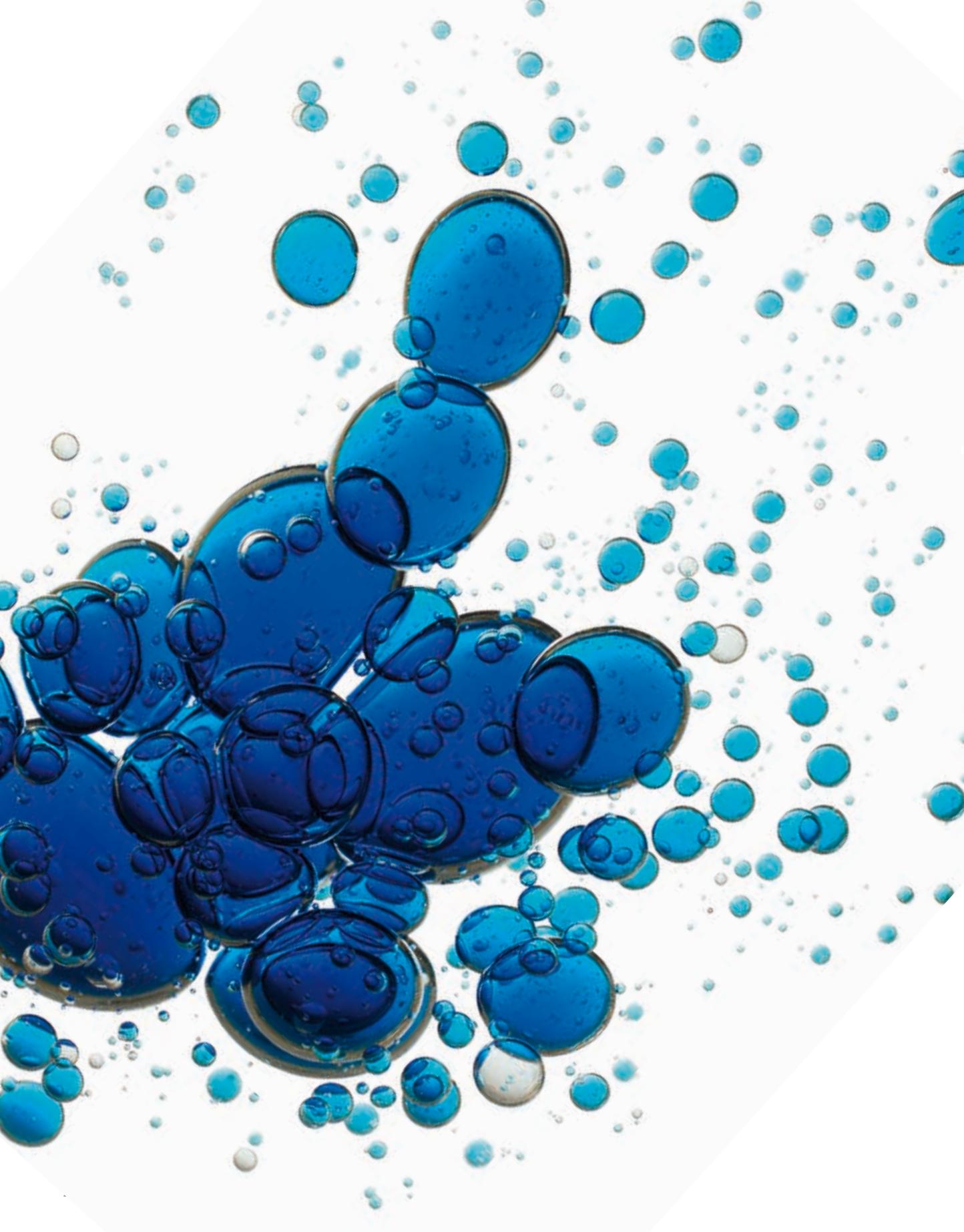


# Lakeside Labs

SELF-ORGANIZING NETWORKED SYSTEMS



# Self - Organizing Networked Systems



---

Lakeside Labs is a cluster for science and innovation in the area of information and communication technology, focusing on the future-oriented topic of self-organizing networked systems. Lakeside Labs offers space for creative ideas, high-quality research on an international level, and industry-relevant, application-oriented projects.

Since 2008, Lakeside Labs GmbH has managed the Lakeside Labs cluster. It links universities, research institutes, and industrial companies. Lakeside Labs currently funds an international team of about 40 scientists, project managers and administrative assistants. Most of the researchers working on Lakeside Labs projects are employed at the Alpen-Adria-Universität.

---

Die Lakeside Labs sind ein Forschungs- und Innovationscluster im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik. Das Zukunftsthema „Selbstorganisierende vernetzte Systeme“ steht dabei im Zentrum aller Forschungsaktivitäten. Die Lakeside Labs bieten Raum für kreative Ideen, erstklassige Wissenschaft auf internationalem Niveau und industrierelevante, anwendungsorientierte Projekte.

Seit 2008 agiert die Lakeside Labs GmbH als Managementbüro für den Lakeside Labs Cluster und ist Bindeglied zwischen Hochschulen, Forschungsinstituten und Unternehmen. Die Lakeside Labs finanzieren derzeit ein internationales Team von rund 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in den Bereichen Forschung, Projektleitung und administrative Assistenz, wobei die Mehrzahl der Forscher an der Alpen-Adria-Universität angestellt ist.



# Engineering Self-Organization

---

Flocks of birds, shoals of fish, colonies of ants, various types of vegetation – nature knows how to combine simple small components to large systems with amazing capabilities. In contrast to technical systems, natural systems are distributed and self-organizing. They are very tolerant on losing one or more components. Lakeside Labs aims at getting the concept of self-organization integrated into technical systems.

Though we can list numerous natural and social examples of self-organization, there is no straightforward method for designing and testing how microscopic rules influence macroscopic behavior in an artificial self-organizing system. "It is very difficult to predict how changing a certain parameter will effect the whole system," states project leader Wilfried Elmenreich. In order to solve this problem, the team experiments with biologically inspired methods, such as evolutionary computation.

One major result of this research is the freely available open-source tool FREVO, that relieves the engineer from making low-level design decisions and allows them to concentrate on design. "The idea is to create a piece of software simplifying the design process," says researcher István Fehérvári about the tool which has continuously been improved. "In the past we successfully evolved self-organizing behavior for a team of robots playing soccer or cooperatively observing a given area and even behavioral patterns for social simulations."

---

Vogel- und Fischschwärme, Ameisenkolonien, ganze Ökosysteme – in der Natur finden sich unzählige Beispiele für Systeme mit erstaunlichen Fähigkeiten, die sich aus sehr vielen einfachen Komponenten zusammensetzen. Anders als bei den meisten technischen Systemen funktionieren diese verteilten selbstorganisierenden Systeme weitgehend größerenunabhängig. Sie sind anpassungsfähig und robust gegenüber Ausfällen einzelner Komponenten. Wissenschaftler der Lakeside Labs suchen nach Wegen, Selbstorganisation in technischen Anwendungen umzusetzen.

Trotz unzähliger Beispiele für Selbstorganisation in Biologie, Physik und Soziologie ist es bis dato nicht gelungen, Testmethoden zu entwickeln, die Rückschlüsse darauf zuließen, wie kleinste Änderungen bei einzelnen Komponenten ein technisches Gesamtsystem beeinflussen.

„Es ist oft schwierig abzuschätzen, welchen Einfluss einzelne Parameter auf das Verhalten eines selbstorganisierenden Systems haben“, erklärt Projektleiter Wilfried Elmenreich. Er und sein Team suchen unter Einsatz evolutionärer Algorithmen nach Antworten. Sie entwickelten die gratis zur Verfügung stehende Open-Source-Software FREVO. „Die Idee hinter FREVO ist es, den Forscher im Designprozess zu entlasten“, beschreibt István Fehérvári die Software. FREVO wird bereits erfolgreich bei der Evolution unterschiedlichster Systeme eingesetzt. So ist es zum Beispiel gelungen, dass Roboter selbstorganisiert Fußball trainieren oder definierte Areale überwachen und dass sogar soziales Verhalten simuliert werden kann.



# Engineering Proprioception

---

How can self-perception be used for the development of future computer systems? These self-determining computer systems assess their states and react accordingly. They automatically adapt their resources to changing conditions. Battery-powered networks, for example, outsource data processing to computer nodes with sufficient or better energy reserves, thus protecting the nodes with limited resources and prolonging the networks' operation times.

Our researchers at the University of Klagenfurt examine how methods from disciplines like biology or economics can improve important properties of networked computer systems like autonomy, flexibility, and scalability.

The development of an autonomous network of intelligent cameras is a main focus. Cameras analyze the captured images independently and detect objects of interest such as vehicles or people and transmit the characteristics of the detected objects to their neighboring cameras. A virtual auction is applied to determine which camera continues to track which object.

Wie kann Selbstwahrnehmung für die Entwicklung zukünftiger Computersysteme genutzt werden? Computersysteme sollen ihren Zustand selbstständig erfassen und entsprechend auf äußere Einflüsse reagieren. Beispielsweise kann in einem batteriebetriebenen Computernetz die Datenverarbeitung automatisch auf Rechner mit ausreichenden Energiereserven ausgelagert werden. Dadurch werden Knoten mit knappen Ressourcen geschont und das Netzwerk kann länger in Betrieb bleiben.

Unsere Wissenschaftler an der Alpen-Adria-Universität untersuchen, wie diverse Verfahren aus unterschiedlichen Disziplinen wie Biologie und Wirtschaft wichtige Eigenschaften vernetzter Computersysteme verbessern können. Zentral sind hierbei Eigenschaften wie Autonomie, Flexibilität und Skalierbarkeit.

Die Entwicklung eines autonomen Netzes intelligenter Kameras stellt einen Schwerpunkt der Klagenfurter Forscher dar. Intelligente Kameras analysieren selbstständig die aufgenommenen Bilder und ermitteln die für den Anwender interessanten Objekte, wie beispielsweise Fahrzeuge oder Personen. Die Kameras übermitteln Merkmale der detektierten Objekte an benachbarte Kameras und bestimmen mittels virtueller Auktionen, welche Kamera welches Objekt weiter verfolgen soll.



# Self-Organizing Synchronization

The synchronous flashing of fireflies is a spectacular example for self-organization in nature: Thousands of fireflies gather in trees and flash in unison using a distributed mechanism that can be understood using the theory of coupled oscillators. This theory has been used successfully for modeling many synchronized and coordinated phenomena, such as sleep cycles, the firing of neurons, and the vibration of bridges.

Our researchers aim at advancing this field of science and transferring it to technological applications, in particular to wireless communication networks. "Synchronization is an important building block in large networks of embedded systems," says project leader Christian Bettstetter. "Synchrony should emerge in a distributed manner without having to rely on central entities." The team has developed a solution that seems to work well in wireless systems. It is now being implemented in a programmable hardware

platform for field tests. Johannes Klinglmayr is already very excited about the outcome. "Let's see whether measurements in a real-world environment will confirm our promising simulation results."

Lakeside Labs also investigates the robustness aspects of self-organization against faulty devices. What happens if one or more devices malfunction in some way? The idea is to use an approach from neuroscience and combine it with the results already produced. "We have mathematically proven that the resulting algorithm converges," Klinglmayr concludes.

Das synchrone Blinken von Glühwürmchen ist ein beeindruckendes Beispiel für Selbstorganisation. Tausende dieser Tierchen sammeln sich in Bäumen und blinken im Takt ohne dass ein Dirigent diesen vorgibt. Dieses in Asien auftretende Phänomen lässt sich mit der Theorie gekoppelter Oszillatoren erklären, die vielen Synchronisations- und Koordinationsphänomenen wie z. B. den Schlafzyklen, dem Feuern von Neuronen und dem Schwingungsverhalten von Brücken zugrunde liegen.

Unsere Wissenschaftler forschen auf diesem Gebiet und möchten es auf technische Anwendungen – im Speziellen auf drahtlose Kommunikationsnetze – übertragen. „Synchronization ist ein wichtiger Funktionsbaustein in großen, vernetzten eingebetteten Systemen“, erklärt Projektleiter Christian Bettstetter. Dabei soll Synchronität auf verteilte Art und Weise ohne zentrale Steuerung erreicht werden. Dem Team ist es gelungen, einen Algorithmus zu entwickeln, der sich in drahtlosen Systemen zu bewähren scheint. Er wird derzeit auf einer Hardwareplattform implementiert und Feldtests unterzogen.

Forscher Johannes Klinglmayr zeigt sich mit den bisherigen Ergebnissen zufrieden. „Wir hoffen, dass sich unsere vielversprechenden Simulationsergebnisse mit den Messungen unter realistischen Bedingungen decken.“

In einem von der FFG geförderten Projekt werden auch Fragen der Robustheit untersucht, das heißt inwieweit fehlerhafte Geräte selbstorganisierende Prozesse stören. Was passiert, wenn sich ein oder mehrere Geräte nicht dem Algorithmus entsprechend verhalten? Die Antwort hofft man in einer Kombination aus neurowissenschaftlichen und eigenen Erkenntnissen zu finden. „Es ist uns gelungen, die Konvergenz des Verfahrens mathematisch zu beweisen“, freut sich Klinglmayr.



# Collaborative Aerial Robots

---

Small-scale aerial robots, such as quadrotors, can be used for several applications, for example, to support humans in disaster response with up-to-date aerial images. Several research projects have been launched worldwide in the past years to explore the design challenges of such unmanned aerial vehicle (UAV) systems.

The goal of the project team in Klagenfurt is to develop a platform for systems that involve multiple, collaborating aerial robots. The small-scale UAVs have sophisticated onboard controllers to achieve flight stability. They are equipped with an integrated GPS receiver, on-board sensors and embedded processing, and wireless communication capabilities, which allow them to collect and deliver real-time sensing data (such as still images) while flying over a certain area of interest.

Unbemannte kleine Luftfahrzeuge (UAV) sind vielfältig einsetzbar. So unterstützen sie beispielsweise Rettungskräfte bei ihren Einsätzen. Seit einigen Jahren stellt das Systemdesign für UAVs Forscher weltweit vor große Hausforderungen. Das Forscherteam aus Klagenfurt hat es sich zum Ziel gesetzt, eine Plattform für multiple kooperierende UAVs zu entwickeln.

Unsere UAVs weisen dank anspruchsvoller Steuerungselektronik eine hohe Flugstabilität auf, verfügen über integrierte GPS-Empfänger, bordeigene Sensoren und eingebettete Datenverarbeitungs- und Kommunikationsmöglichkeiten. Damit können während des Flugs Aufnahmen in Echtzeit an die Bodenstation geliefert werden. Seit 2008 arbeiten wir daran, diesen Prozess selbstorganisierend ablaufen zu lassen.

Since 2008, Lakeside Labs has worked on integrating self-organization principles into the design of collaborative multi-UAV systems. One of the main applications of interest is capturing an overview aerial image of a given area in order to support first responders in disaster management. "One can describe this as Google Earth in real time," project leader Bernhard Rinner explains. The basic operation starts with defining the areas of interest on an electronic map which is used to compute routes for the individual UAVs (mission planning). The UAVs then fly over the area of interest and acquire images. The images are sent to the ground station (networking) and mosaicked to a large overview image (sensed data analysis).

"The developed system has been tested in several scenarios and it proved to work well under realistic conditions," researcher Vera Mersheeva says.

Eines der wichtigsten Anwendungsbeispiele ist das Erstellen aktueller Luftaufnahmen von Einsatzgebieten zur Unterstützung von Rettungskräften im Katastrophenfall. „Man könnte das als „Google Earth“ in Echtzeit bezeichnen“, erklärt Projektleiter Bernhard Rinner.

Jeder Einsatz beginnt mit der Bestimmung des Zielgebiets auf einer elektronischen Landkarte. Daran anschließend wird festgelegt, welche Routen geflogen werden (Missionplanung), um Aufnahmen zu machen, die dann an die Bodenstation gesendet (Networking) und zu einer Großaufnahme zusammengesetzt werden (Datenanalyse). „Das entwickelte System wurde schon in verschiedenen Szenarien unter realen Bedingungen erfolgreich getestet“, freut sich Vera Mersheeva.



# Cooperative Wireless Networks

Mobile devices currently communicate via fixed cellular terminals and a fixed network structure. Future developments will foster the principle of ad-hoc communication. Devices will communicate directly, giving rise to a completely different wireless and self-organizing network without any need for static infrastructure.

This new concept of communication, i.e. devices acting as relays for other devices' data, offers a broad range of application possibilities. The concept could be applied to car-to-car accident warnings or networking autonomous robots. Beyond this, the introduction of relays promises to improve the existing, conventional cellular systems.

Lakeside Labs is developing innovative communication protocols and transmission techniques in this area. "Our transmission protocols promise gains in throughput and energy efficiency of mobile systems," explains Evsen Yanmaz. Together with a team of five researchers, Professor Bettstetter and Professor Huemer have been working on the project for five years. Various scientific advances have been made and their work has generated four patent applications and a test bed.

Derzeit kommunizieren Geräte in Mobilfunknetzen über fest installierte Basisstationen und eine statische Netzinfrastuktur. In zukünftigen Netzen wird dem Prinzip der Ad-hoc-Kommunikation eine wichtige Bedeutung zukommen. Hier können Geräte direkt miteinander kommunizieren, so dass ein drahtloses, selbstorganisierendes Netz entsteht, das keiner Infrastruktur bedarf.

Für diese Form der Kommunikation, in der Geräte als Relays für die Daten anderer Geräte agieren, gibt es ein breites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten. Sie kann zum Beispiel im Verkehrsmanagement zur Unfallwarnung zwischen Fahrzeugen und zur Vernetzung autonomer Roboter eingesetzt werden. Aber auch im konventionellen zellularen Mobilfunk verspricht man sich durch die Einführung von Relays deutliche Systemverbesserungen. Lakeside Labs entwickeln hierzu neuartige Kommuni-

kationsprotokolle und Übertragungsverfahren. Im Vordergrund stehen dabei Verfahren zur Kooperation von Geräten. „Unser neues Übertragungsverfahren ermöglicht die Reduktion der Sendeleistung“, erklärt Evsen Yanmaz. „Daraus resultiert eine längere Batterielaufzeit und eine verringerte Gesamtstrahlung.“ Die Professoren Bettstetter und Huemer arbeiten seit gut fünf Jahren mit einem Team von fünf Forschern an diesem Thema. Neben diversen wissenschaftlichen Erkenntnissen entstanden vier Patenteinreichungen und eine Testumgebung.



# Intelligent Energy Systems

---

Alternative energy sources, the advent of electric vehicles and the awareness that resources are limited, poses new challenges to existing electrical grids. "Our grid may have been sufficient for 50 years, but now it needs to get smarter," says Anita Sobe, researcher of the smart grid research group at the Alpen-Adria-Universität. Smart grids are a combination of power networks and communication networks allowing the integration of consumers. By using their renewable resources, households, industry parks or university campuses can become more independent of the larger grid. Entities that are able to cover their energy demand independently can be considered as smart microgrids.

Theoretically, each household can buy and sell energy which is advantageous but requires intelligent agents to balance the load of the energy system. Agents can automatically propose usage patterns based on current load and energy price for appliances, such as dishwashers and washing machines. Currently, these topics are isolated research efforts.

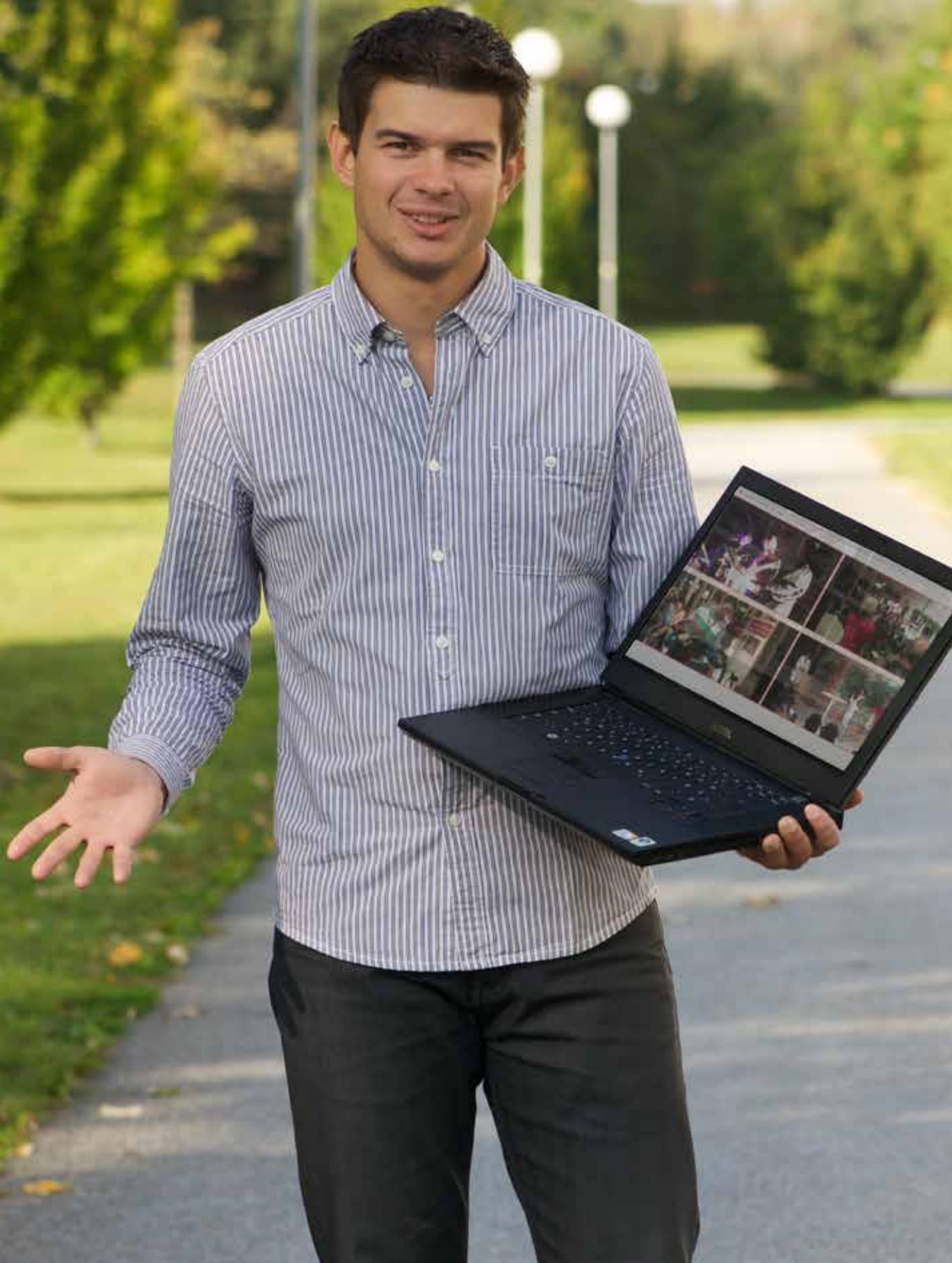
We strive to integrate investigations for a holistic approach on smart microgrids. We aim to optimize the performance of power networks and communication networks by using self-organizing algorithms and mechanisms. A transformation of our energy system can only be achieved if an appropriate know-how is established and a large number of well-trained engineers is available. Setting up a smart microgrid lab to provide an experimental environment, where motivated students can learn and gain practical experience, is an important step in this direction.

---

Im Bewusstsein um begrenzte Ressourcen, der Erschließung alternativer Energiequellen und der Einführung von Elektrofahrzeugen steht das aktuelle Stromnetz vor neuen Herausforderungen. „Unser Stromnetz hat sich in den letzten 50 Jahre kaum verändert. Jetzt aber muss es intelligent werden“, sagt Anita Sobe, Forscherin der Smart-Grid-Forschungsgruppe an der Alpen-Adria-Universität. Smart Grids sind eine Kombination aus Strom- und Kommunikationsnetzen unter aktiver Beteiligung der Konsumenten. Mit der Einbindung dezentraler Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern können beispielsweise Haushalte, Industrieparks oder Universitäten unabhängiger vom globalen Stromnetz agieren. Solche energieautarken Systeme bezeichnet man als Smart Microgrids.

Theoretisch kann jeder Haushalt Energie kaufen und verkaufen. Das klingt vorteilhaft, erfordert aber eine intelligente Steuerung, um Stromerzeugung, einen eventuellen Überschuss und die Last im System permanent auszugleichen. Intelligente Agenten können hier automatisch Nutzungsmuster für Geräte wie Geschirrspülmaschinen und Waschmaschinen vorschlagen, um Energieverbrauch und Preis zu optimieren.

Die Anstrengungen der Lakeside Labs Forscher fokussieren auf die Integration vorhandener Einzellösungen in ein intelligentes Microgrid. Da es nahezu unmöglich ist, ein dermaßen vielschichtiges System zentral zu verwalten, werden dafür selbstorganisierende Algorithmen und Mechanismen eingesetzt. Die Umstellung unseres Stromnetzes kann nur funktionieren, wenn ein entsprechendes Know-how aufgebaut wird und eine große Zahl gut ausgebildeter Ingenieurinnen und Ingenieure zur Verfügung steht. Das im Aufbau befindliche Smart-Microgrid-Labor im Klagenfurter Lakeside Park wird Studierenden die Möglichkeit zum Experimentieren, Lernen und Sammeln praktischer Erfahrung bieten.



# Multimedia Communities

---

At sporting events, spectators create masses of multimedia data with a variety of devices. Due to missing infrastructure, sharing all this content is hardly ever possible. The consumption of multimedia content is limited to video walls and spectators have no influence on what they are presented. "The idea is to adapt the architecture to the user, which means representing user devices as agents and connecting them during the social event," project leader László Böszörök explains.

A number of challenges arise when attempting to allow sufficient multimedia sharing in an agent network. An example for a challenge encountered would be that visitors move within a large area, but devices have limited storage and energy capabilities, and the files must be found and received in the right locations. "Self-organizing systems are adaptive, robust and rely on simple rules that evolve to a global goal," researcher Manfred del Fabro states.

Parts of the project were inspired by the human endocrine system. Hormones are created, transported through the body and attach to the corresponding organs. We adapt these principles to multimedia transport. The idea is that agents create "hormones" for required multimedia content which their neighbors forward. The corresponding multimedia files are attracted by these "hormones" and are automatically guided to the right locations, i.e. the interested consumer.

---

Bei großen Sportveranstaltungen werden große Mengen an Multimediadaten mit verschiedenen Geräten produziert. Ein Teilen dieser Daten ist mangels passender Infrastruktur kaum realisierbar. „Unser Ansatz ist es, die Architektur von Multimediasystemen an die Benutzer anzupassen, also die Endgeräte als Agenten zu nutzen und vor Ort zu vernetzen“, erklärt Projektleiter László Böszörök.

Um effizientes Multimedia-Sharing in einem Agentennetzwerk dieser Art zur Verfügung zu stellen, müssen einige Herausforderungen gemeistert werden. Zum Beispiel die sich ständig bewegenden Besucher, ein weitläufiges Areal, die Eigenschaften der Geräte in Bezug auf Speicher und Energiereserven und schließlich müssen die Daten gefunden und den interessierten Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Unsere Wissenschaftler an der Alpen-Adria-Universität untersuchen Algorithmen zur Lösung dieses komplexen und dynamischen Problems. „Selbstorganisierende Algorithmen sind adaptiv, robust und bauen auf einfachen Regeln auf, die zu einem großen Ganzen führen“, erklärt Manfred del Fabro.

---

Zu dieser Forschung ließen sich die Wissenschaftler auch vom menschlichen Hormonsystem inspirieren. Hormone werden produziert, mit Hilfe von Blut transportiert und docken in der Regel an den richtigen Organen an. Dieses Prinzip hat man sich für den Transport von Multimediadaten zu eigen gemacht. Gesteuert von Benutzerinteressen schütten Agenten Hormone für Multimediateile aus, benachbarte Agenten leiten diese Hormone weiter und entsprechende Inhalte werden automatisch an den richtigen Ort, sprich zum Interessenten, gelockt.



# Traffic Management

---

Efficient and reliable traffic management and control systems depend heavily on timely and accurate information from sensors along observed roads. Amending existing sensors for traffic surveillance and environment monitoring on today's road networks with intelligent and self-organizing video sensors is the subject of a project entitled "LOOK2".

Together with ASFINAG, the Austrian operator of motorways and expressways, efficient methods for sensing, notifying and processing of relevant changes in traffic flow on Austrian motorways are investigated and evaluated. "The two main goals of this case study are (i) to elaborate a self-organizing, multimedia-assisted traffic information system and to (ii) make the system more reliable by including feedback from the operators," the leader of the study, Roland Tusch, explains.

Effiziente und zuverlässige Verkehrsmanagement- und Verkehrssteuerungssysteme sind auf zeitnahe und genaue Verkehrsinformationen von entlang der Straßen installierten Sensoren angewiesen. Bestehende Sensorik zur Verkehrs- und Umfeldüberwachung durch intelligenten selbstorganisierende Videosensoren zu ergänzen ist Gegenstand des Forschungsprojekts LOOK2.

Gemeinsam mit der ASFINAG – dem österreichischen Autobahn- und Schnellstraßenbetreiber – werden effiziente Methoden zur Erkennung, Benachrichtigung und Verarbeitung relevanter Verkehrszustandsänderungen auf Österreichs Autobahnen untersucht und evaluiert. „Die zwei Hauptziele der Fallstudie sind (i) die Ausarbeitung eines selbstorganisierenden, multimediaunterstützten Verkehrsinformationssystems und (ii) die Verbesserung der Zuverlässigkeit des Systems durch Integration des Feedbacks der Operatoren“, erklärt Roland Tusch, der Leiter der Fallstudie.

"Our method for reliably detecting stationary traffic under different weather and illumination conditions reaches a precision of more than 95% and can be executed with smart cameras in real time," says Felix Pletzer, pointing out the highlight of the system.

LOOK2 is not only a SOMA case study and research field; it is also a prototypic system that is integrated in ASFINAG's productive system environment. ASFINAG's traffic operators have already been evaluating and using the system for several months. The evaluation study concluded that the system considerably improves the operators' ability to publish more reliable traffic information in real-time for the observed road areas.

„Unsere Methode zur zuverlässigen Erkennung von Stau unter sich ständig ändernden Witterungs- und Belichtungsbedingungen erreicht eine Präzision von über 95% und kann auf Smart Kameras in Echtzeit ausgeführt werden“, hebt der Forscher Felix Pletzer das Highlight des Systems hervor.

LOOK2 ist aber nicht nur eine Fallstudie und ein Forschungsgebiet; es ist auch ein prototypisches System, das in die Produktivumgebung der ASFINAG integriert ist. Verkehrsoperatoren der ASFINAG haben das System über mehrere Monate getestet und evaluiert. Die Evaluierungsstudie führte zu der Erkenntnis, dass das System die Operatoren bei der Veröffentlichung zuverlässiger und zeitnäher Verkehrsinformationen für die überwachten Streckennetze ganz entscheidend unterstützt.



# Medical Information Systems

---

Collaborative knowledge in big communities (known as Wisdom of the crowds) and self-organization of huge amounts of networked participants have shown a lot of potential in various fields of computer science and information systems. Still, there are many scenarios, in particular in highly professional applications, where a critical mass of users (experts) is not available to safely create this knowledge. In several scenarios a top down model providing generally agreed domain knowledge can be used as common ground for communication. However, for other scenarios, diversity in terms of interest, motivation, information need, and many other characteristics prevent top down approaches, for which an à-priori-consensus between participating members must be found.

Within this project we focus on small and medium sized groups of people, who have common interests but are too diverse for applying a commonly agreed model and who are bound to use multimedia systems to satisfy their needs. Further, we consider these people being experts with intense domain knowledge, such as medical doctors.

Based on the CODE-MM Lakeside Labs project, which is conducted in addition to an ongoing applied research project funded directly by our project partner, we aim at consolidating and fostering basic and applied research competence in multimedia information systems for medical scenarios. If successful, a number of exciting scientific and economic opportunities will unfold. Long term goal is the establishment of a center of expertise in this field - at least partially funded by our partner - or of a new company dedicated to industry-oriented development and research and world-wide delivery of software tools for medical multimedia information systems.

---

Die Forschung der letzten Jahre hat gezeigt, dass Selbstorganisation Innerhalb sozialer Web-Plattformen großes Potential hat, neues Wissen zu generieren. Dennoch gibt es viele Szenarien, in denen eine kritische Masse von Nutzern nicht erreicht wird und daher der Effekt „Weisheit der Massen“ nicht genutzt werden kann. Für Informationssysteme mit geringerer Nutzerzahl verhindert außerdem die Vielfalt der Nutzerinteressen oft Ansätze, bei denen a priori ein Konsens unter den Benutzern gefunden werden muss, wie zum Beispiel ein gemeinsames Domänen- oder Wissensmodell.

Im Rahmen von CODE-MM konzentrieren wir uns auf themenspezifische multimediale Informationssysteme mit vergleichsweise geringer Nutzerzahl. Wir gehen davon aus, dass die Benutzer in ihrem Fachbereich Experten sind, gemeinsame Interessen haben und das Informationssystem professionell nutzen.

Mit Hilfe unseres Projektpartners, einem namhaften Medizintechnikhersteller, verbinden wir Grundlagen- und angewandte Forschung mit einem realen Anwendungsfall. Langfristiges Ziel für unseren Partner ist ein intelligentes multimediales Informationssystem für Endoskopievideos, das Chirurgen weltweit bei ihrer täglichen Arbeit unterstützt. Langfristig wird die Gründung eines Kompetenzzentrums für medizinische Informationssysteme oder eines Spin-Offs zur Weiterentwicklung dieser Technologien angepeilt.



# Sensor Networks in Nature

---

Can automated sensor systems protect sensitive areas without being connected to the power grid or any other technical infrastructure? This is one of many questions that Lakeside Labs faces in the SRSnet project. Cameras and microphones are deployed to detect events in nature parks. The tasks of the sensor network include visitor counting, surveillance of zones with protected flora, as well as the detection of gunshots for example. For all these tasks, the network must be able to run on batteries and renewable energy for longer periods of time. Finding a balance between energy usage and functionality of sensors is key to this project.

One approach is to selectively disable certain sensors while others take over their tasks. Detected events are collected in a database and can be retrieved by users via a web interface. This resource-aware sensor network is demonstrated in a test operation in the National Park Hohe Tauern. "It is very exciting to have an international cooperation as well as the practical work in the National Park," says researcher Bernhard Dieber.

There are many further aspects covered in this project. The scientific questions include the selection of hardware and suitable energy sources, the development of efficient audio and video processing procedures, the detection of complex events, as well as the storage and presentation of events and multimedia data to users. „The limited resources of the sensor network pose a special challenge - this is a highly active international field of research,“ explains the technical project leader Bernhard Rinner.

Wie schützt man automatisiert sensible Bereiche und erfasst interessante Daten in einem Gebiet, in dem es weder Strom noch sonstige technische Infrastruktur gibt? Diese und ähnliche Fragen werden von Forschern der Lakeside Labs im Projekt SRSnet behandelt. Kameras und Mikrofone werden eingesetzt, um Ereignisse beispielsweise in Naturparks zu erkennen. Zu den Aufgaben des Sensornetzwerks zählen die Überwachung von Zonen mit geschützter Flora, das Zählen der Besucher und die Detektion von Jagdschüssen.

Für all diese Aufgaben muss das Sensornetzwerk in der Lage sein, längere Zeit ausschließlich mit Batterien oder vor Ort erzeugter erneuerbarer Energie betrieben zu werden. Hierzu bedarf es einer Balance zwischen Energieverbrauch und Funktionalität der Sensoren. So können einzelne Sensoren zwischenzeitlich abgeschaltet werden, während andere ihre Aufgaben übernehmen.

Die beobachteten Ereignisse werden in einer Datenbank gesammelt und den Benutzern über ein Webinterface zugänglich gemacht. Wie dieses ressourcenbewusste Sensornetzwerk funktioniert, wird bei einem Testbetrieb im Nationalpark Hohe Tauern in Österreich untersucht. „Das Spannende in diesem Projekt ist nicht nur die Kooperation mit internationalen Partnern, sondern auch die praktische Arbeit beim Testaufbau im Nationalpark“, erklärt Forscher Bernhard Dieber.

Natürlich gibt es auch weitere Aspekte, die in diesem Projekt von Bedeutung sind. Die wissenschaftlichen Fragestellungen reichen von der Auswahl von Hardware und geeigneter Energieversorgung, über das Entwickeln von effizienten Verfahren zur Bild- und Tonanalyse sowie zur Erkennung komplexer Ereignisse bis hin zur Speicherung und Aufbereitung von Ereignissen und Multimediadaten für Benutzer.



»I am convinced that an increasing level of self-organization is essential to cope with the growing complexity of cyberphysical systems.«

Christian Bettstetter, Scientific Director

»The idea of self-organization becomes increasingly attractive for industrial partners.

Therefore, the education of young

»The idea of self-organization becomes increasingly attractive for industrial partners. Therefore, the education of young researchers in this future-oriented research field is one of our primary goals.«



Claudia Prüggler, Managing Director

research field is one of our primary goals.«

# LAKESIDE LABS

## **Engineering Self-Organization** page 5

---

W. Elmenreich and I. Fehervari. Evolving self-organizing cellular automata based on neural network genotypes. International Workshop on Self-Organizing Systems, 2011.

I. Fehervari and W. Elmenreich. Evolving neural network controllers for a team of self-organizing robots. Journal of Robotics, 2010.

W. Elmenreich, R. D'Souza, C. Bettstetter, H. de Meer. A survey of models and design methods for self-organizing networked systems. International Workshop on Self-Organizing Systems, 2009.

W. Elmenreich, G. Friedrich. How to design self-organizing systems. Science beyond Fiction European Commission Information Society and Media, 2009.

W. Elmenreich, H. de Meer. Self-organizing networked systems for technical applications: A discussion on open issues. International Workshop on Self-Organizing Systems, 2008.

## **Engineering Proprioception** page 7

---

B. Dieber, L. Esterle, and B. Rinner. Distributed resource-aware task assignment for complex monitoring scenarios in visual sensor networks. ACM International Conference on Distributed Smart Cameras, 2012.

L. Esterle, P. R. Lewis, M. Bogdanski, B. Rinner, X. Yao. A socio-economic approach to online vision graph generation and handover in distributed smart camera networks. International Conference on Distributed Smart Cameras (ICDSC), 2011.

L. Esterle, P.R. Lewis, B. Rinner, and X. Yao. Improved adaptivity and robustness in decentralised multi-camera networks. ACM International Conference on Distributed Smart Cameras, 2012.

H. Guggi. Self-aware middleware for smart camera networks. IEEE International Conference on Pervasive Computing, 2012.

B. Rinner, B. Dieber, L. Esterle, P.R. Lewis, and X. Yao. Resource-aware configuration in smart camera networks. IEEE Workshop on Camera Networks and Wide Area Scene Analysis, 2012.

## **Self-Organizing Synchronization** page 9

---

J.Klinglmayr, C.Kirst, C.Bettstetter, M.Timme. Guaranteeing global synchronization in networks with stochastic interactions. New Journal of Physics, 2012.

J. Klinglmayr, C. Bettstetter. Self-organizing synchronization with inhibitory-coupled oscillators: convergence and robustness. ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems, 2012.

R. Leidenfrost, W. Elmenreich, C. Bettstetter. Fault-tolerant averaging for self-organizing synchronization in wireless ad hoc networks. International Symposium. on Wireless Communication Systems, 2010.

A. Tyrrell, G. Auer, C. Bettstetter. Emergent slot synchronization in wireless networks. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2010.

# Selected Publications

A. Tyrrell, G. Auer, C. Bettstetter, R. Naripella. How does a faulty node disturb decentralized slot synchronization over wireless networks? IEEE International Conference on Communications (ICC), 2010.

## Autonomous Aerial Robots page 11

V. Mersheeva, G. Friedrich. Routing for continuous monitoring by multiple micro UAVs in disaster scenarios. European Conf. on Artificial Intelligence, 2012.

M. Quaritsch, K. Krugl, D. Wischounig-Strucl, S. Bhattacharya, M. Shah, B. Rinner. Networked UAVs as aerial sensor network for disaster management applications. e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, 2010.

D. Wischounig-Strucl, M. Quaritsch, B. Rinner. Prioritized data transmission in airborne camera networks for wide area surveillance and image mosaicking. IEEE Workshop on Camera Networks and Wide Area Scene Analysis, 2011.

S. Yahyanejad, M. Quaritsch, B. Rinner. Incremental, orthorectified and loop-independent mosaicking of aerial images taken by micro UAVs. IEEE International Symposium. Robotic and Sensors Environments (ROSE), 2011.

E. Yanmaz, R. Kuschnig, C. Bettstetter. Achieving connectivity in 802.11 networks with three-dimensional aerial mobility. IEEE INFOCOM, 2013.

## Cooperative Wireless Networks page 13

H. Adam, E. Yanmaz, C. Bettstetter. Contention-based estimation of neighbor cardinality. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2013.

G. Brandner, U. Schilcher, T. Andre, C. Bettstetter. Packet delivery performance of simple cooperative relaying in real-world car-to-car communications. IEEE Wireless Communications Letters, 2012.

M. Huemer, A. Onic, C. Hofbauer. Classical and Bayesian linear data estimators for unique word OFDM, IEEE Transactions on Signal Processing, 2011.

N. Marchenko, C. Bettstetter. Throughput and energy efficiency of cooperative diversity with relay selection. European Wireless, 2011.

U. Schilcher, C. Bettstetter, G. Brandner. Temporal correlation of interference in wireless networks with Rayleigh block fading. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2012.

## Intelligent Energy Systems page 15

A. Sobe, W. Elmenreich. Smart Microgrids: Overview and Outlook. ITG INFORMATIK 2012. Workshop on Smart Grids, 2012.

W. Elmenreich, D. Egarter. Design Guidelines for Smart Appliances. WISES 2012, Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, 2012.

# Selected Publications

## Multimedia Communities page 17

A. Sobe, W. Elmenreich, L. Böszörmenyi. Replication for bio-inspired delivery in unstructured peer-to-peer networks. International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, 2011.

L. Böszörmenyi, M. Del Fabro, M. Kogler, M. Lux, O. Marques, A. Sobe. Innovative directions in self-organized distributed multimedia systems. Multimedia Tools and Applications, 2011.

A. Sobe, W. Elmenreich, L. Böszörmenyi. Towards a self-organizing replication model for non-sequential media access. ACM Workshop on Social, Adaptive and Personalized Multimedia Interaction and Access (SAPMIA), 2010.

M. Del Fabro, L. Böszörmenyi. The vision of crowds: Social event summarization based on user-generated multimedia content. ACM Workshop – Data Collection By The People For The People, 2011.

M. Kogler, M. Lux. Bag of visual words revisited: An exploratory study on robust image retrieval exploiting fuzzy code-books. International Workshop on Multimedia Data Mining, 2010.

## Traffic Management page 19

F. Pletzer, R. Tusch, B. Rinner, L. Böszörmenyi. Robust traffic state estimation for smart cameras. 9th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS), 2012.

R. Tusch, F. Pletzer, T. Mariacher, A. Krätschmer, V. Mudunuri, K. Sabbavarapu, M. Kogler, M. Harrer, P. Hrassnig, L. Böszörmenyi, B. Rinner. LOOK2: A video-centric system for real-time notification and presentation of relevant traffic situations in Austria. ITS World Congress, 2012.

F. Pletzer, R. Tusch, T. Mariacher, M. Harrer, L. Böszörmenyi, B. Rinner. Video-based traffic state estimation on smart cameras for traffic information systems, 2012.

R. Tusch, A. Krätschmer, F. Pletzer, T. Mariacher, M. Harrer, L. Böszörmenyi, B. Rinner. Efficient level of service classification for traffic monitoring in the compressed video domain. IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME), 2012.

R. Tusch, F. Pletzer, T. Mariacher, V. Mudunuri, A. Krätschmer, K. Sabbavarapu, M. Kogler, L. Böszörmenyi, B. Rinner, M. Harrer, P. Hrassnig. LOOK2 – A video-based system for realtime notification of relevant traffic events. IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME), 2012.

## **Medical Information Systems** page 21

---

M. Kogler, M. Lux. Robust image retrieval using bag of visual words with fuzzy codebooks and fuzzy assignment. ACM International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies, 2012.

A. Müller, M. Lux, L. Böszörmenyi. The video summary GWAP: summarization of videos based on a social game. ACM International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies, 2012.

M. Del Fabro, A. Sobe, L. Böszörmenyi. Summarization of real-life events based on community-contributed content. International Conferences on Advances in Multimedia, 2012.

K. Schöffmann, D. Ahlström, L. Böszörmenyi. 3D Storyboards for interactive visual search. IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME 2012), 2012.

C. Müller, M. Smole, K. Schöffmann. A Demonstration of A Hierarchical Multi-Layout 3D Video Browser. International Conference on Multimedia and Expo (ICME 2012), 2012.

## **Sensor Networks in Nature** page 23

---

B. Dieber, C. Micheloni, B. Rinner. Resource-aware coverage and task assignment in visual sensor networks, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2011.

C. Piciarelli, C. Micheloni, G. L. Foresti. Occlusion-aware multiple camera reconfiguration. International Conference on Distributed Smart Cameras (ICDSC), 2010.

C. Piciarelli, C. Micheloni, S. Londero, M. Valotto, P. Omero, B. Rinner, F. Al Machot, C. Tasso, B. Dieber, K. Kyamakya. Smart resource-aware multimedia sensor network for automatic detection of complex events. IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS), 2011.

F. Al Machot, K. Kyamakya, B. Dieber, B. Rinner. Real time complex event detection for resource-limited multimedia sensor networks. IEEE International Conference on Advanced Video and Signal-Based Surveillance (AVSS), 2011.

C. Micheloni, B. Rinner, G. L. Foresti. Video analysis in pan-tilt-zoom camera networks – from master-slave to cooperative smart cameras. IEEE Signal Processing Magazine, 2010.



**Lakeside Labs GmbH**  
Lakeside Park Bo4b  
9020 Klagenfurt | Austria  
Fon (+43) 463 287044  
[office@lakeside-labs.com](mailto:office@lakeside-labs.com)

editing | concept | layout | photos | Christian Philipp  
excerpt pictures on page 24 by Bernhard Horst | Ursula Scholz  
„Google Earth“ is a trademark of Google Inc.  
© Lakeside Labs 2013

