

Schweizerische Gesellschaft für Automatik Association Suisse pour l'Automatique Swiss Society for Automatic Control

www.sga-asspa.ch

SGA – ASSPA – SSAC BULLETIN

Nr. 63 – Regelungsanwendung mit mehreren Quadrocoptern

Editorial

Sehr verehrte Mitglieder und Mitgliederinnen,

zum Abschluss des Jahres präsentieren wir Ihnen einen Beitrag des Institutes von Professor d'Andrea an der ETH Zürich. Er befasst sich mit der koordinierten Regelung von mehreren Quadrocoptern. Diese haben die Aufgabe, mit einem Netz, das zwischen ihnen aufgespannt ist, einen in die Luft geworfenen Ball aufzufangen.

Dies ist ein interessantes Roboterbeispiel, da es übergeordnete Koordination, mehrere Regelschleifen sowie eine Trainingsphase beinhaltet.

Neben diesem Beitrag finden Sie auch einen Bericht über die Jubiläumsfeier von Prof. Mohamed Mansour, die im Sommer stattgefunden hat. Vielleicht weckt er bei einigen Mitgliedern Erinnerungen wach an die «guten alten» ETH Zeiten.

Ich wünsche Ihnen frohe Festtage und alles Gute zum neuen Jahr Mit freundlichen Grüssen Peter Gruber



Kontakt Dr. Peter Gruber Rittmeyer AG Inwilerriedstr. 57 6341 Baar

<u>E-Mail: peter.gruber@rittmeyer.com</u> Internet: www.rittmeyer.com

HSLU Technik & Architektur Technikumstr. 21 6048 Horw E-Mail: <u>peter.gruber@hslu.ch</u>

Neue Vorstandsmitglieder gesucht

Weihnachten, Jahresende – Zeit für Rückblicke, aber auch um voraus zu schauen.

Nach vielen Jahren Vorstandstätigkeit wünscht sich der Vorstand eine Verjüngung und ist daher bemüht interessierte und engagierte Nachfolger zu finden.

Sind Sie interessiert? Melden Sie sich im SGA Sekretariat oder direkt beim Präsidenten für nähere Infos. Der Aufwand ist überschaubar.

Der Vorstand freut sich auf Ihre Kontaktnahme und dankt allen Mitgliedern für ihre Treue zur SGA. Ihnen allen eine besinnliche Adventszeit, frohe Weihnachten und ein gesundes und erfolgreiches 2013!

Inhalt	
Editorial	1
Motivation for the research, useful civil applications	2
Ausschreibung SGA Förderpreis	11
Rückblick Jubiläumstreffen von Prof. Mansour	12
Auszug aus den IFAC-News	15
SGA Meeting	15
Impressum	15
sensors.ch News	16





Flying Machine Arena

Motivation for the research, useful civil applications

Autonomous flying vehicles have seen fast development in the past decade, much of which has been enabled by new technologies. The main enabling technologies for this field have been miniaturized inertial sensors, low weight high performance batteries, and rare earth magnet electric motors. The combination of these technologies has allowed flying vehicles to shrink from tens of kilograms to hundreds of grams, while improving flight time, performance, and payload capabilities.

Today, flying vehicles are starting to reach the level of sophistication required for industrial Authors: applications. Applications currently being tested or deployed include the inspection and monitoring of civil infrastructure including highways, bridges and dams; traffic surveillance; crowd monitoring; police enforcement; disaster coordination; professional photography; and video streaming for broadcast companies and event organizers. However, the platforms currently being deployed heavily rely on human pilots. In the presence of wind and other disturbances, human-piloted vehicles cannot guarantee safe control if multiple cooperating vehicles are involved in fast maneuvers.

In order to perform tasks without a human pilot, two additional key functionalities are required: the vehicle must be able to localize in space, and must be provided the feedback control laws that permit it to correct for disturbances such as wind gusts.

The Flying Machine Arena is a test bed for flying vehicles at the Institute for Dynamic Systems and Control, ETH Zurich. In the space, a fleet of small four-rotor vehicles (quadrocopters) are used to investigate control algorithms for autonomous flying vehicles. The research carried out in the test bed focuses on the second of the above functionalities required for autonomous flight, control. Specifically, the topics investigated include highperformance maneuvers that exploit the full dynamic capabilities of quadrocopters; flight with multiple vehicles and their interaction; and learning control that improves performance when performing motions repeatedly by using data from previous trials.

The Flying Machine Arena

The Flying Machine Arena is a 10 x 10 x 10 m indoor space, covered by netting on the sides and mattresses on the floor, located at the ETH Zurich. The key components of the system are a motion capture system, a fleet of quadrocopters, desktop PCs and wireless communications infrastructure.

The quadrocopters used are modified Ascending Technologies «Hummingbird» quadrocopters. We have developed our own onboard electronics, allowing us complete freedom to run custom code on the quadrocopters. The quadrocopters weigh approximately half a kilogram, and have a scale of approximately 35 cm. The onboard electronics feature rate gyroscopes, allowing the vehicle to sense and control its rotational speed on board.



ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Robin Ritz, Mark W. Müller Federico Augugliaro, Markus Hehn, Sergei Lupashin, Angela P. Schoellig, Raffaello D'Andrea Institute for Dynamic Systems and Control (IDSC) ETH Zürich

Phone: +41 44 632 40 27 E-Mail: mullerm@ethz.ch Webseite: www.idsc.ethz.ch



Project webpage, where there is more information, as well as links to the research videos

Flying Machine Arena: www.flyingmachinearena.org

Participants: www.flyingmachinearena.org/people/

Figure 1: The quadrocopters used in the Flying Machine Arena measure approximately 35 cm from propeller to propeller, and weigh just under 500 g in full flight trim. With a maximal thrust around 2.4 N, high accele-rations can be reached.

SGA Bulletin Nr. 63 Dezember 2012 Seite 3 von 15





Attached to each vehicle is also a set of three passive «markers» – small retro-reflective balls, visible to the motion capture system – with each vehicle's markers making up a unique triangle. The motion capture system uses eight cameras, mounted on the ceiling, to determine the location of the markers in three dimensional space, and thus the location and attitude of the quadrocopter. These pose measurements are taken at 200 Hz, and have a precision of approximately a millimetre in position, and less than a degree in rotation.

The pose measurements are then sent over an Ethernet network to a desktop computer, on which the bulk of the control calculations are done. These user programs are written up in C++, taking as input the pose measurements, and using various standard building blocks (e.g. estimators, controllers) to process the pose measurements into desired body rates and thrust values for the quadrocopters. The user code typically will generate commands at 50 Hz. These commands are then sent out to the vehicles over a dedicated low-latency wireless channel, over the 2.4 GHz band.

The derivation of the differential equations for a single quadrocopter

We model quadrocopters in free flight as rigid bodies with six degrees of freedom – three in translation and three in rotations. These degrees of freedom can be described as the position of the vehicle, written here as p, the velocity v, and acceleration a, all expressed in inertial axes; the attitude of the quadrocopters is captured in the direction cosine matrix R. We consider only two forces acting on the quadrocopter in normal flight: the produced thrust and gravity. The thrust f, is taken to point along the vehicle's $e_3 = (0,0,1)$ axis, so that the acceleration of the quadrocopter can be written as $a_{quad} = Re_3 f + g$, with $g = (0,0,-9.81) m/s^2$

The rotational dynamics are captured by the body angular rates $\omega = (p,q,r)$, such that the time derivative of the rotation matrix becomes $\dot{R} = R\Omega$, where we use the skew-symmetric form of the vector ω :



Figure 2: Two forces are modelled as acting on the quadrocopter: gravitation and the thrust f. The rotation of the quadrocopter is governed by the body rates $\omega = (p, q, r)$

Description of the control algorithms used for one quadrocopter

The quadrocopter is wirelessly controlled. At 50 Hz, a set of command inputs is sent from the ground station to the vehicle: the desired body rates ω_{des} and the desired collective thrust f_{des} . These inputs are computed by a controller in a cascaded way (see Figure 3), allowing the vehicle to track a three-dimensional reference trajectory and a reference heading given by the yaw angle.

An estimator observes the angular and lateral position and velocity of the quadrocopter using position and attitude information from the motion capture system. These estimates are then used by the controller to compute the necessary inputs to the vehicle.

The controller is derived from the dynamics equation of the quadrocopter. The vertical and lateral translations are decoupled. An altitude controller independently stabilizes the altitude of the vehicle by commanding the appropriate thrust. The lateral error of the actual quadrocopters position is compensated for by a lateral controller that computes the lateral accelerations necessary to correct for the error. These accelerations are fed to an attitude controller that calculates the rotational rates required to achieve the desired lateral accelerations. Onboard, the quadrocopter appropriately tracks the commanded inputs by using rotational rates estimates obtained via the onboard rate gyroscopes. The onboard controller computes the force required by each of the four propellers.

The cascaded control loop is tuned by feedback linearization and loop-shaping techniques assuring that the desired frequency response is obtained.





An example of cooperating quadrocopters: Ball throwing and catching

1. Introduction:

In the following, we introduce methods to throw and catch balls using a net that is attached to a fleet of quadrocopters. This goal was chosen because it requires algorithms to cooperatively execute tasks with dynamically coupled aerial vehicles, and algorithms that exploit the full dynamical power that these coupled vehicles provide. The Figures 4-6 show snapshots of the formation playing with the ball.



Figure 4: Hovering formation of three quadrotor vehicles attached to a shared net with a ball lving in it.

2. Model of the Net:



Figure 5: The expanded net just after the ball has been launched from it.



Figure 6: The quadrotor formation catching a ball.



Figure 7: Schematic illustration of the significant lengths, positions, and forces. Since *N* vehicles are attached to the net, the masses of the ball and the net must be divided by *N* For the drawing, the vehicle's pitch angle is assumed to be zero.

SGA Bulletin Nr. 63 Dezember 2012 Seite 5 von 15



As shown in Figure 7, the net is modeled as a point mass connected to *N* vehicles by elastic strings with free-length I_{net} , where the strings are attached to the vehicle's center of gravity. The stiffness of the elastic string is assumed to be high, such that the weight of the net itself and the weight of the ball do not lengthen the strings considerably. We assume that the vehicles are equally distributed on a horizontal circle with radius r_{net} and we define the center of this circle to be the net position $p_{net} = (x_{net}, y_{net}, z_{net})$, which is measured in the inertial frame *I*. The orientation of the net is given by its yaw angle ψ_{net} , the roll and pitch angle are defined to be zero. In accordance with the vehicles being on a circle, we define the desired position of quadrocopter $i \in \{1, ..., N\}$ to be $p_i = p_{net} + R_z (\psi_{net} + i2\pi/N)r_{net}$ with $r_{net} = (r_{net}, 0, 0)$ and R_z (.) denoting the rotation matrix around the z-axis. The yaw angle of vehicle I is chosen to be $\psi_I = \psi_{net} + i2\pi/N + \pi/2$, meaning that the y-axis of the vehicle's roll and pitch angle is zero). This choice avoids problems caused by the Euler angle singularities when executing throws. As we can see in Figure 7, the net causes a pulling force F_{net} acting on the quadrocopter. When computing this force F_{net} , we distinguish between two cases:

Case $\alpha > 0$: The net is not stretched, and elastic forces are negligible. Assuming the inertia of the net being small compared to the inertia of the quadrocopter, we neglect the net's inertial forces. Further, for reasons of simplicity, we neglect the drag force as well; the net is stateless and only its steady-state forces are taken into account. Consequently, we can compute the net force F_{net} by balancing it against the gravitational forces of the net mass. We find $F_{net} = (m_{net}+m_{ball}) g/(N \sin \alpha)$, where m_{net} and m_{ball} denote the net and ball mass, respectively, and g is the gravitational acceleration. If the net is not currently carrying a ball, m_{ball} is set to zero. As we can see from the equation above, F_{net} grows to arbitrary large values if α approaches zero; this is caused by the lack of elasticity in our net model for nonzero α . At some value of F_{net} , the assumption that the strings are not being stretched is no longer justifiable. To handle this problem during a catch, the desired net radii are chosen such that the critical range of α is avoided. To handle this problem during a throw, we constrain the nominal net force to a maximum value. (The maximum value is a constant, user-defined parameter.)

Case $\alpha = 0$: The net radius r_{net} exceeds the free-length I_{net} of the net strings; the elastic forces dominate due to the high string stiffness. Therefore, all other effects are neglected. The elasticity of the net is assumed to be linear, yielding the net force $F_{net} = k_{lin} (r_{net} - I_{net})$, where k_{lin} denotes the linear elasticity coefficient.

3. Nominal Inputs:

Once we know the value of the net force pulling on the vehicles, we adjust their nominal inputs in order to compensate the external force. For example for a steady-state situation, we find that the adjusted thrust force is a bit higher than just to overcome gravity, and that all vehicles are tilted away from the center of the net.

4. Catch Trajectory:

In order to catch the ball, the system requires a trajectory that brings the net center to the predicted impact location before the predicted impact time. Furthermore, we decide to catch the ball, if possible, with zero net velocity and acceleration, which increases the robustness of the catching maneuver with regards to errors in the estimated impact time of the ball. Further, a large net radius at impact is beneficial for two reasons: First, assuming that the ball impacts approximately vertically, a large net radius increases the net area normal to the ball's impact direction, which, in turn, increases the robustness with respect to position errors.



Figure 8 : Acceleration trajectory of a maneuver that minimizes max (|a|) for constrained jerk.





Second, the net force grows with the net radius, hence a large radius at impact increases the tension in the net, which reduces unpredictable net oscillations and allows for a more precise positioning of the net center. To keep the net from swinging, we want to avoid high accelerations during the catching maneuver. It is therefore a reasonable choice to construct the catch trajectory such that the maximum acceleration of the maneuver is minimized.

To simplify the problem, we decouple the coordinates and minimize the maximum acceleration for each coordinate independently for the jerk being constrained to a certain range $\dot{a} = k \in [-k_{\max}, k_{\max}]$. By applying Pontryagin's minimum principle, we find that the one-dimensional maneuver minimizing the maximum acceleration has the structure as drawn in Figure 8. Once the maneuver structure is given, we can find closed-form solutions to compute the trajectory for arbitrary initial and final states. Hence, the catching trajectory can be computed quickly and is therefore updated regularly to account for new estimates of the ball's impact point and time.

Because the maximum acceleration and jerk of the quadrocopter is limited due to actuator saturations, we must divide the control effort between going to the impact point and adjusting the net radius. We decouple these two problems and compute trajectories that minimize the maximum acceleration for each of the two subproblems. Afterwards, the acceleration trajectories are merged and their feasibility is checked. The net's yaw angle is kept constant during a catching maneuver.

Net Position Trajectory:

For the net position trajectory, a minimum maximum acceleration trajectory is planned for each coordinate (x, y, z). The initial position of the net is obtained by averaging the positions of all attached vehicles. The desired net height z_{net} (t_i) at catch is chosen by the user, and to obtain x_{net} (t_i) and y_{net} (t_i), we compute the crossing point in the horizontal plane in which the ball is supposed to be caught. The catch velocity and acceleration of the net are defined to be zero. The maximum jerk k_{max} for each coordinate must be chosen conservatively; otherwise the desired body rates might be infeasible at the beginning of the maneuver.

Net Radius Trajectory:

The net radius trajectory is defined by two minimum maximum acceleration trajectories: The first one enlarges the net radius before the ball is caught and ends as the ball enters the net. The second one decreases the net radius again after the catch. The corresponding maximum jerk for both intervals is chosen to be small in order to avoid high body rates. The distance of the radius adjustment is usually small compared to the required net center translation, hence a small jerk is sufficient.

Feasibility:



To ensure feasibility, we combine the net center and the net radius trajectory, and compute the nominal inputs of the vehicles. If any input constraints are violated, then we iteratively reduce the desired net radius adjustment and generate a new trajectory, until we find a feasible caching maneuver. If the net radius adjustment has decreased to zero. and still no feasible solution has been found, then we enter a second iteration loop: The final velocity and acceleration are not constrained to zero anymore, but Are successively increased. Finally, if the impact location cannot be reached with maximum acceleration during the whole maneuver, then the catch is identified as not possible with the current settings.

Figure 9 : Desired position and acceleration trajectories of a throw. Note that, in order to allow a more compact plot, \ddot{r}_{net} (t) is scaled during the interval [t_2 , t_3], the actual negative acceleration is larger.



5. Throw Trajectory:

We seek to plan a trajectory for the quadrocopters, such that the ball carried by the net attains a vertical velocity that results in a throw with reasonable maximum height. We intend to do purely vertical throws; the ball's nominal horizontal velocity component is zero. The vertical velocity of the ball is achieved by first accelerating vertically, and subsequently accelerating away from the net center with all vehicles. This leads to a fast rising net radius, extending the net and accelerating the ball. Since the inertia of the net is small, and since the quadrocopters pull outwards, the net suddenly and quickly decelerates when it is completely extended, and the ball, having a high vertical momentum, releases from the net and enters a free flight. After that, the vehicles are pulled back by the elastic strings, and decelerate such that they come to rest again at a desired net radius.

The throw trajectory is two-dimensional; we can describe the vehicle's trajectory by the net radius r_{net} (t), the net height z_{net} (t), and the roll angle ϕ_l (t) = $\phi(t)$ as being equal for all vehicles. The net's yaw angle ψ_{net} is defined to be constant during a throw. For reasons of simplicity, we neglect the net force during nominal throw design, except for the interval where the net is stretched. The throw consists of four intervals, and the trajectory is generated by choosing an appropriate constant mass-normalized thrust and a constant roll rate for each of these intervals. Due to the constant inputs we can obtain the position and velocity trajectories by analytical integration, and consequently explicit solutions can be found for all throw parameters. Figure 9 shows the acceleration and position trajectories of r_{net} (t) and z_{net} (t) for an example throw.

1. Interval, $t_0 < t \le t_1$: During the first interval, the vehicles accelerate along their body *z*-axis and the roll rate is kept zero; the system gains mostly vertical velocity during the first interval.

2. Interval, $t_1 < t \le t_2$: During this interval, the vehicles keep accelerating, and turn also outwards with a constants roll rate. We choose the interval length and the roll rate such that the net is completely extended at the end of the interval, and the vehicles have a roll angel of 90 °.

3. Interval, $t_2 < t \le t_3$: The net is being stretched and the vehicles are pulled back towards the center of the net. The movement is dominated by the high elastic forces. The third interval ends when the vehicle's velocity has been inversed and the net is not stretched anymore.

4. Interval, $t_3 < t \le t_k$. Within the last interval of the throw, the vehicles decelerate by applying a constant acceleration and a constant negative angle rate. We choose the acceleration, the roll rate and the interval length, such that the vehicles are at the steady-state configuration again at the end of the interval.

Feasibility: The feasibility of a throw can be verified by computing the nominal inputs based on the acceleration trajectory derived above. We allow small jumps in the desired attitude when we switch between the throw intervals, but if apart from that any input exceeds its range of allowable values, then the throw is not feasible and we have to adjust the design parameters.

Inclined Throws: Although the throw trajectories described above are designed for vertical throws, experimental results show that inclined throws can be achieved by tilting the resulting position trajectories. However, since we made several assumptions that are only valid for vertical throws, e.g. the net force being similar for all vehicles, the tilt angle is constrained to be small. Experiments were successful until a maximum tilt angle of about 10°.



SGA Bulletin Nr. 63 Dezember 2012 Seite 8 von 15



6. Experimental Results:

SSAC

Since, especially for throws, the desired trajectories contain intervals with high tilt angles, near-hover controllers are not suitable. Therefore, the computed trajectories were tracked by linearizing the system dynamics around the desired trajectory, in order to obtain a time-varying linear system which was then fed to a finite horizon time-varying LQR controller. For the experiments, the throw trajectories were generated at the time when a throw was initialized, and then tracked by the controller introduced above. On the other hand, during the catches, a new trajectory was generated for each controller update with the current measured net state as initial condition and the predicted catching position as final condition. In doing so, we can account for updates of the predicted impact point whose accuracy improves as we approach the impact time. All experiments were performed with three vehicles, a ping-pong ball ($m_{ball} = 6 g$) and a net characterized by the parameters $l_{net} = 1.15 m$, $m_{net} = 0.12 g$ and $k_{net} = 107 N/m$.

In Figure 10, an isolated throw and the subsequent catch are shown; position trajectories for each coordinate are drawn for the ball, a vehicle, and the net center. We can see that, before the net is stretched, the quadrocopter's *x*-position has a lag compared to the desired trajectory. This is a systematic error, probably caused by the unmodeled drag and inertial forces of the net. The deviations from the target trajectory after the throw are less predictable.



trajectories for each coordinate of a vertical throw.

Details to Figure 10: Position trajectories for each coordinate of a vertical throw followed by a catch for the ball (blue), the vehicle i = N (red), and the net center (green). The initial net height, as well as the desired catching height is zero, thus there is no height offset at the end of the maneuver. The solid lines denote the measured trajectories, and the dotted ones are the target positions (except for the ball that has no target trajectory). For the z-trajectory, the net and the quadrocopter trajectories are almost identical. The measured net position is obtained by averaging the three vehicle's positions, and the target net orientation is set to $\psi_{net} = 0$. We can see that, due to some disturbances, the throw is not exactly vertical, thus the net must translate to the ball's impact point. After the ball is caught, there are no longer any time constraints to be satisfied, thus the jerk to decrease the net radius again is chosen small. This is why the catching maneuver does not end shortly after the catch, but about 1.5 s later. Notice that the scaling of the position axis is not the same for the different coordinates.

IDSC



and impact location for a series of 42 vertical throws with 3 vehicles. The impact point's standard deviation is 0.26 m, and the height of these throws is 3.3 m on average, with a standard deviation of 11 cm.

Further, in Figure 11, a series of 42 vertical throws is illustrated. The ball was always caught at the same height as it was thrown. After the catch, the net translated back to the origin before starting the next throw. Each of the 42 throws was caught successfully.

Future direction of the research

The project presented herein has demonstrated a model-based approach to a complex control problem for flying vehicles. Specifically, the approach consists of a combination of first-principles modeling, real-time optimality-based trajectory generation, time-varying trajectory following feedback control, and learning algorithms. The throwing and catching performance highlights the high dynamic capabilities of quadrocopters, and how they can be exploited for autonomous systems.

While the multicopters that are currently being deployed still largely rely on human pilots, it is expected that systems with more autonomy will appear in the future. To achieve this autonomy, high-performance control algorithms such as the ones presented herein will be a key technology.

Erstmalige Ausschreibung eines SGA Förderpreises

Erstmalig schreibt die Schweizerische Gesellschaft für Automatik (SGA) einen Preis zur Förderung des Nachwuchses im Bereich der Regelungstechnik aus. Der Preis ist mit CHF 1'500.- dotiert und wird an diejenige Bachelor-Arbeit oder Master Thesis vergeben, die der Forderung «innovativ und praxisrelevant» am besten entspricht.

Die Preisübergabe findet nach der persönlichen Vorstellung der prämierten Arbeit (Kurzpräsentation 20 Minuten) durch den Preisträger oder die Preisträgerin anlässlich des SGA-Meetings am Dienstag 29. Januar 2013 an der HEIG-VD in Yverdon-les-Bains statt. Die Infos zur Ausschreibung wurden bereits verschickt.

Sie sind interessiert und haben die Unterlagen nicht erhalten?

Weitergehende Informationen dazu finden Sie in Deutsch und Französisch auf der Webseite der SGA <u>www.sga-asspa.ch</u> oder per Mail-Anfrage <u>sekretariat@sga-asspa.ch</u>.

Infos zum SGA Meeting finden Sie auf Seite 15 in diesem Bulletin und auf der Webseite der SGA <u>www.sga-asspa.ch</u> Gäste sind herzlich willkommen.





Jubiläumstreffen ehemaliger Mitarbeiter des Institutes für Automatik der ETH Zürich von Prof. M. Mansour vom 7. Juli 2012





Autor: Dr. Peter Gruber Rittmeyer AG und HSLU Technik & Architektur

Abbildung 1: Prof. Mansour beim Entgegennehmen der Mitarbeiterakten

Am Samstag, den 7. Juli 2012 trafen sich bei bestem Wetter eine stattliche Anzahl, zum Teil schon leicht ergrauter, Damen und Herren zu einem Treffen ehemaliger Mitarbeiter von Professor Mohamed Mansour. Professor Mansour hatte zu diesem Jubiläumstreffen eingeladen, um seinen vierundachtzigsten Geburtstag zu feiern, uns wiederzusehen um uns einen Austausch über alte und neuere Zeiten zu ermöglichen. Während seiner Zeit an der ETHZ betreute Prof. Mansour ca. 50 Doktoranden und beschäftigte ca. 40 Mitarbeiter in verschiedenen Positionen und während verschiedener Zeiträume. Von diesen nahmen fast vierzig an dem Treffen teil. Vorbildlich organisiert wurde dieses vom ehemaligen wissenschaftlichen Mitarbeiter Franta Kraus. Da das Treffen von Prof. Mansour ins Leben gerufen wurde, folgt hier zuerst ein kurzer akademischer Lebenslauf, so wie er in Englisch auf der home page von Prof. Mohamed Mansour zu finden ist:

«Mohamed Mansour was born in Damietta, Egypt, on August 30, 1928. He received the B.Sc. and M.Sc. degree in electrical engineering from the University of Alexandria, Egypt, in 1951 and 1953 respectively, and the Dr. sc.techn. degree in electrical engineering from ETH Zürich, Switzerland, in 1965. He was Assistant Professor in Electrical Engineering at Queen's University, Canada, from 1967-1968. He has been Professor and Head of the Department of Automatic Control at ETH Zürich since 1968, he was Dean of Electrical Engineering from 1976-1978 and Head of the Institute of Automatic Control and Industrial Electronics, ETH Zürich, during 1976-1978, 1980-1982, 1984-1986, and 1989-1990.»

Der Ablauf des Treffens gestaltete sich wie folgt:

- Treffpunkt auf der Felsenegg auf der Uetliberg Kette um 13:00
- Begrüssung und Apéro unter anderem mit Prof. Guzella
- · Gemeinsame Wanderung zum Uetliberg Kulm
- Rückfahrt mit der S4 und dem Tram zum IfA (Institut für Automatik)
- Empfang am IfA mit Prof. Morari
- Vorstellung des IfA und Besuch der alten Stätte des Wirkens
- Abendessen im Dozentenfoyer auf dem Dach des Hauptgebäudes der ETHZ







Abbildung 2: Organisator Franta Kraus im Gespräch mit dem ehemaligen SGA Vorstandsmitglied Jürg Tödtli

Abbildung 3: Frühe Doktoranden Maletinsky, Senning, Wu und Tödtli





Abbildung 4: Der heutige Bulletin Redaktor im Gespräch mit dem ehemaligen SGA Präsidenten Prof. Glattfelder

Abbildung 5: Vorstandsmitglied Markus Kottmann mit kritischem Blick



Abbildung 6: ETH Rektor Prof. Lino Guzzella in angeregter Diskussion mit einer späteren Doktorandengeneration

Abbildung 7: auf dem Weg zum Uetliberg

Bei schönstem Wetter wanderten die Teilnehmer über den Uetliberg. Von dort erreichte die Gruppe nach einem unkomplizierten Transfer das Institut an der Physikstrasse 3. Leider mussten sich einige Teilnehmer am Ende der Wanderung schon wieder verabschieden, dafür stiess eine nicht geringe Anzahl am Institut an der ETH wieder dazu. Am Institut wurden wir von den Professoren Morari und Lygeros begrüsst. Professor Morari stellte kurz das heutige Institut vor. Was sich seit den Zeiten von Prof. Mansour geändert hat lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Kontinuierliche Weiterentwicklungen auf dem Gebiete der Automatik in kleinen Schritten ohne dass ganz grosse Durchbrüche erzielt wurden.
- Massive Erhöhung der Computerrechenleistung erlaubt die Realisierung und Implementation von theoretischen Konzepten die zuvor nicht machbar waren.
- Mit der Entwicklung von immer neuen und kleineren Sensoren kann immer mehr gemessen werden, was in vielen Fällen Regelungen möglich machen.
- Die Regelungstechnik weitet sich immer mehr auf neue Anwendungsgebiete in Natur, Mensch, Technik und Umwelt aus, vor allem auch auf kleinste Dimensionen (Micro- und Nanostrukturen)



SSAC

Nach einer kurzen Verpflegung konnten wir dann, wie schon früher, die schöne Aussicht vom Institutsstandort auf Zürich und den Zürichsee geniessen. Anklang fand auch ein kleines Tischtennisturnier, in dem zum Teil verbissen gekämpft wurde. Leider konnte Prof. Mansour seine einst so gefürchteten Gewinnschläge nicht mehr im gleichen Masse wie früher einsetzen, weshalb er den Turniersieg verpasste.



Im Dozentenfoyer auf dem Hauptgebäude der ETH konnte nach dem sportlichen Einsatz in Ruhe das von Prof. Morari gesponserte Nachtessen genossen werden. Verschiedene Reden wurden geschwungen und Prof. Mansour ein Handbuch mit den Kurzvorstellungen seiner Doktoranden überreicht. Prof. Mansour zeigte sich sehr erfreut über dieses Geschenk, das er nach dem Treffen wissenschaftlich analysieren wird. Mansours Rede über die Zeit nach seiner Pensionierung ist bei allen Zuhörern auf viel Resonanz gestossen. Seine Ausführungen über die Schwierigkeiten mit den Behörden (CH, GB, USA, UNO,...) im Zusammenhang mit den Anschlägen vom 11. September waren besonders interessant und haben allen gezeigt, wie stark Prof. Mansour darunter gelitten hat.

Neben den Reden wurden viele Erinnerungen über die Zeit am Institut, die von vielen als eine der schönsten in ihrem Leben bezeichnet wurde, in lockeren Gesprächen wieder aufgefrischt. Die gemeinsamen Diskussionen wurden bis lange in die Nacht fortgesetzt und so klang ein gelungener Anlass langsam aus.

Zum Schluss möchte ich mich für die Photos von Francois Huguenin badanken, die er mir für diesen Bericht zur Verfügung gestellt hat.

Peter Gruber

Abbildung 8: Aussicht von IfA auf Zürich



Auszug aus den IFAC-News

IFAC Conference

- > IEEE/IFAC Int. Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), 5.-9. Dezember 2012, Beijing, China <u>www.iccve.org</u>
- > IFAC Conference, Manufacturing Modelling, Management, And Control (MIM 2013) 19.-21. June 2013, St. Petersburg, Russiona Fed.

IFAC Symposium

- > IFAC Symposium, System Structure and Control
- 4.-6. February 2013, Grenoble France
- > IFAC Symposium, Mechatronic Systems 10.-12 April 2013, Hangzhou, China
- > 19th IFAC World Congress, 25-29. August 2014 Cape Town, South Africa
- > Weitergehende Infos unter <u>www.sga-asspa.ch</u>

SGA Meeting - 29. Januar 2013

Wo	Hochschule für Technik und Wirtschaft Waadt (HEIG-VD)
	Yverdon-les-Bains, route de Cheseaux 1, Raum E 03

Anreise siehe Anreise

Anmeldung Bis 25.1.2013 per Mail an <u>sekretariat@sga-asspa.ch</u> Das PDF der Einladung kann von der SGA Webseite in Deutsch und Französisch heruntergeladen werden <u>Download</u>. Gäste sind herzlich willkommen.

14.30 Uhr – Beginn mit der Präsentation der Arbeit, die den Förderpreis gewonnen hat und anschliessende Preisübergabe an den Gewinner/die Gewinnerin.

Im Anschluss daran Fachvorträge:

CACSD-Tools für GNU Octave, Referent: Lukas Reichlin, FHNW

Reglerreserve bei Multirotor-VTOL's, Referent: Roland Büchi, ZHAW

Identifikation bei Helikoptern (UAV), Referent: Markus Kottmann, HSR

Besichtigung des Institutes für Industrielle Automation der HEIG-VD (iAi), Projekt «Spline for Motion», Optimale Generierung von Bewegungsprofilen. Führung: Raoul Herzog

16.30 Uhr – Networking beim Apéro

Impressum

Das Bulletin erscheint drei- bis viermal jährlich und wird den Mitgliedern per E-Mail zugestellt.

Es ist für PDF und Bildschirm optimiert. Die gedruckte Version erscheint daher nicht im doppelseitigen Layout.

Redaktion	SGA	Dr. Peter Gruber	
	sensors.ch	Peter Kir	chhofer
Gestaltung	SGA Sekretariat Christl Vogel		
Auflage	150 Exemplare	SGA +	150 Exemplare SVS

Redaktionsschluss für Bulletin Nr. 64 - März 2013



heig-vd

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud



Angemeldete Teilnehmer erhalten gratis eine CD mit Octave und der CACSD-Toolbox.

Herausgeber

Schweizerische Gesellschaft für Automatik Association Suisse pour l'Automatique Swiss Society for Automatic Control Adresse

SGA Sekretariat Christl Vogel Eggwilstr. 16a CH.9552 Bronschhofen Tel. +41 (0)71 911 84 16 Fax: +41 (0)71 911 84 49 sekretariat@sga-asspa.ch



sensors.ch c/o FSRM, Ruelle Du Peyrou 4, CH-2001 Neuchâtel Tel. +41 (0)32 720 09 00, Fax +41 (0)32 720 09 90

www.sensors.ch

Sensors.ch-Besuch 07. November 2012 Willemin-Macodel, Delémont

Die 1974 gegründete Firma Willemin-Macodel (WM) verkaufte ursprünglich Werkzeugmaschinen für Uhrenhersteller. Seit Beginn der 80-er Jahre diversifizierte WM und bietet zusätzlich Maschinen an für die Fertigung mechanischer Komponenten in der Medizin- und Zahntechnik, Luftfahrt und Mikrotechnik. Im Jahr 2009 wurden die Aktivitäten im neuen Werk in Delémont zusammengezogen. WM beschäftigt heute in der Schweiz und in ihren Tochterfirmen in Deutschland, China, Indien, Russland und den USA etwa 270 Personen. Zusätzlich bestehen weltweit verschiedene Vertretungen. WM ist dank seiner geografischen Lage Teil des Arc Microtechnique und hat somit engen Kontakt zu den zugehörigen Universitäten und Hochschulen.

Der globalen Konkurrenz im Werkzeugmaschinenbau begegnet WM durch die ausserordentlich komplexe Funktionalität ihrer Maschinen, deren lange Lebensdauer und höchste Qualität, so dass die auf den Maschinen gefertigten Komponenten nicht noch nachbearbeitet werden müssen. Die Kunden kaufen jedoch bei WM nicht einfach eine Werkzeugmaschine, sondern eine Maschine für komplexe, integrierte, stabile und robuste Fertigungsprozesse für Stückzahlen im Bereich von 200 bis 2'000, aber oftmals auch für einzelne, personalisierte Teile (z.B. an einen Patienten angepasste Prothesen). Die hohen Anforderungen an die Qualität und Flexibilität der Fertigungsprozesse erfordern den Einsatz verschiedenster Sensoren in den WM-Werkzeugmaschinen.

Der Besitzer einer WM-Werkzeugmaschine kann anhand einer 3D-Zeichnung der zu fertigenden Komponente typischerweise nach 8 Stunden Einrichtzeit mit der Fabrikation seiner Komponente beginnen und so z.B. innert 12 Stunden einen individuellen Kunstzahn fertigen ! Neben dem Trend zur Herstellung personalisierter Teile besteht heute vermehrt die Tendenz zur Fabrikation immer stärker miniaturisierter Komponenten, wie z.B. einer Mikro-Pumpe zur direkten Implantation in Blutgefässen. Dabei steigen die Anforderung zur Beherrschung des Handlings solcher Teile, da bei immer kleiner werdenden Teilen die störende Wirkung der van der Waals- (Haft-) Kräfte zunimmt.

Beim Rundgang durch das Unternehmen konnten wir hauptsächlich die Fertigung bzw. den Zusammenbau der verschiedenen Werkzeugmaschinen sowie typische damit erzeugte, aus dem vollen Material gefräste und/oder gedrehte und nachbearbeitete Teile beobachten: Uhren-Platinen und -Gehäuse, Kompressor-Schaufelräder (Impeller) aus Chrom-Nickel-Stahl und Titan-Legierungen, Turbinenrad mit 3 mm Durchmesser (für die zuvor erwähnte in Arterien implantierbare Blutpumpe), Gasturbinen-Schaufelblätter, kleine Pumpen-Gehäuse, Aufhängerahmen für Giroskope, Implantate für die Fixierung von Rückenwirbeln, Hüft- und Knieprothesen (Schaft und Pfanne aus Chrom-Kobalt oder Titan), Zahnprothesen (ein ganzer Satz Zähne innerhalb einer Kreisscheibe angeordnet und individuell an den Patienten angepasst), Mikrochirurgische Instrumente Das Teile-Spektrum liegt mit seinen Aussenmassen im Bereich von 3 bis 600 mm.

Für die geringsten Teilegrössen beträgt die Herstellgenauigkeit < 1 um. Deshalb werden in den WM-Maschinen für solche Aufgaben Antriebe mit 0,1 um Auflösung eingesetzt und die Werkzeugbewegungen mit Hilfe von Linearsensoren mit 10 nm Auflösung überwacht. Zur Überwachung komplexer Handlingaufgaben und zur exakten Teilepositionierung in Aufnahmewerkzeugen werden auch elektronische Kameras eingebaut.

Die Werkzeug- und Bearbeitungsmaschinen werden bei WM entwickelt und konstruiert. Die Maschinen-Bestandteile und Gehäuse werden dann extern gefertigt und fallweise vormontiert und dann erst an WM zum Zusammenbau geliefert. Zudem verfügt WM über ein Lager von ca. 3'000 Standard-Komponenten wie Schrauben, Muttern, Stifte usw. Die Montage erfolgt auftragsgebunden und jede Maschine ist kundenspezifisch. Die Zeit für die Erarbeitung eines Angebots beträgt etwa 14 Tage, und die Lieferzeit für eine komplette Maschine ca. 4 Monate.

Nach ihrem Zusammenbau werden die Werkzeugmaschinen in einem speziellen Prüfraum bezüglich ihrer Vibration und ihrer Temperatur kontrolliert.

WM-Werkzeugmaschinen werden vor Allem zur Fertigung von Losgrössen bis 2'000 Stück eingesetzt. Für grössere Stückzahlen sind Transfer-Strassen mit spezialisierten Bearbeitungsmaschinen besser geeignet. Für die Kunden von WM ist das wichtigste Auswahl-Kriterium die Machbarkeit bzw. Herstellbarkeit des benötigten Teils, die erzielbare Teile-Qualität ist zweitrangig, und der Maschinen-Preis (um die Fr. 500'000.-) kommt erst an dritter Stelle.



Kontakt: Peter Kirchhofer Tel. 061 281 19 45 (privat) <u>xkir@zhaw.ch</u>



WILLEMIN-MACODEL

Beispiel Turbinenrad



Beispiel Uhrengehäuse



Firmen-Web-Sites: http://www.willeminmacodel.ch

sensors.ch feeling the world

sensors.ch c/o FSRM, Ruelle Du Peyrou 4, CH-2001 Neuchâtel Tel. +41 (0)32 720 09 00, Fax +41 (0)32 720 09 90

www.sensors.ch

Nächste Veranstaltungen

30. Januar 2013: Liebherr Machines Bulle SA, Bulle/FR:



Hersteller von Dieselmotoren für Baumaschinen und von Komponenten der Antriebstechnik

Der Vorstand von sensors.ch wünscht allen Mitgliedern frohe Feiertage und zum neuen Jahr alles Gute und viel Erfolg.

Gerne erwarten wir Sie bei einem Besuch unserer Veranstaltungen



world

sensors.ch



