

Information – Communication – Computing

Information – Communication – Computing

Gernot Kubin, Oswin Aichholzer, Johannes Wallner



Wer von uns trägt heute nicht einen Computer in der Tasche bei sich, mit dessen Hilfe wir untereinander kommunizieren und uns jederzeit Informationen aus dem Internet besorgen? Uns an unbekannten Orten zurechtfinden? Spielen, fernsehen, Musik hören, fotografieren und vieles mehr? Das Field of Expertise „Information, Communication & Computing (ICC)“ an der TU Graz geht weit über diese Allerweltfunktionen eines Smartphones hinaus, hier wird unsere Welt (die physikalische wie auch die virtuelle) analysiert, modelliert, simuliert, optimiert und mit neuen Entwürfen gestaltet.

So wie seit Langem Form und Materie im Wechselspiel zueinander stehen, verstehen wir seit der Mitte des 20. Jahrhunderts die *Information* als Schlüssel zur Darstellung der Wirklichkeit, einer Darstellung, die sich unser Geist als Wissen aneignen und in der Kommunikation mit anderen austauschen kann. Die *Kommunikation* macht damit Information erst wahrnehmbar, erlebbar, mitteilbar und veränderbar – sie berührt alle Sinnesmodalitäten der Menschen (Hören, Sehen, Tasten usw.) im Konkreten und verlangt bei der Kommunikation der Menschen mit technischen Systemen, dass diese über physikalische Aktuatoren und Sensoren (z. B. Lautsprecher und Mikrofone oder Bildschirme und Kameras) verfügen, die wir angreifen und begreifen können. Dahinter steht immer die abstrakte Sprache der Information, die Sprache des mathematischen Modells zur Darstellung der Wirklichkeit und der Verfahren bzw. Algorithmen zur Nutzung dieser Modelle, was wir unter *Computing* zusammenfassen.

Der Begriff des Algorithmus stellt eine Klammer über das weit verzweigte Forschungsfeld ICC dar. Das lässt sich gut am äußerst bedeutsamen Algorithmus zur schnellen Fouriertransformation erläutern, die zur Analyse und mathematischen Model-

Don't we all carry a computer in our pockets today which we use for communicating with each other and for grabbing information from the Internet? For finding our way in unknown places? For gaming, watching TV, listening to music, taking pictures, and much more? The Field of Expertise "Information, Communication & Computing" (ICC) at Graz University of Technology by far exceeds those everyday smartphone tasks. This is where our world (both the physical and the virtual one) is analyzed, modeled, simulated, optimized, and shaped with new designs.

Just as form and matter have for long been in interplay with each other, since the mid 20th century we have conceived of *information* as the key for representing reality, a representation which our mind can appropriate as knowledge and exchange with others through communication. It is *communication* that lets us perceive, experience, share, and shape information – that affects all the sensory modalities of humans (hearing, seeing, touching, etc.) in a concrete sense and that, when humans communicate with technical systems, calls for physical actuators and sensors (e.g., loudspeakers and microphones or displays and cameras) that we can feel and understand. This is always backed by the abstract language of information, the language of mathematical models representing reality and the methods or algorithms for using these models, which we summarize in the word *computing*.

The notion of algorithms constitutes an overarching bracket of the widely ramified research field ICC. This can be illustrated well with the extremely relevant fast algorithm for the Fourier transform, which was introduced by Jean-Baptiste Joseph Fourier for the analysis and mathematical modeling of physical systems in 1807. Two years earlier, the mathematician Carl Friedrich Gauß had proposed an algorithm to significantly speed up trigonometric interpolations

Gernot Kubin leitet die Institute für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation sowie für Technische Informatik, koordiniert die Doctoral School Informations- und Kommunikationstechnik und leitet das FoE „Information, Communication & Computing“. Seine Forschungsinteressen liegen in der nichtlinearen Signalverarbeitung, Computational Intelligence sowie der Sprach- und Audiokommunikation.

Gernot Kubin is head of the Signal Processing & Speech Communication and the Technical Informatics Laboratories, coordinator of the Doctoral School Information and Communications Engineering, and head of the FoE "Information, Communication & Computing". His research interests are in nonlinear signal processing, computational intelligence, speech and audio communication.



© fotolia.com

lierung physikalischer Systeme von Jean-Baptiste Joseph Fourier im Jahr 1807 eingeführt wurde. Schon zwei Jahre zuvor hatte der Mathematiker Carl Friedrich Gauß einen Algorithmus vorgeschlagen, mit dem man trigonometrische Interpolationen unter Ausnutzung von allgemein bekannten Eigenschaften der Winkelfunktionen um vieles schneller berechnen konnte, um damit die Position von Asteroiden zu bestimmen. Dieser Algorithmus wurde erst 1965 von James W. Cooley von der IBM-Forschung und John W. Tukey von den Bell Laboratories ohne Kenntnis der Arbeiten von Gauß wiederentdeckt und in der Zeitschrift *Mathematics of Computation* publiziert. Daraufhin wurde der Algorithmus in kurzer Zeit in zahlreichen Anwendungen der Ingenieurwissenschaften populär, da aufgrund des Fortschritts der Informatik leistungsfähige Computer zur Verfügung standen, die mit derartig beschleunigten Rechenverfahren viel komplexere Analysen und Modellsimulationen durchführen konnten als zuvor. Der letzte Schritt kam durch die Erkenntnis, dass sich die bereits von Gauß gefundenen algorithmischen Strukturen direkt auf integrierten elektronischen Schaltungen abbilden ließen, die um Größenordnungen weniger Volumen und Stromverbrauch als die ursprünglich eingesetzten Computer benötigten. Und heute ist die schnelle Fouriertransformation ein Standardbaustein in zahlreichen elektronischen und kommunikationstechnischen Chips wie z. B. für den Netzzugang via ADSL oder WLAN, für MP3-Spieler sowie für Funksysteme in digitalem Fernsehen, Radio und Mobiltelefonen der vierten Generation. Was das Forschungsfeld ICC daraus lernen kann? Den Wissensaustausch zwischen den drei beteiligten Fakultäten in den Fachgebieten Mathematik und Geowissenschaften, Informatik, Elektronik und Informationstechnik zu beschleunigen, also in Zukunft nicht mehr an die 200 Jahre für den Umsetzungspfad von der mathematischen Methode zur verschwindend kleinen Elektronikschaltung zu benötigen.

by exploiting well-known properties of the trigonometric functions which was to be used for the determination of the position of asteroids. Only in 1965 was this algorithm rediscovered by James W. Cooley from IBM Research and John W. Tukey from Bell Laboratories (Gauß's work was unknown to them), and published in the journal *Mathematics of Computation*. Following this, the algorithm became quickly popular in numerous applications of the engineering sciences because the advancement of computer science had made powerful computers available which, by using such accelerated computation methods, could perform much more complex analyses and model simulations than before. The final move happened due to the insight that the algorithmic structures already found by Gauß lend themselves to direct mapping on integrated electronic circuits which require much less volume and power consumption than the originally employed computers (in fact, several orders of magnitude less). Today the fast Fourier transform is a standard component in many electronic and communications engineering chips, e.g., for network access via ADSL or WLAN, MP3 players, radio systems in digital TV, radio, and 4th generation mobile telephony.

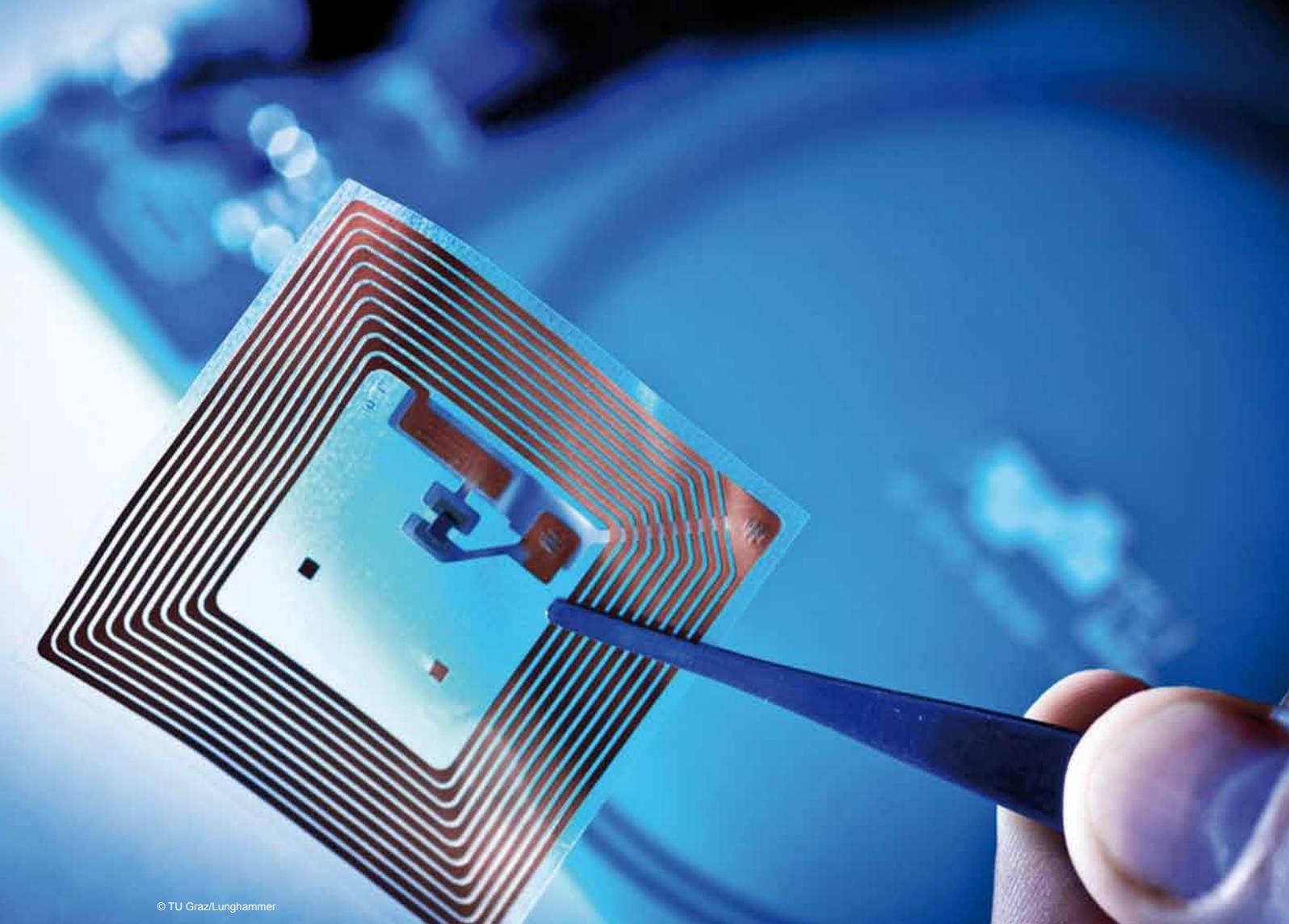
What can the research field ICC learn from this? To accelerate the knowledge exchange between the three participating faculties in the areas of mathematics, geosciences, computer science, electronics and information engineering in order in future never again to waste nearly 200 years between conceiving mathematical methods and implementing them in minute electronic circuits.

And the future has already begun. In this issue of TU Graz *research*, we are taking the opportunity to showcase the outstanding work of not only individual research groups, but also that resulting from the scientific cooperation which has been so successfully practised at the ICC. You can read this for yourself in the cross-cutting articles from the institutes in the following fields: Microwave and Photonic



Oswin Aichholzer leitet die Arbeitsgruppe Discrete and Computational Geometry am Institut für Softwaretechnologie und ist stellvertretender Leiter des FoE „Information, Communication & Computing“. Im Rahmen des von der European Science Foundation (ESF, project EUROCORES – EUROpean Collaborative REsearch) geförderten multinationalen Projektes ComPoSe arbeiten Gruppen an sieben führenden Universitäten Europas unter seiner Leitung an algorithmischen und kombinatorischen Fragestellungen zu geometrischen Strukturen.

Oswin Aichholzer is head of the Discrete and Computational Geometry Group at the Institute for Software Technology and deputy head of the FoE "Information, Communication & Computing". He leads the multinational research project ComPoSe within the EUROCORES (EUROpean Collaborative REsearch) program EuroGIGA of the European Science Foundation (ESF), where groups from seven leading European Universities collaborate on algorithmic and combinatorial problems of geometric objects.



© TU Graz/Lunghammer



Johannes Wallner ist Leiter des Instituts für Geometrie und stellvertretender Leiter des FoE „Information, Communication & Computing“. Seine Forschungsinteressen liegen in der angewandten Geometrie und geometrischen Datenverarbeitung, in der diskreten Differentialgeometrie und in geometrischen Aspekten der Approximationstheorie.

Johannes Wallner is head of the Institute of geometry and is deputy head of the FoE "Information, Communication & Computing".

His research interests are in applied geometry and geometry processing, in discrete differential geometry, and in geometric aspects of approximation theory.

Und die Zukunft hat schon begonnen. Wir nehmen diese Ausgabe des Forschungsjournal TU Graz *research* zum Anlass, neben hervorragenden Arbeiten einzelner Forschungsgruppen die wissenschaftliche Zusammenarbeit im ICC vor den Vorhang zu holen, die vielfach schon erfolgreich gelebt wird. Überzeugen Sie sich davon in fakultätsübergreifenden Artikeln aus folgenden Instituten: Hochfrequenztechnik mit angewandter Informationsverarbeitung und Kommunikationstechnologie zu *RFID-Technologien*; Fernerkundung und Photogrammetrie mit Kommunikationsnetzen und Satellitenkommunikation zu *Integrated Services*; mathematische Strukturtheorie mit Signalverarbeitung und Sprachkommunikation zur *Informationstheorie* und natürlich im Artikel, den Sie gerade lesen – gemeinschaftlich von einem Team aus drei Fakultäten verfasst. ■

Engineering with Applied Information Processing and Communications on *RFID technologies*; Remote Sensing and Photogrammetry with Communication Networks and Satellite Communications on *integrated services*; Mathematical Structure Theory with Signal Processing and Speech Communication on *information theory*; and, of course, in the article you are just reading – written jointly by a team from three faculties. ■

Literatur/References:

Michael T. Heideman, Don H. Johnson und C. Sidney Burrus: *Gauss and the History of the Fast Fourier Transform. IEEE ASSP Magazine, October 1984, 14–21.*