionalen Skala messen, wie beispielsweise die Temperatur in einem Raum.

media Sensor Networks (CC IIMSN) an der Hochschule Luzern arbeitet in seiner Forschungstätigkeit insbesondere an der Interaktion zwischen Videosensorik und Netzwerkprotokollen sowie an der Erforschung und Optimierung von intelligenter Videodatenverarbeitung (Video Content Analyse, VCA), um diese Herausforderungen in den Griff zu bekommen.

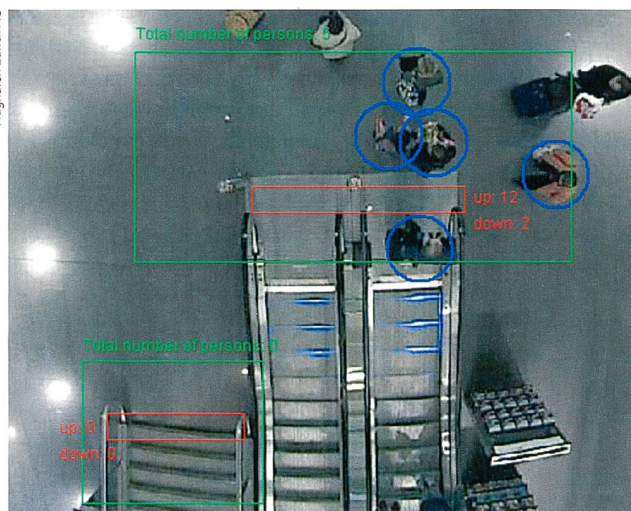
Innerhalb dieses Gebietes liegt, getrieben von den Applikationen, der Fokus auf schnell installierbaren («easily deployable») breitbandigen Übertragungstechnologien wie Wireless Mesh Networks (WMN) und Broadband Powerline Communications (PLC). Diese Technologien erlauben den schnellen und einfachen Aufbau in Gebäuden ohne kostspielige Änderungen an der Infrastruktur. An-

Multimedia-Vernetzung

Seit kurzer Zeit hat sich allerdings ein neues Innovationsthema aufgetan: Die Wireless Multimedia Sensor Networks (WMSN) [1], ein Netzwerk von drahtlos vernetzten Geräten, das die Verteilung von multimedialen Inhalten wie Video- und Audio-Datenströmen zusätzlich zu der skalaren Information aus der Umgebung erlaubt.

Die multimedialen Daten stellen allerdings in einem Netzwerk neue und wesentlich höhere Anforderungen an die Bandbreite, Signal- und Datenverarbeitung und Hardware-Komplexität als bei skalaren Netzen. Das Kompetenzzentrum für Innovation in Intelligent Multi-

Flughafen Zürich AG



Mit freundlicher Genehmigung der Flughafen Zürich AG zur Verfügung gestellt.

Bild 1 Automatisierte Prozesssteuerung am Beispiel des Flughafens Zürich: Bei hohem Personenaufkommen im grün markierten Bereich (oberes Ende der Rolltreppe) wird die Geschwindigkeit der Rolltreppe reduziert. Zusätzlich wird an den virtuellen Zähl-schranken (richtungsabhängig) der Personendurchsatz erfasst.

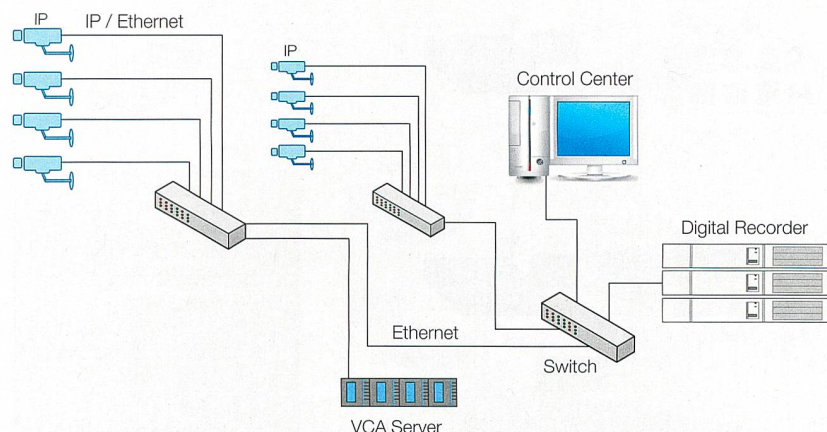


Bild 2 State-of-the-Art-Videoüberwachungssystem mit zentralisierter VCA.

nologie unter anderem eingesetzt, um das Personenaufkommen in grossen Gebäudekomplexen zu ermitteln, um das Kundenverhalten in Einkaufszentren zu analysieren oder um die Wartezeiten von Kunden in Servicezentren zu messen. Basierend auf diesen Daten können dann die internen Prozesse optimiert und, in einem weiteren Schritt, automatisiert werden. So wird z.B. am Flughafen Zürich die Rolltreppegeschwindigkeit abhängig vom Personenaufkommen geschaltet, oder die Passagiere vor den Sicherheitskontrollen werden automatisiert zu den freien Schaltern geführt (**Bild 1**). Daher gibt es aktuell auch ein steigendes Interesse der Infrastrukturbetreiber, die Gebäudeleit- und Videoüberwachungssysteme schon auf Ebene der Datenerfassung zu fusionieren. Gerade hier wird sich in der Zukunft ein immenses Potenzial für den Einsatz von IMSN bilden.

Die heutige Architektur der Videoüberwachungssysteme (siehe **Bild 2**) ist nicht für die Verwendung im Bereich der Gebäudeleittechnik (bzw. Prozesssteuerung) ausgelegt. Die zentrale Datenauswertung auf dedizierten VCA-Servern führt nämlich zu bedeutenden Nachteilen:

- Die Netzwerklast wächst linear mit der Anzahl der ausgewerteten Kameras, sodass das Gesamtsystem nicht skalierbar ist.
- Die zentralen Komponenten benötigen signifikante Investitions- und Wartungskosten.
- Der Datenschutz kann bei (offenen) IP-Netzen nur schwer gewährleistet werden.

Unser Ziel war es daher, ein intelligentes CCTV-System zu entwickeln, das einerseits Datenverarbeitung im Netz (In-

network Processing) gestattet: VCA wird in einer verteilten und kollaborativen Weise ausgeführt, indem alle verfügbaren Rechnerressourcen im Netz verwendet werden, also von denjenigen in den Kameras, den Netzwerkknoten, und natürlich den dedizierten Servern. Dabei wird angestrebt, die Datenverarbeitung möglichst nahe den Sensoren auszuführen, sodass das dahinterliegende Netzwerk bandbreitenmässig weniger belastet wird. Andererseits sollte das CCTV-System flexibel in der Anwendung sein: Angestrebt ist ein System, das dynamisch aufgebaut,

Bild 3 Aufspaltung der Video Content Analysis (VCA) für verteilte Verarbeitung.

konfiguriert und für neue Anwendungen leicht angepasst werden kann (z. B. neue Kameras, andere Überwachungsgebiete etc.).

Im ersten Schritt wird die VCA-Verarbeitung gemäss **Bild 3** auf drei unterschiedliche Levels aufgeteilt, sodass die Algorithmen optimal und verteilt berechnet werden können. Auf dem untersten Level geschieht eine Vorverarbeitung der kompletten breitbandigen Bildinformation. Auf den mittleren und oberen Levels wird mit einer kleineren Bandbreite oder sogar nur noch mit Metadaten gearbeitet. So konnten in einem gestuften Vorgehen Low-Level-Aufgaben direkt auf dem Videosensor ausgeführt werden, Medium-Level-Aufgaben nahe der Datenquelle und High-Level-Aufgaben nahe oder in den zentralen Teilen. Mit diesem Vorgehen konnte eine Verringerung der Bandbreite und eine bessere Skalierung des Systems erreicht werden.

Um die VCA-Verarbeitung auf verteilten Ressourcen ausführen zu können, sind zwei Komponenten erforderlich: Eine Middleware, die die Interaktion der verteilten Prozesse über das Netzwerk hinweg erlaubt sowie die in die Videosensoren und die Netzwerkknoten integrierte VCA-Verarbeitung.

Für beides limitierend ist die geringere Rechenkapazität der Ziel-Hardware-

High Level:

- Koordinierte Aufgabenverarbeitung mit mehreren Quellen
- Datenfusion mit Metadaten
- Datenquellen mit niedriger Bandbreite
- Für zentrale Verarbeitung geeignet

Medium Level:

- Komplexe Verarbeitung einer einzelnen Datenquelle
- Modellbasierte Objekterkennung
- Gewöhnlich mit fokussiertem (ROI) Bild mit höherer Auflösung durchgeführt
- Datenquelle mit mittlerer Bandbreite
- Für Verarbeitung in der Nähe der Quelle geeignet

Low Level:

- Vorverarbeitung einer einzelnen Datenquelle
- Objekterkennung
- Identifizierung der Region of Interest (ROI)
- Verfolgung von Details (Feature tracking)
- Datenquelle mit hoher Bandbreite
- Für Verarbeitung auf dem Sensor oder im Netzwerk in der Nähe der Quelle geeignet

electrosuisse >> VS
Λ=S

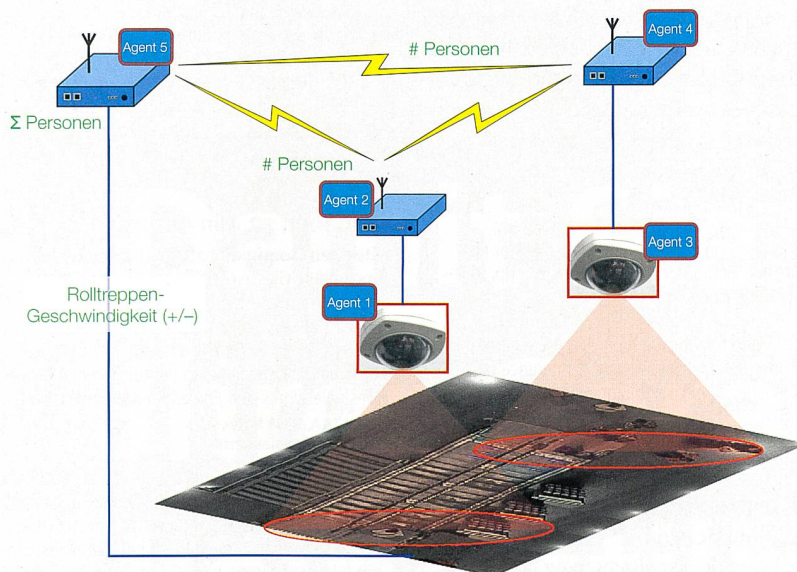


Bild 5 Demoapplikation des agentenbasierten IMSN zur intelligenten Kontrolle einer Rolltreppenansteuerung. Mittels zweier Kameras wird der Personendurchsatz am oberen und am unteren Ende bestimmt und die Rolltreppengeschwindigkeit dynamisch an das Passagieraufkommen angepasst. Foto mit freundlicher Genehmigung der Flughafen Zürich AG zur Verfügung gestellt.

den ist [5]. Die Ausführung von Agenten innerhalb von Mobile-C geschieht durch Nutzung des integrierten C/C++ Interpreters Ch, der allerdings zum Zeitpunkt der Entwicklung nur für x86-basierte Hardware-Architekturen verfügbar war. Mobile-C wurde trotzdem als Basis für die Entwicklung einer eigenen eingebetteten MAP (eMAP) verwendet, die für die Ausführung von VCA-Applikationen auf eingebetteter Hardware in einem dynamischen Netzwerk entwickelt und optimiert wurde.

Eingebettete MAP

Die eMAP besteht aus drei verschiedenen Hauptkomponenten: die Management-Plattform, die Agenten und die Prozesse. Dabei managt die eMAP alle lokalen Agenten auf ihrer Plattform, und jeder Agent managt die Prozesse, die ihm zugewiesen sind. Die eMAP fungiert also als den Agenten übergeordnet, die wiederum allen Applikationsprozessen übergeordnet sind. Zwischen diesen drei Komponenten wurden genau definierte Kommunikationsschnittstellen definiert, wie in **Bild 4** dargestellt.

■ Die Inter-Prozess-Kommunikation (IPC) stellt eine Kommunikationsschnittstelle zwischen den Agenten in der eMAP und den ihnen zugewiesenen Prozessen zur Verfügung, mit der Daten und Messages ausgetauscht werden.

■ Die Inter-Agenten-Kommunikation (IAC) stellt eine Schnittstelle zwischen den Agenten selbst zur Verfügung, und zwar sowohl lokal als auch abgesetzt. Diese dient zum Austausch einerseits von Agenten-Variablen, d.h. Daten als auch Kommandos zwischen Agenten (entweder lokal oder abgesetzt), und andererseits von Agenten-Attributen, d.h. Konfigurationsparameter zur Adaption von Agenten.

Die Kombination von IPC und IAC erlaubt es verteilten Prozessen, abgesetzt Daten und Kontrollinformationen auszutauschen. Der Applikationsprozess (in **Bild 4** ist dies eine Region-of-Interest-[ROI]-Detektion auf einer Smart-Kamera-Plattform [3]) muss lediglich mit dem lokalen Agenten Daten und Kontrollmessages austauschen, und dann gewährleistet der lokale Agent, unterstützt von der eMAP, dass diese Daten zuverlässig an den adressierten lokalen oder abgesetzten Agenten übertragen werden. Falls ein Ziel-Agent nicht verfügbar sein sollte, wird der sendende Agent benachrichtigt, und der Applikationsprozess kann angepasst werden. Dies ermöglicht ein kontinuierliches Funktionieren der verteilten Anwendung, auch bei dynamischen Netzen.

Die eMAP stellt so eine zuverlässige Plattform zur Verfügung, die den Austausch von Daten zwischen verschiedenen verteilten Prozessen und dem Ma-

nagement von mobilen Software-Agenten (inkl. Migration) mit zugewiesenen VCA-Applikationsprozessen erlaubt. Dies ermöglicht, dass die VCA-Applikation transparent auf einer Reihe von verteilten Ressourcen innerhalb eines dynamischen Netzes ausgeführt wird, und erlaubt genügend Flexibilität, die Applikation auf sich ändernde Anforderungen oder Bedingungen anzupassen.

Anwendung und Konklusion

Eine typische Beispielanwendung, die in ähnlicher Form am Flughafen Zürich im Rahmen einer Teststellung implementiert wurde, ist in **Bild 5** dargestellt:

Zwei Kameras überwachen das obere und untere Ende einer (sehr langen) Rolltreppe. Jede Kamera bestimmt sowohl den jeweiligen Personendurchsatz, d.h. den Zu- bzw. den Abfluss der Passagiere auf der Rolltreppe als auch die Anzahl der Personen im Erfassungsbereich unmittelbar vor der Rolltreppe. Diese Information wird durch die kollektive Verarbeitung der Prozesse ROI-Detektion (Agenten 1 bzw. 3) und Objekt-Detektion (Agenten 2 bzw. 4) errechnet (siehe auch **Bild 4**). Danach erfolgt die Weitergabe an den Prozess Daten-Fusion (Agent 5). Dieser wertet die Einzelinformationen aus und bestimmt durch Differenzbildung zwischen dem Zu- und Abfluss die aktuell auf der Rolltreppe befindliche Personenzahl. Durch Extrapolation kann dann ermittelt werden, wie sich die Personenzahl am Ende der Rolltreppe entwickeln wird. Weiterhin ist dem Prozess Daten-Fusion die aktuell am Ende der Kamera befindliche Anzahl Passagiere bekannt. Wenn die extrapolierte Personenzahl einen (benutzerdefinierten) Maximalwert überschreitet, so wird die Geschwindigkeit der Rolltreppe heruntergefahren, ggf. sogar gestoppt.

Wir sehen die Anwendungen der IMSN vor allem im Bereich der Gebäudeautomation oder -steuerung. Denn die aktuell verwendeten drahtbasierten Videoüberwachungssysteme, die prinzipiell eine Prozesssteuerung mittels einer automatisierten Auswertung von Multimediatdaten erlauben, haben die erwähnten drei signifikanten Probleme: Nichtskalierbarkeit, hohe Kosten und schwer zu garantierender Datenschutz. Hier bietet sich die Verwendung von IMSN an:

■ Durch die Verarbeitung der Multimediatdaten im Netzwerk (idealerweise direkt an der Quelle) bleibt der Personendurchsatz gering und das System skalierbar.

- Durch Einsparung der zentralen Komponenten werden Installations- und Wartungskosten deutlich reduziert. Ausserdem ist das System flexibler in der Erweiterung durch die drahtlose Anbindung von neuen Komponenten.
- Für sensitive Anwendungen kann auf eine Übertragung von Bilddaten gänzlich verzichtet werden (z.B. durch Auswertung der Videorohdaten auf der Kameraplattform selbst – es werden dann nur noch Metadaten, wie die Anzahl gezählter Personen, übertragen). Der Datenschutz wird so nachweislich sichergestellt.

Aufgrund dieser Punkte sehen wir ein grosses Potenzial für IMSN-Anwendungen neben dem Einsatz in Gebäudesystemen beispielsweise auch bei der Multimedia-Sensorik im Flugzeug.

Referenzen

- [1] I. Akyildiz, T. Melodia, and K. Chowdhury, «A survey on wireless multimedia sensor networks», Computer Networks, vol. 51, pp. 921–960, 2007.
- [2] B. Rinner, M. Jovanovic and M. Quaritsch. Embedded Middleware on Distributed Smart Cameras. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) 2007.

- [3] P. Braun and W. Rossak, Mobile Agents: Basic Concepts, Mobility Models, and the Tracy Toolkit: Morgan Kaufmann, 2005.
- [4] P. Braun and W. Rossak, Mobile Agents: Basic Concepts, Mobility Models, and the Tracy Toolkit: Morgan Kaufmann, 2005.
- [5] «Mobile-C: a Multi-Agent Platform for Mobile C/ C++ Agents», www.mobilec.org.

Angaben zu den Autoren

Stephen Dominiak hat das Studium an der Fachhochschule Giessen-Friedberg 2007 mit dem MSc in Informations- und Kommunikationstechnik abgeschlossen. Er ist seit 2009 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im CC IMSN an der HSLU tätig, hauptsächlich auf den Gebieten breitbandige Wireless Mesh Networks und Powerline-Kommunikation.

HSLU T&A, 6048 Horw,
stephen.dominiak@hslu.ch

Dr. **Klaus Zahn** hat das Studium der Physik an der Universität Heidelberg mit dem Diplom abgeschlossen und anschliessend in Polymerphysik promoviert. Schon seit seiner Diplomarbeit befasst er sich intensiv mit Bildverarbeitung bzw. Computervision, und seit 10 Jahren arbeitet er im Bereich Video-Content-Analyse, einer der Kernkompetenzen des CC IMSN der Hochschule Luzern.

HSLU T&A, 6048 Horw,
klaus.zahn@hslu.ch

Prof. Dr. **Ulrich Dersch** ist seit Herbst 2008 Dozent für Produktinnovation an der Hochschule Luzern und leitet dort das Kompetenzzentrum CC IMSN. 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.

HSLU T&A, 6048 Horw,
ulrich.dersch@hslu.ch

Résumé

Réseaux de capteurs multimédias intelligents

Le concept d'agent logiciel comme base de la communication

Les réseaux de capteurs multimédias intelligents (RCMI) sont des extensions, pour la transmission de contenus multimédias comme les données audio et vidéo, des réseaux de capteurs existants. Ils se distinguent par une largeur de bande deux à trois fois supérieure à celle des flux de données unidimensionnels des réseaux de capteurs scalaires. Malgré cette immense quantité de données, le recours au calcul distribué et au traitement flexible dans le réseau (« collaborative in-network processing ») permet d'atteindre l'extensibilité du système dans son ensemble. Pour y parvenir, une plate-forme a été développée sur la base du concept des agents logiciels mobiles. Cette plate-forme fait office d'interface entre les applications et les protocoles du réseau ou du système d'exploitation et permet l'interaction de processus distribués dans tout le réseau. Un système de démonstration montre comment l'utilisation de RCMI peut résoudre les problèmes de contrôle ou de commande de processus basés sur la vidéo rencontrés dans de grands complexes de bâtiments.

No

Anzeige



EMCT Alarm & Signalgeber

Produktion & Entwicklung von piezoelektronischen und elektromagnetischen Signalgeber Swiss-Made in Urtenen-Schönbühl

AC/DC & UEB025 Typen, Spannungsbereich von 1.5 VDC bis 230 VAC
Durchgangsprüfer, Marderschreck und kundenspezifischen Signalgeber für Industrie, Medizinal, Haustechnik und Automobilanwendungen.


Swiss-ConnTec SA


Postfach 241, Grubenstr. 7a Telefon +41 (0)31 859 34 94 E-Mail info@emct.ch
CH-3322 Urtenen-Schönbühl Telefax +41 (0)31 856 20 17 Internet www.emct.ch

www.emct.ch



Haben Sie Fragen über MIL-C oder Industrie-Steckverbinder oder benötigen Sie eine Spezialanfertigung? Dann sind wir der richtige Partner für Sie. Kontaktieren Sie uns.

**Damit Sie in
Ihrer Garage
keine stille
Nacht haben.**

Karte herauslösen und
5% Rabatt sichern!

**Machen Sie Ihre Werbung einfach selbst
mit DirectFactory.**

Werben Sie für Ihren Weihnachts- oder Neujahrsversand mit einem auffallenden Postkartenmailing. Gestalten und versenden Sie es jetzt schnell online:
www.post.ch/directfactory.

DIE POST 