Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 93 (2002)

Heft: 19

Artikel: CleanAnt : ein autonomer Roboter für den Einsatz bei Fassadenreinigung und -inspektion

Autor: van de Venn, Hans Wernher

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855453

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: 13.12.2025

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

CleanAnt: ein autonomer Roboter für den Einsatz bei Fassadenreinigung und -inspektion

Serviceroboter[1)] unterstützen Menschen bei schwierigen oder gefährlichen Arbeiten. Sie stellen eine weitere Entwicklungsstufe der heute bereits vielfach eingesetzten Industrieroboter dar und sind eine Vorstufe der auf ihre Besitzer konditionierten Personal Robots, die sich – ähnlich wie die heute nicht mehr wegzudenkenden Personal Computer – zu unentbehrlichen Helfern im Alltag entwickeln werden. Der vorliegende Beitrag beschreibt die Funktionsweise des für Reinigungs- und Inspektionsarbeiten an Gebäudefassaden von Wohn- und Bürogebäuden entwickelten Serviceroboters CleanAnt.

Die Fassadenreinigung wird heute noch vorwiegend manuell ausgeführt, wozu teilweise umfangreiche Gerüst- oder Liftanlagen notwendig sind. Diese Arbeit ist trotz hoher Sicherheitsanforderungen gefährlich, insbesondere an sehr

Hans Wernher van de Venn

hohen Gebäuden und bei ungünstigen Witterungsbedingungen (Windböen, Kälte, Regen). Staub, Schmutz, bakterielle Ablagerungen und Industrieabgase stellen zudem eine latente gesundheitliche Gefährdung dar.

Die auf die Entwicklung und den Bau von Fassadenreinigungsanlagen spezialisierte Stanser Firma Niederberger Engineering AG hat im Rahmen eines von der KTI[2)] geförderten Projektes in Zusammenarbeit mit der Entwicklungsabteilung der Fachhochschule Solothurn mit CleanAnt einen ersten bedienergesteuerten Roboter für den Einsatz in der Fassadenreinigung von Hochhäusern hergestellt (Bild 1).

Jahr	Phase
1985	Industrieroboter
1995	Teilautonome Robotersysteme
2010	Autonome, interaktive Service-Roboter für Dienstleistungen und Industrie
2030 ?	Personal-Robot: persönlicher Helfer für Beruf, Haushalt, Freizeit usw.

Vom Industrieroboter zum persönlichen Helfer

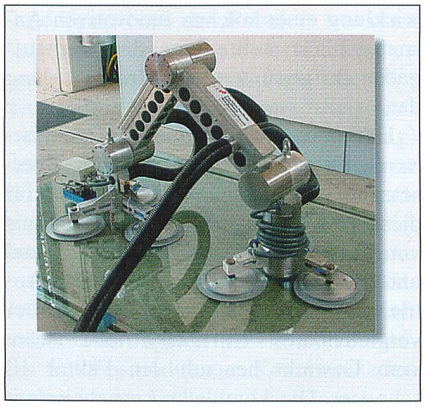


Bild 1 Ansicht des Fassadenreinigungsroboters CleanAnt

Hohe Anforderungen an die Robotermechanik

Selbständige Fassadenreinigungen und Inspektionen bedeuten für einen Serviceroboter, dass seine Mechanik eine hohe Bewegungsfreiheit braucht und er über eine eigene Intelligenz verfügen muss. Die Steuerung benötigt daher eine grosse Rechenleistung mit geschickten Algorithmen.

Die Auslegung von CleanAnt wurde im Wesentlichen von folgenden Eckdaten bestimmt:

- maximale Abmasse in Betriebsstellung L×B×H: 1600×800×600 mm;
- unterschreitbare Mindesthöhe: 500 mm;
- überwindbarer Höhenunterschied, bzw. Hindernishöhe: 500 mm;
- Eigengewicht inklusive Nutzlast: 90 bis 100 kg;
- elektrische Energiezufuhr über Kabel (dient gleichzeitig zur Sicherung des Roboters);
- Positioniergenauigkeit: 1 mm;
- Reinigungstechnik lokal am Roboter;
- Mindestbetriebsdauer ohne Erneuerung von Verbrauchsmitteln: 4 h;
- Sicherheit gegen Abrutschen von der Fassadenfläche: 1,3.

Zur Auswahl einer geeigneten Roboterkinematik wurden umfangreiche Untersuchungen bezüglich verschiedenster Fortbewegungsarten und Gelenkanordnungen durchgeführt, von denen in Bild 2 eine kleine Auswahl dargestellt ist. Die gesamte Liste enthält rund 20 unterschiedliche, mehr oder weniger gut geeignete Verfahren der Fortbewegung eines Roboters auf senkrechten oder überhängenden Flächen. Wichtig für die Bewertung der Verfahren war vor allem die Wendigkeit. Die Mechanik muss in der Lage sein, unterschiedlichste Hindernisse – und zwar sowohl auf ein- als auch auf zweidimensional gekrümmten Oberflächen wie etwa zylinderförmige Säulen oder kugelförmige Glaskuppeln – überwinden oder unterschreiten zu können.

Die Wahl fiel schliesslich auf die serielle Kinematik mit raupenartiger Fortbewegung (Bilder 2b und 3). Obwohl die parallele Kinematik wesentlich steifer ist und deutlich weniger Kraft pro Antrieb benötigt, müssen zur Fortbewegung immer alle Gelenke und damit alle Antriebe gleichzeitig bewegt werden. Dies hat zur Folge, dass eine extrem hohe Rechenleistung zur Koordination einer gerichteten Bewegung und eine hohe Anzahl von Einzelantrieben nötig ist, um die geforderte Beweglichkeit zu erhalten (18 Antriebe in Bild 3a). Entwickelt wurde schliesslich ein System mit insgesamt vier Drehgelenken und gelenkintegralen Motor-/Getriebekombinationen (Bild 3b).

Die Haftung auf der Fassade wird durch Saugfüsse sichergestellt (Bild 4). Die raupenartige Fortbewegung ermöglicht es zudem, Hindernisse oder Vorsprünge der in den Anforderungen genannten Grösse zu überwinden.

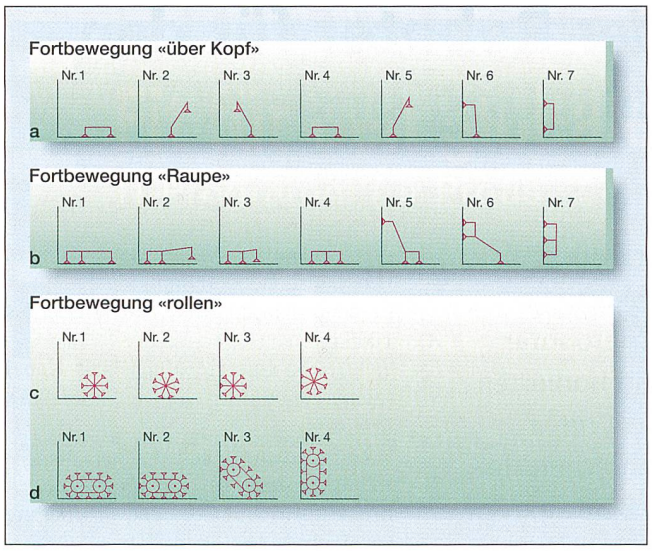


Bild 2 Fortbewegungsarten

Auf Grund der Gewichtsbeschränkung musste das Gesamtsystem in den eigentlichen Roboter (Arbeitseinheit) und einen Systemträger (Versorgungseinheit) getrennt werden (Bild 5).

Antriebstechnik

Bei der seriellen Kinematik wirken Momente bis etwa 800 Nm auf die Gelenke des Roboters. Um diese hohen Drehmomente aufbringen zu können, mussten spezielle gelenkintegrale Antriebseinheiten entwickelt werden (Bild 6).

Wegen des extrem günstigen Leistungsgewichtes (Quotient aus Gewicht und Leistung) wurden in allen Gelenken Hydromotoren mit nachgeschaltetem Getriebe eingesetzt. Die Motoren sind aus Aluminium gefertigte Axialkolben-Schrägscheibenmaschinen mit im Schlussdeckel integrierten Laufspiegel und Ventilsteuerblock (Bild 7). Die Entwicklung einer solchen innovativen Antriebseinheit stellte eine der Kernaufgaben der gesamten Roboterentwicklung dar.

Das nachgeschaltete einstufige Harmonic-Drive-Getriebe mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:160 weist für diese Anwendung das beste Verhältnis von Drehmoment zu Gewicht auf und unterstützt die Leichtbauweise der Antriebseinheiten. Ein von der Leistung her vergleichbares Stirnradgetriebe wäre vom Gewicht her um den Faktor 10 schwerer. Die komplette Antriebseinheit aus Motor, Ventilblock, Getriebe und Gehäuse wiegt rund 8 kg. Das erreichbare Dauermoment liegt bei etwa 1000 Nm, das kurzzeitige Spitzenmoment kann 2000 Nm erreichen.

Reinigungssystem

Als Reinigungswerkzeug dient ein speziell entwickeltes Bürstensystem mit geschlossenem Wasserkreislauf; die Reinigungsflüssigkeit (Vorratstank), die durch rotierende Bürsten auf die zu reinigende Fläche aufgebracht wird, und die abrasive Bürstenreinigung bewirken eine vollständige Entfernung selbst hartnäckigster Schmutzpartikel. Die Reinigungsflüssigkeit wird kontinuierlich am Rand des Bürstenkopfes über Saugkanäle abgesaugt, gereinigt und in den Wasserkreislauf zurückgeführt (Bild 8). Da die zu reinigende Oberfläche lediglich innerhalb des Bürstenkopfes benetzt wird, läuft kein Wasser an der Fassade herunter. Dies erlaubt eine optimale umweltfreundliche Reinigung bei minimalem Materialeinsatz.

Das Reinigungssystem ist neben dem Roboter die wichtigste Einheit des Gesamtsystems und wird über einen eigenen Rechner gesteuert und überwacht. Für die Führung des Reinigungskopfes, die Funktionsüberwachung und die Qualitätskontrolle ist ein System aus mehreren optischen, akustischen und anderen Sensorsystemen vorgesehen. Insbesondere dient die Qualitätskontrolleinheit dazu, einen lückenlosen Nachweis über das Ergebnis aller durchgeführten Reinigungsarbeiten zu führen und dies bei Bedarf an die übergeordnete Steuerung zu übermitteln. Der Betreiber des Reinigungsroboters kann damit zu jeder Zeit einen Qualitätsnachweis erbringen.

Zum Reinigen werden die vorderen Saugteller (Bild 8a) etwa 5 bis 10 cm von der Scheibe abgehoben und der Bürstenkopf mit einem Linearantrieb leicht auf

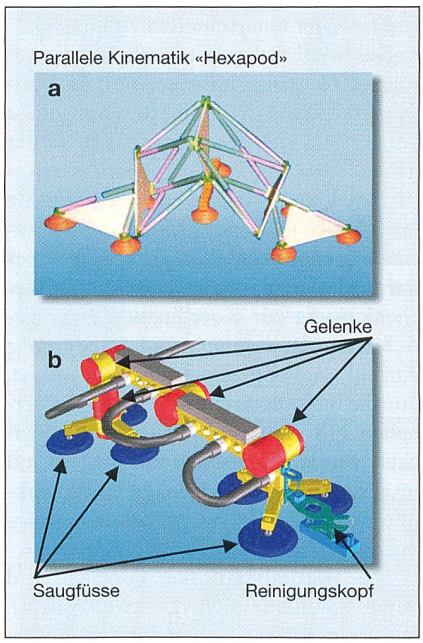


Bild 3 Verschiedene Fortbewegungsarten
a: Parallele Kinematik «Hexapod»; b: serielle Kinematik

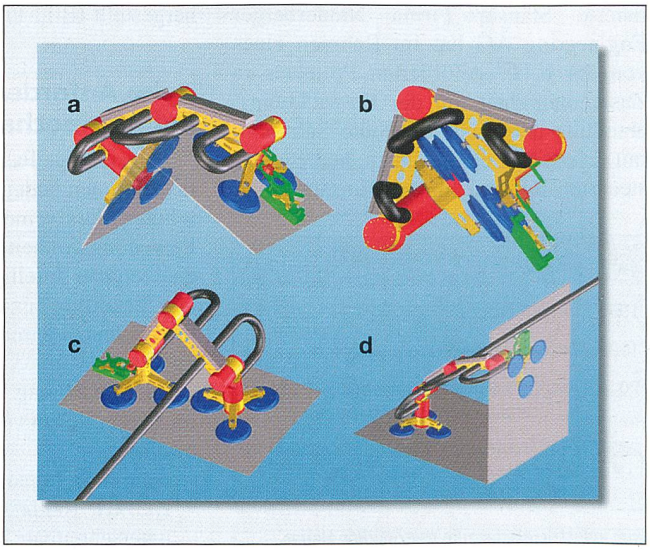


Bild 4 CAD-Studien verschiedener Roboterstellungen

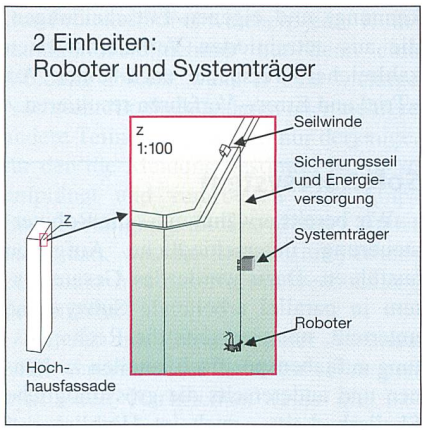


Bild 5 Roboter und Systemträger

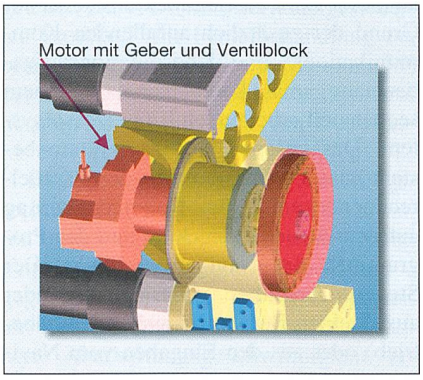


Bild 6 Antriebseinheit mit Motor, Ventilblock und Gebereinheit

die Scheibe aufgesetzt. Nach einem kurzen Spülvorgang beginnt die Reinigung, indem der Roboter um das Standbein nach rechts und links schwenkt und somit eine kreisförmige Wischbewegung ausführt. Werden alle vier Gelenke bewegt, so sind auch lineare Bewegungen des Reinigungskopfes möglich, um z.B. am Fensterrahmen entlangzufahren.

Steuerungskonzept

Die Komplexität der Bewegungssteuerung eines Reinigungsroboters an Fassadenflächen stellt hohe Anforderungen an das Steuerungskonzept. Da alle Bewegungen koordiniert und mit hoher Präzision ablaufen müssen, sind grosse Rechenleistungen nötig. Die hydraulischen Antriebe erfordern zusätzlich nichtlineare Zustandsregler mit harten Echtzeitbedingungen, die in jedem Fall von allen Achsrechnern eingehalten werden müssen. Weiterhin muss noch genügend Rechenleistung zur Verarbeitung der umfangreichen Sensorsignale vorhanden sein. Aus diesen Gründen erfolgen Steuerung und Regelung der Systemfunktionen (Kriechbewegung, Kollisionsvermeidung, Reinigung, Servicefunktionen usw.) über ein verteiltes Rechnersystem. Alle Funktionsgruppen stellen in diesem System selbständige intelligente Untereinheiten dar, welche für sich genommen autonom arbeiten können, über eine Kommunikationsinfrastruktur aber miteinander vernetzt sind. Im Fehlerfall können alle Rechnereinheiten von CleanAnt im laufenden Betrieb ausgetauscht werden.

Hardwaresystem

Das Gesamtsystem ist in drei wesentliche Ebenen unterteilt (Bild 9).

Unterste Ebene: die Aktor-/Sensoreinheit

Die unterste Ebene bildet der Roboter mit allen Aktoren, Sensoren und den Achsrechnern. Um die für die Robotersteuerung nötige Rechenleistung bei gleichzeitig kleinem Bauvolumen bereitzustellen, ist eine weitgehende Parallelisierung der Aufgaben erforderlich. Der Roboter verfügt für jedes einzelne Gelenk über einen eigenen Steuerungs- und Regelungsrechner. Diese Einheiten sind in der Lage, die «lebensnotwendigen» Grundfunktionen des Roboters wie etwa Achsbewegungen, Sensorfunktionen und schnelle Reaktion auf im Arbeitsbereich auftretende Hindernisse (die so genannte Nahfeldkollisionsvermeidung) autonom auszuführen. Der eingesetzte Parallelrechner besteht in seiner Grundkonfiguration aus vier 32-bit-Hochleistungsmicrocontrollern[3)], von denen jeder zusätzlich eine leistungsfähige SSI-Schnittstelle[4)] zum Auslesen der Winkelsensoren der Achsen und ein echtzeitfähiges Feldbusmodul zur Kommunikation untereinander und mit dem Steuerungsrechner besitzt.

Dieses Grundsystem wird ergänzt durch weitere Rechnereinheiten zur Steuerung des Reinigungssystems und ein Teleservicemodul, welches die Abfrage aller Systemzustände via Internet sowie die komplette Fernwartung des Roboters erlaubt.

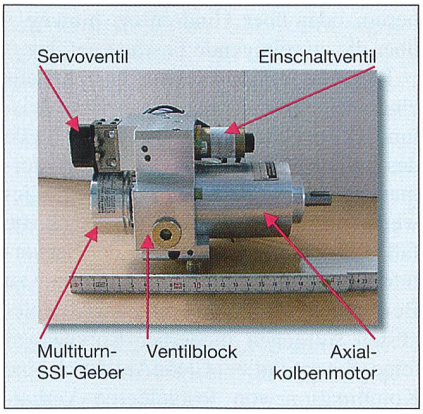


Bild 7 Axialkolbenmotor mit integriertem Ventil- und Geberblock

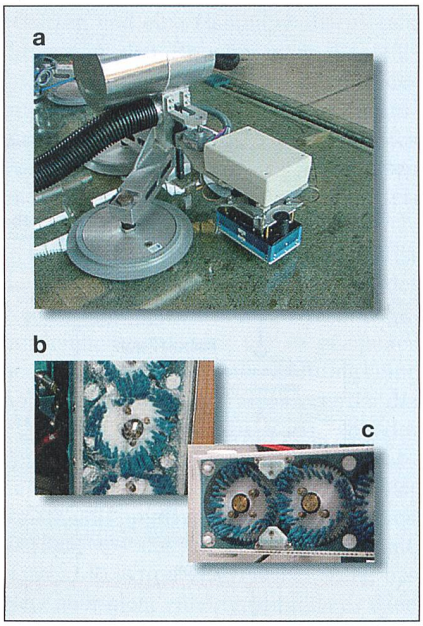


Bild 8 Bürstenkopf des Reinigungssystems

a: Bürstenkopf des Reinigungssystems; b: Reinigungskopf im Betrieb; c: Reinigungskopf im Stillstand

Der Roboter ist damit bereits ohne die übergeordnete Steuerung voll bewegungsfähig und kann Reflexreaktionen selbstständig ausführen. Eine Steuerung kann im einfachsten Fall (beispielsweise im Notbetrieb nach Ausfall des Steuerungsrechners) durch jeden Laptop mit Feldbusschnittstelle erfolgen. Das Protokoll wurde eigens für den Echtzeitbetrieb mit diesem Robotersystem entwickelt.

Auch in Notsituationen reagiert immer zuerst die Sensor-/Aktoreinheit auf Ereignisse. Dies sichert die kürzest mögliche Reaktionszeit und damit den maximalen Schutz des Systems gegen äussere Einflüsse, aber auch gegen Fehlreaktionen mit möglichen Sach- oder Personenschäden. Die Rechnereinheiten (Bild 10) müssen auf dem beweglichen Roboter besonders robust sein und auch von den Umgebungsbedingungen her erhöhten Anforderungen genügen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit usw.).

Mittlere Ebene: die Steuerungseinheit

Die Robotersteuerung wird von einem eigenen Steuerungsrechner übernommen. Als Hardware kommt ein System basierend auf einem Intel-Pentium-Prozessor zum Einsatz. Der Rechner übernimmt folgende Aufgaben:

- Koordinatentransformation und Bahngenerierung;
- Kommunikation mit der Aktor-/Sensoreinheit (Parallelrechner);

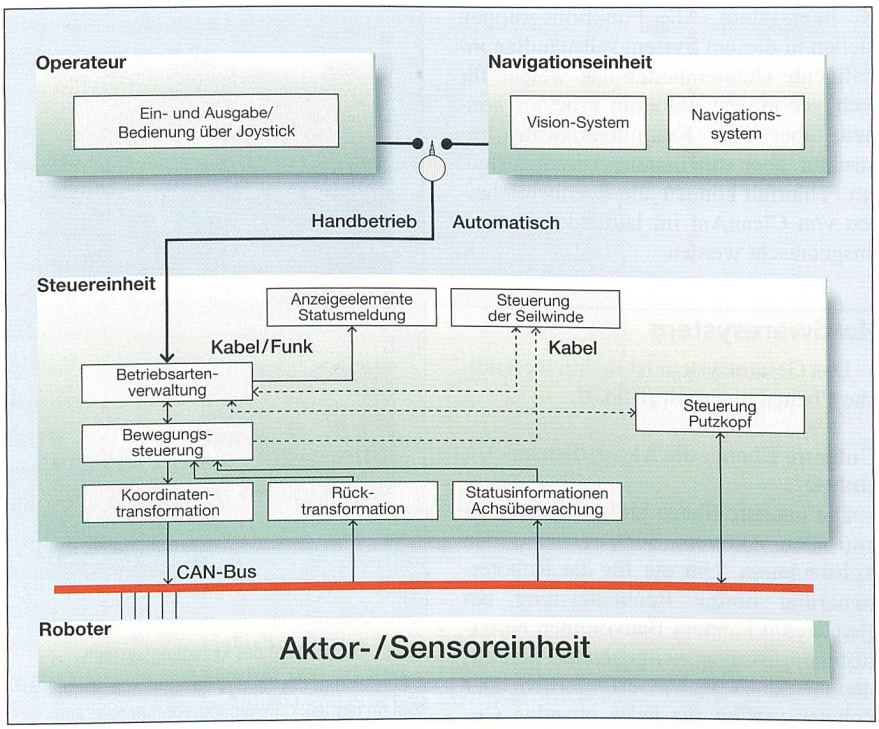


Bild 9 Systemaufbau

- Bewegungsplanung, Reinigungsplanung;
- Einsatzplanung und Qualitätsnachweis;
- Bedienpanel mit grafischer Robotersimulation;
- Anzeigen der CCD-Kamerabilder[5)] der Roboterkamera;
- Kommunikation mit der Visioneinheit und dem Navigationssystem.

Wie auch bei Steuerungen von Industrierobotern üblich, müssen Rechnungen zur Transformation von Raumkoordinaten in Achswinkel und umgekehrt vorgenommen werden. Die errechneten Aktorbewegungen werden den Achsrechnern über die Feldbusschnittstelle zyklisch übermittelt. Diese senden wiederum als Antwort ihre aktuelle Ist-Position an die Steuerung zurück.

Ebenso muss der Einsatz der Reinigungseinheit und die korrekte Funktion der Hilfsaggregate (Druck- und Reinigungsmittelversorgung, Positionierung der Seilwindenstation usw.) gesteuert werden. Weitere Aufgaben bestehen in der für Qualitätssicherung bzw. -kontrolle nötigen Messung und Protokollierung der Arbeitsergebnisse und in der Aufzeichnung aller Roboterdaten zur Durchführung von Fernwartung und Ferndiagnose über eine Internetverbindung zum System (Roboter, Reinigungseinheit und Versorgungseinheit, Bild 9).

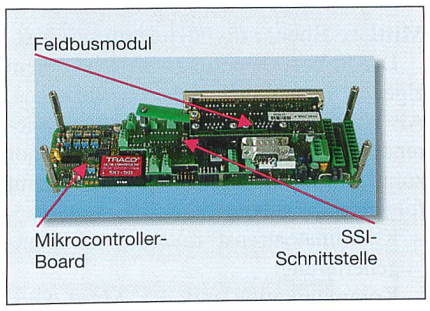


Bild 10 Mikrocontroller-System

Oberste Ebene: die Navigationseinheit

Mit Hilfe eines kameragestützten Vision-Systems, Lageerkennungssensoren und einer digital abgelegten Karte der Gebäudeoberfläche werden Arbeitsbereiche lokalisiert und der Roboter im autonomen Betrieb sicher – um Hindernisse herum oder über Hindernisse hinweg – über die zu reinigende Fassade geführt.

Die Navigationseinheit besteht aus einem eigenen Rechnersystem mit leistungsfähiger Hardware, da sie an Stelle des Bedieners auf Grund der Sensorinformationen Entscheidungen über die jeweils auszuführenden Arbeitsschritte fällen muss: die Auswertung der Sensorinformationen und ihre Verknüpfung zu Bewegungsbefehlen ist eine der komplexesten Aufgaben moderner Robotersysteme. Sie erfolgt bei CleanAnt durch eine Kombination von festgelegten Verhaltensvorschriften (Expertenwissen), situationsbedingten Reaktionen (Hinderniserkennung) und eigenen Entscheidungen, die aus antrainierten Verhaltensweisen zahlreicher Versuche nach einer Art «Trial and Error»-Verfahren resultieren.

Softwaresystem

Wie bereits erwähnt muss die Robotersteuerung unterschiedliche Aufgaben ausführen. Dazu wurde das Gesamtsystem in parallel arbeitende Subsysteme unterteilt, um einerseits die Rechenleistung aufgabenspezifisch zuteilen zu können und andererseits die grösstmögliche Skalierbarkeit – auch im Hinblick auf spätere Erweiterungen – zu gewährleisten. Das Softwaresystem orientiert sich an dieser Hardwarearchitektur und ist auf Grund der zusätzlich anfallenden Kommunikations- und Koordinationsaufgaben naturgemäss komplexer als bei einem sequenziell arbeitenden Einprozessorsystem. Das gesamte Softwaresystem besteht aus den Programmen des Parallelrechnersystems, der Robotersteuerung auf dem Steuerungsrechner und den Programmen der Navigationseinheit. Der Steuerungsrechner generiert entweder aus direkten Bedienereingaben (Handbetrieb) oder aus den Eingaben vom Navigationssystem (autonomer Betrieb) entsprechende Bewegungsbefehle für die Achsrechner und das Reinigungssystem. Er übermittelt diese Befehle über das Feldbussystem und erhält als Antwort vom Roboter die aktuellen Ist-Positionen der Achsen, bzw. den Zustand des Reinigungssystems. Auf allen Ebenen sind so genannte Zustandsmaschinen implementiert, die durch einen Synchronisationsmechanismus dafür sorgen, das sich immer alle Einheiten im gleichen Betriebszustand befinden. Kann eine Einheit nicht in den von der Steuerung geforderten Zustand wechseln oder tritt während der Programmabarbeitung ein Fehler auf, so führt dies je nach Fehlerkategorie dazu, dass entweder alle Einheiten in den Zustand «kritischer Fehler» – aus dem nur ein kompletter Neustart des Systems möglich ist – oder in den «Servicemodus» wechseln, in dem jede Einheit einzeln abgefragt und unter Umständen «repariert» werden kann.

Die Software der Parallelrechnereinheiten besteht aus einem applikationsspezifisch angepassten Echtzeit-Betriebssystem, unter dem die Zustandsmaschine implementiert ist, der Feldbuskommunikationseinheit, dem Achsreglerprogramm und der Sensorauswertungseinheit. Die Kommunikation der Rechnereinheiten untereinander und mit dem Steuerungsrechner erfolgt über ein eigens für Clean Ant entwickeltes echtzeitfähiges CAN-

Bus-Protokoll[6], bei welchem jeder Kommunikationsteilnehmer nur dann eine Meldung absetzt, wenn er eine wichtige Nachricht für einen anderen oder mehrere andere Teilnehmer hat und nur derjenige, für den die Meldung bestimmt ist, diese empfängt und verarbeitet. Eine Empfangsbestätigung (Acknowledge) findet nicht statt, was die Busbelastung erheblich senkt und das Nachrichtenhandling vereinfacht.

Sendet ein Busteilnehmer mehrere Male hintereinander keine der verlangten zyklischen Nachrichten (z.B. die Ist-Werte der Achsen), so wird davon ausgegangen, dass ein Defekt vorliegt und es werden entsprechende Massnahmen eingeleitet. Da CAN ein prioritätengesteuertes Protokoll mit Fehlerbehandlung ist, brauchen keine weiteren Massnahmen zur Protokollsteuerung wie z.B. Synchronisation zur Vermeidung von Datenverlusten vorgenommen zu werden.

Die Softwaresysteme des Steuerungsrechners und der Navigationseinheit laufen unter dem Betriebssystem Linux. Untersuchungen zeigten, dass Linux – gegenüber Windows – in dieser speziellen Konfiguration eine 5- bis 10fach höhere Abarbeitungsgeschwindigkeit ermöglicht. Ferner ist Linux sehr leicht zu einem Echtzeitbetriebssystem aufzurüsten und durch Neukompilation des Kernels vom Entwickler aufgabenspezifisch skalierbar.

Neben der Robotersteuerung läuft auf dem Steuerungsrechner eine Visualisierung der Roboterbewegungen, die es dem Bediener ermöglicht, im Handbetrieb auch aus der Entfernung alle Achsstellungen und die Lage des Reinigungskopfes ständig genau mitzuverfolgen.

Softwarestrategien

Die Parallelrechnereinheiten (unterste Ebene) sind wegen der hohen Anforderungen an eine absolut konstante Abtastzeit der Regelstrecke unter rein prozeduraler Verwendung hochoptimierter hardwarenaher C-Routinen ohne programmtechnischen Overhead programmiert. Diese Vorgehensweise hat sich allgemein für die unterste Ebene von Robotersystemen, die ja die reaktionsschnellste sein muss, bewährt[7].

Die Software des Steuerungsrechners (mittlere Ebene) ist wegen der zur Verfügung stehenden Rechenleistung des Pentium-Prozessors und der komplexen Aufgaben wie Koordinatentransformation, Bewegungsplanung, Kommunikation usw. objektorientiert implementiert. Da sich diese Programmierung im Gegensatz zum prozeduralen Programmiermodell mehr an der menschlichen Denk- bzw. Abstraktionsweise orientiert, vereinfacht sie die Erstellung komplexer Softwaremodule. Es wird eine direktere Zuordnung von der Systemarchitektur zum Programmcode möglich, das Programm wird modularer und leichter lesbar und die Kosten für Entwicklung und Wartung können gesenkt werden.

Die Softwarearchitektur der Navigationseinheit (oberste Ebene) unterscheidet sich grundsätzlich von jenen der anderen Ebenen. Zwar wird auch diese Einheit objektorientiert programmiert, doch müssen – um die komplexen, auf Regeln, situationsbedingten Reaktionen und erlernten Verhaltensweisen basierenden Entscheidungen fällen zu können – andere Strategien angewendet werden. Das Expertenwissen lässt sich dabei in der Regel in einem recht einfachen, aber möglichst umfangreichen Satz von «Wenn – dann»-Regeln ausdrücken und in einer geeigneten Datenbank ablegen, die bei anstehenden Entscheidungen nach passenden Regel abgesucht wird.

Enthält eine Umgebung bewegliche Hindernisse und ist häufigen Änderungen unterworfen (etwa Gerüste oder offene Fenster an einer Hochhausfassade), kommen Situationen, für die keine eindeutigen Regeln formulierbar sind, häufiger vor als der eindeutige Fall. Daher muss die Navigationseinheit in der Lage sein zu «transferieren», die Situation also auf Grund von «Erfahrungen» richtig einzuschätzen und eine Handlung auszulösen, die weder den Roboter noch die Umgebung in Gefahr bringt und mit der ursprünglichen Aufgabe (Fassadenreinigung) kompatibel ist. Ein geöffnetes Fenster etwa würde zunächst ausgelassen und erst nach seiner Schliessung gereinigt.

Ein solch «intelligentes» Verhalten ist nur mit Strategien möglich, die von der Natur abgeschaut werden. Die Navigationseinheit setzt dazu ein so genanntes neuronales Netz[8] ein, was allerdings eine hohe Rechenleistung erfordert, da die Fähigkeit, Aufgaben zu lösen, von der Anzahl der eingesetzten Neuronen abhängt. Ferner müssen sehr viele in der Praxis vorkommende Fälle durchgespielt werden, bis das Netz die gewünschte richtige Reaktion zeigt. Dabei sollte das Netz aber nicht «überlernen», da es dann das am Anfang Gelernte wieder «vergisst». Ist es aber einmal korrekt trainiert, so ist es in der Lage, Transferleistungen zu erbringen und selbst Zustände, die vorher nicht in genau gleicher Form geübt wurden, erfolgreich zu meistern.

Absoluten Vorrang vor allen anderen Verhaltensweisen haben die situationsbedingten sofortigen Reaktionen auf unvorhergesehene bedrohliche Zustände zum Schutz von Menschen und dem Robotersystem selbst (analog beispielsweise dem Zurückziehen der Hand von heissen Oberflächen). Diese Reflexreaktionen, die nicht von der übergeordneten Steuerung verhindert werden dürfen, sind bereits auf der untersten Ebene implementiert.

Die Entwicklung von CleanAnt

Die Partnerschaft zwischen dem Stanser Industrieunternehmen Niederberger Engineering AG und der Entwicklungsabteilung der Fachhochschule Solothurn hat nach rund 1½ Jahren intensiver gemeinsamer erfolgreicher Entwicklungsarbeit zum ersten Prototypen des bedienergesteuerten Serviceroboters CleanAnt geführt, der auf Grund seiner Auszeichnung durch den *Technologiestandort Schweiz 2002*[9] auf der Hannover Messe einem internationalen Publikum vorgestellt werden konnte. Die Niederberger Engineering AG wurde für diese Arbeit zudem mit dem DeVigier-Preis[10] 2002 für die innovativsten Jung-Unternehmer ausgezeichnet.
Zurzeit wird der Prototyp zum autonom operierenden Serviceroboter ausgebaut und auf der *Go Automation*[11] der Öffentlichkeit präsentiert.

Ausblick

Die Entwicklung von CleanAnt erfolgt in zwei Phasen. Die erste Phase, welche derzeit vor dem erfolgreichen Abschluss steht, hat das Ziel, einen bedienergesteuerten Reinigungsroboter zu realisieren. Ein Operateur übernimmt dabei die Führung des Systems und die Planung des Reinigungsablaufes. Er bestimmt wann, wo, wie und womit gereinigt wird. Allerdings wird er auch schon in dieser Ausbaustufe vollständig von elementaren Bewegungsfunktionen und von der Nahfeldkollisionsvermeidung durch die Rechnereinheiten entlastet sein. Der Bediener kann sich voll auf den Reinigungsvorgang konzentrieren, ohne sich dabei einer erhöhten Gefährdung aussetzen zu müssen.

In der zweiten Phase wird ein vollständig autonomer Serviceroboter entwickelt mit eigener – vom Bediener unabhängiger – umfangreicher Bewegungsplanung und Navigation.

CleanAnt: un robot autonome pour le nettoyage et l'inspection des façades

Les robots de service sont destinés à assister l'homme dans les travaux difficiles ou dangereux. Ils représentent une nouvelle étape de développement des robots industriels déjà largement utilisés actuellement et précèdent les Personal Robots conditionnés en fonction de leur utilisateur et qui – à l'instar des ordinateurs individuels dont on ne pourrait plus se passer – deviendront des auxiliaires indispensables de la vie quotidienne. Le présent article décrit le fonctionnement du robot de service CleanAnt («fourmi nettoyeuse») développé spécialement pour les travaux de nettoyage et d'inspection des façades de bâtiments résidentiels et administratifs.

Adresse des Autors

Prof. *Hans Wernher van de Venn*, Fachhochschule Solothurn Nordwestschweiz, CH-4702 Oensingen, wernher.vandevenn@fhso.ch

[1] Im Jahr 1920 erfand Karel Capek den vom tschechischen Wort für Fronarbeit hergeleiteten Begriff «Robo-ter» für seinen Roman R.U.R (Rossums Universal Robots), in dem automatisierte Sklaven zunächst die Menschen von der Arbeit befreien, dann aber ihre Erfinder zerstören.

[2] KTI: Kommission für Technologie und Innovation

[3] Motorola MC 68332

[4] SSI: Syncron Seriell Interface. Im Gegensatz zu parallelen Gebern, bei denen je Bit eine Leitung angeschlossen werden muss, ist bei SSI der Verkabelungsaufwand stark reduziert, da Geber mit SSI-Schnittstelle nur noch 4 Datenleitungen benötigen.

[5] CCD: Charge Coupled Device. Sensor, welcher Licht in elektrische Ladung umwandelt. CCD-Sensoren bestehen aus einem ein- oder zweidimensionalen Array von Speicherelementen und finden hauptsächlich als Bildsensoren bei Videokameras, Scannern und digitalen Fotoapparaten Verwendung.

[6] CAN: Controller Area Network. Rechnergestütztes, prioritätengesteuertes Datenbussystem für serielle Datenübertragung.

[7] Auf eine Programmierung in Assembler geht man heute in der Regel nur noch in Einzelfällen zurück, da die üblichen C-Compiler bereits spezifisch für gängige Microcontroller optimierten Code erzeugen.

[8] Ein neuronales Netz ist die softwaretechnische Nachbildung menschlicher oder tierischer Nervenzellen.

[9] Der Technologiestandort Schweiz setzt sich zum Ziel, über einen jährlichen Wettbewerb im Sinne einer Talentschau technologisch interessante Innovationen mit Marktpotenzial zu entdecken und ihnen eine Chance zur Profilierung in der (Fach-)Öffentlichkeit zu geben. Als Preis winkt die Messeteilnahme auf dem Gemeinschaftsstand von Technologiestandort Schweiz (CeBIT oder Hannover Messe). www.awaso.ch/technologie

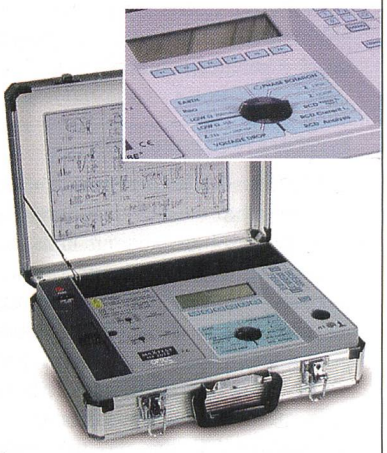
[10] Die von William A. de Vigier gegründete DeVigier-Stiftung unterstützt jährlich drei kreative Jungunternehmer, welche zukunftsweisende Produkt- oder Dienstleistungsideen vorlegen können, mit je 100 000 Franken. www.swissup.com

[11] Die *Go Automation* findet vom 3. bis 6. September 2002 in den Hallen der Messe Basel statt.

AGRO
... your quality-connection!
Kabelschutzschläuche und Verschraubungen

Die Vorteile
- Komplettes Sortiment an Metall- und Kunststoffschutzschläuchen
- Für hohe mechanische Belastungen, flüssigkeitsdichte Installationen oder EMV Abschirmung
- Verschraubungen in Messing vernickelt oder Kunststoff mit Anschlussgewinden M10 bis M63 oder Pg7 bis Pg48

Jetzt sofort Katalog Nr. 13A anfordern!
AGRO AG · CH-5502 Hunzenschwil
Telefon 062 889 47 47 · Fax 062 889 47 50
info@agro.ch · www.agro.ch
55-1d

Maxtest:
Prüfgerät zur Einhaltung NIN/NIV, der EN 60439 und EN 60204.
Der Power-Tester mit 280A Prüfstrom zur Ermittlung des IK Kurzschlussstromes mit einer Genauigkeit bis zu 60 kA. Fi-Tester, Isolationsmessung, Erdungsmessung, Niederohmmessung mit 10A und vieles mehr mit einem Messgerät!

OPTEC
Technik die zählt.
Optec GmbH • CH-8344 Bäretswil
Tel.: 01 979 10 02
Fax: 01 979 10 01
Internet: www.optec.ch
e-mail: info@optec.ch

Acterna DA-3400 Data Network Analyzer

Nie war die Analyse von Datennetzen einfacher

DA-3400 Ethernet Analyzer

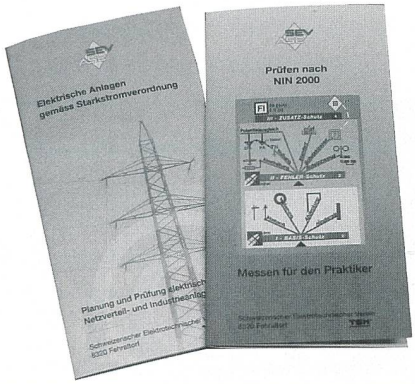
- Ethernet-Analyse für 10/100/1000 Mbit/s in einer Lösung
- Sofortige Erkennung von Netzstörungen von Schicht 1 bis Schicht 7
- Verkehrsklassifizierung nach VLAN oder IP-Subnetz zur schnellen Problemlokalisierung
- Einfache Konfiguration und Bedienung spart Zeit und Geld
- Integrierte Fernbedienung erweitert Anwendungsflexibilität
- VoIP-Analyse in Echtzeit
- Modulares Konzept für Ethernet und ATM

orbit
COMDEX
24.- 27.09.2002
Halle 1.1 - Stand D21
Ihre Partner für Testlösungen...
ACTERNA
ISATEL
ZidaTech
www.acterna.com
www.zidatech.ch
www.isatel.ch

ZidaTech
The future for communication

ZidaTech AG
Fabrikstrasse 9
4614 Hägendorf

Tel. +41 (0)62 209 60 30
Fax +41 (0)62 209 60 33
E-Mail: info@zidatech.ch



Zwei praktische Broschüren im Taschenformat, die Ihnen den Alltag erleichtern

- Elektrische Anlagen gemäss Starkstromverordnung – Planung und Prüfung elektrischer Netzverteil- und Industrieanlagen
- Prüfen nach NIN 2000 – Messen für den Pratiker

Bestellen: Tel. 01 956 11 65 / karl.pfister@sev.ch
(Preis pro Broschüre Fr. 12.–; Mindestbezug 5 Expl.)

LEM: führend in der Netzanalyse

ANALYST 3Q CE

ANALYST 3Q – die schnelle Art Ihre Spannungsqualität zu analysieren

Die Spannungsqualität kann zum Problem bei der Energieversorgung in Ihrem Unternehmen werden. Deshalb muss der Elektro-Profi verschiedene Parameter genau analysieren.

- Die effiziente Lösung, wenn es darum geht, Netzprobleme zu erkennen und umgehend darauf zu reagieren
- 3 Geräte in Einem: 3phasiger Netzanalysator, Oszilloskop und Datenlogger
- Einfache und schnelle Datenanalyse mit einer beispiellosen statistischen Übersicht aller Parameter nach EN50160
- Robustes, tragbares Gerät mit langer Batterie-Lebensdauer – optimal für mobile Einsätze

Wenn Sie mehr über ANALYST 3Q und unsere Power Quality Produkte wissen wollen, rufen Sie uns an oder besuchen Sie unsere Webseite.

LEM ELMES
Tel.: 055/4 15 75 75, Fax: 055/4 15 75 55
E-mail: lel@lem.com

www.lem.com

LEM
Made to Measure

ORBIT/COMDEX EUROPE CONGRESS 2002

Praxis-Lösungen für IT-Anwender.

mch messeschweiz

Information Security	IT for Finance	Enterprise Mobility	Procurement im E-Business	Content meets Business
Vom Produkt zur Strategie – eine gesamtheitliche Betrachtungsweise	Das IT-Forum für den Finanzsektor in Deutschland und in der Schweiz	Business-Gründe für mobile Verbindungen – überall und jederzeit	Wie europäische Unternehmen ihre Einkaufsprozesse optimieren	Content und Knowledge Management als Teil des Geschäftsprozesses
Hauptsponsor: www.ca.com		Hauptsponsor: www.orange.ch Partner: www.gigagroup.net	Sponsor: www.conextrade.com Partner: www.ecademy.ch, www.softnet.ch	Partner: www.contentmanager.de, www.gigagroup.net, www.netzwoche.ch

Mittwoch, 25.9.2002

9.30 bis 10.00	k Keynote: IT Security: das Spektrum der Bedrohung David Love, Head of Security Strategy EMEA, Computer Associates. *Sprache:* Englisch				
10.30 bis 12.00	s1 Management-Aspekte der IT-Sicherheit	f1 Potenziale für Kostenreduktion in der Banken-IT	e1 Gute Business-Gründe für mobile Unternehmensapplikationen	p1 E-Procurement für KMUs	c1 Die 10 Kernfragen im Content Management
13.30 bis 15.00	s2 Strategische Informationssicherheit (Sprache: Englisch)	f2 Die Zukunft der Finanzmarktplätze im Internet	e2 Die standardbasierte Plattform «Mobile Office»	p2 Kostensenkung im Ersatzteilmanagement	c2 Content-Management-Strategien für KMUs
15.30 bis 17.00	s3 IDS-Geschichte, Gegenwart und Zukunft	f3 Customer Relationship Management im Finanzsektor	e3 Sprachtechnologie – das nächste Benutzer-Interface für das Internet	p3 Beschaffungsoptimierung in Grossunternehmen	c3 CMS-Lösungen – Welche Lösung eignet sich für welches Problem?

Donnerstag, 26.9.2002

9.30 bis 10.00	k Keynote: Information Warfare: eine wirtschaftliche Betrachtung David Love, Head of Security Strategy EMEA, Computer Associates. *Sprache:* Englisch				
10.30 bis 12.00	s4 Security in der Microsoft-Welt	f4 Internet Banking	e4 Wissen Carriers tatsächlich, woher ihr Wachstum kommen wird?	p4 Collaborative Buying	c4 Content im Business – Erfolgsberichte
13.30 bis 15.00	s5 Macht und Ohnmacht von Grossmächten im Internet	f5 Internet Banking: Perspektiven	e5 Verbindung von verteilten Arbeitsplätzen – Work Wirefree®	p5 Procurement Service Providers für die öffentliche Hand	c5 Von Content über Media Asset Management zum Geschäftsprozess
15.30 bis 17.00	s6 Mobile IT; klein und fein, darfs auch sicher sein?	f6 Versicherungs- und Bankentechnologie	e6 Wearable Computing – Das tragbare Büro	p6 Prozessoptimierung mit Lieferanten	c6 Was Sie über Webanalyse wissen sollten! Tool-Anbieter berichten

(Änderungen vorbehalten. Stand 20. Juni 2002)

Attraktive Kongress-Packages!

Beim Kauf einer Sessionkarte erhalten Sie die folgenden Leistungen

- Eintritt zur ausgewählten Session
- Pausengetränke
- Tageskarte Orbit/Comdex Europe 2002 (Messe)*
- 1 Buch «Procurement im E-Business» – E-Business Cases (2001)*
- 1 CD-ROM EITO 2002 (solange Vorrat)*
- 1 Kongress-Bag mit Dokumentation*

* Diese Leistungen sind nur bei Bestellungen von Kongresskarten à CHF 180.–/CHF 200.– inbegriffen.

Alle Seminare finden im Kongresszentrum Basel statt.

Vorverkauf (bis 23.9.2002)
Preis für eine Session: CHF 180.–
Preis für jede weitere Session (für die gleiche Person, verschiedene Session/s): CHF 130.–

Ticketverkauf vor Ort (24.–26.9.2002)
Preis für eine Session: CHF 200.–
Preis für jede weitere Session (für die gleiche Person, verschiedene Session/s): CHF 150.–

Basel, 24.–27. September 2002

Die Orbit/Comdex Europe 2002 bietet IT-Anwendern eine breite, praxisorientierte Informationsplattform an: Neben den fünf Kongressthemen Information Security, IT for Finance, Enterprise Mobility, Procurement im E-Business und Content meets Business präsentiert die Orbit/Comdex Europe unter anderem die folgenden Messehighlights: Information Security Park, Content Expo, Innovation leads Business und den Enterprise IT Buyer's Club. Zahlreiche Aussteller stellen die neusten Produkte und Dienstleistungen aus den Bereichen IT, Telekommunikation, Internet und E-Commerce vor.

Kongressanmeldungen und weitere Informationen unter www.orbitcomdex.com oder Tel. +41 58 200 20 20.

orbit® EUROPE 2002 COMDEX®

INFORMATION TECHNOLOGY – ONE STEP AHEAD