

## SWILT

Swarm Intelligence Layer to Control Autonomous Agents

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IKT der Zukunft, IKT der Zukunft, IKT der Zukunft - 6. Ausschreibung (2017)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.10.2018	<b>Projektende</b>	30.09.2021
<b>Zeitraum</b>	2018 - 2021	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Swarm Modelling; Swarm Intelligence Algorithms; Multi-Swarm Methodology; 5G Network Application; Human2Swarm Communication		

### Projektbeschreibung

Ein Cyber-Physical System (CPS) hat stark ineinandergreifende Hard- und Software und findet Anwendung in vielen Disziplinen wie z.B. IoT, Smart Mobility, Smart Grids, Industrie 4.0, und Smart Houses. Um die reale mit der virtuellen Welt zu verbinden, verwenden CPS Sensoren und Aktuatoren und bilden Netzwerke. Typischerweise wird nicht nur ein CPS verwendet: die Verwendung eines CPS-Schwarms steigert die Dynamik, Konnektivität, und Komplexität, verlangt aber zusätzliche Features wie Anpassungsfähigkeit, Skalierung, Robustheit, und Selbstkonfiguration. CPS-Schwärme sind schwerer zu kontrollieren und zu programmieren. SWILT konzentriert sich auf CPS-Schwärme in Industrieanlagen (z.B. bestehend aus Produkten, Maschinen, oder Anlagen). Als Inspiration dienen natürliche Systeme, um die Komplexität von CPS-Schwärmen zu bewältigen. In diesen kooperieren einzelne homogene Agenten ohne zentraler Kontrolleinheit, und führen einfache Regeln lokal aus. Nur über deren Interaktionen entsteht ein kollektives Verhalten, das in der Lage ist komplexe Aufgaben zu lösen. SWILT betrachtet die Anwendungsfelder Produktionsplanung und Transport in der Logistik. Heutzutage wird lineare Optimierung nur auf Teile von Industrieanlagen angewendet, und kann aufgrund des großen Suchraums (NP-schweres Problem) nicht mit der steigenden Komplexität und Dynamik umgehen. Außerdem wird der Mensch als Komponente typischerweise nicht berücksichtigt. Jahrelange Erfahrung hat uns gezeigt, dass Algorithmen der Selbstorganisation NP-schwere Probleme bewältigen und gute Lösungen finden können. Die Innovation in SWILT liegt nicht in der Bereitstellung einer weiteren, vorab berechneten Produktionsplanung oder Routingtabelle, sondern in der Gewinnung von lokalen Regeln aus Schwarmintelligenzalgorithmien, die lokal auf den einzelnen Agenten ausgeführt werden. Das führt zu stark reaktiven Algorithmen, die dynamische Veränderungen in der lokalen Umgebung kompensieren; nicht statisch, sondern durch Datenverarbeitung zur Laufzeit, mit dem Vorteil, dass eine gute Lösung aus lokalem Verhalten entsteht. Ein innovatives Ziel in SWILT ist eine Bibliothek von Schwarmintelligenzalgorithmien, die auch anwendungsspezifische Anforderungen und Einschränkungen beinhaltet, und strukturierte Tests, Analysen und Vergleiche via Simulation erlaubt. Das Organisieren, Beobachten und Koordinieren von Schwärmen von oft Tausenden von autonomen Agenten ist darüber hinaus eine komplexe Aufgabe. Deshalb verankert SWILT die lokalen Schwarmregeln in einer neuartigen drei-stufigen Architektur. Im untersten Layer (L3), werden die Agenten modelliert. Im zweiten Layer (L2) werden untereinander kommunizierende Schwärme aus Agenten gebildet. Durch z.B. hohe Datenraten und geringe Latenz wird 5G innerhalb Industrie 4.0 zu einem unverzichtbaren Teil. Deshalb soll L2 als 5G-Netzwerkanwendung ausgeführt werden. Schließlich

präsentiert der oberste Layer (L1) das zentrale Management. Durch diese SWILT Architektur werde einige neue Forschungsfragen zur Optimierung adressiert, u.a., Management der Layer, Datenabstraktionslevels, und Ausweitung der Schwarmkommunikation mit Konzepten zur Einbindung der menschlichen Komponente. Wir erwarten, dass die Forschung in diesem Projekt zu einem TRL3-Ergebnis führt, welches die Simulation von L1-L2-L3 Kommunikation und der Evaluierung der anwendungsspezifischen Schwarmalgorithmen erlaubt.

## **Abstract**

Each cyber-physical system (CPS) has strongly intertwined hardware and software components, and is applied in many disciplines such as IoT, smart mobility, smart grids, Industry 4.0 and smart houses. CPSs form networks, and are equipped with multiple sensors and actuators to link the real world with the virtual one. Typically, a CPS does not come alone: using swarms of CPSs increases dynamics, connectivity, and complexity - calling for features like adaptability, scalability, robustness, and self-configuration. Swarms of CPSs are even more complex, hard to control and program. SWILT focusses on swarms of CPSs in industrial plants (e.g., formed of products, machines, or equipment). To handle the complexity of swarms of CPSs, natural systems can serve as inspiration. Therein, many homogeneous agents cooperate without central control, executing simple rules locally. Only through their interactions, a collective behaviour to solve complex tasks emerges. SWILT considers the use cases of production scheduling and transportation in logistics. Nowadays, linear optimization is performed on a subset of the industrial plant only, cannot deal with the increased complexity and dynamics in production, and thus is unable to cope with the large search space forming an NP-hard problem – not to mention human operators as part of the optimization. Years of experience showed us that algorithms in self-organization can handle NP-hard problems and find good solutions for highly complex problems. The innovation in SWILT is not to produce yet another pre-calculated schedule or routing table, but in applying nature-inspired rules extracted from swarm intelligence algorithms that run locally on the individual agents. This leads to heavily reactive algorithms that are able to compensate dynamic changes in their local vicinity. Thus, the final local algorithms are not static, but process data constantly. The main difference to traditional methods is that a good solution emerges from local behaviour. One innovative goal is a library that collects swarm intelligence algorithms including use case-specific requirements and constraints. This allows structured tests, analysis, and comparison via simulation. Furthermore, managing, observing and coordinating one or many swarm(s) of thousands of autonomous agents in a dynamic environment is a complex task. Therefore, the SWILT concept embeds the local swarm rules in a new three-layered architecture. At the bottom layer (L3) the components are modelled as agents. The second layer (L2) describes the swarm layer, where swarms are composed of these agents, and multiple swarms of different types communicate. Due to e.g. high data rates and low latency, 5G becomes an indispensable component in Industry 4.0. Therefore, we aim to realize L2 as a 5G network application. Finally, the upper layer (L1) represents a central management layer. For this layered SWILT architecture, several research questions will be addressed, including management of layers, data abstraction levels, and extending swarm communication with human-in-the-loop concepts to improve optimization beyond the current approaches. We expect that the research in this project will lead to a TRL 3 that allows the simulation of L1 - L2 - L3 communication and evaluate swarm intelligence algorithms related to the use cases.

## **Projektkoordinator**

- Lakeside Labs GmbH

## **Projektpartner**

- Novunex GmbH

- Infineon Technologies Austria AG
- Universität Klagenfurt