

Dipl.-Inform. Sandro Leuchter

Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, TU Berlin

Kognitive Simulation mit Operator Crew Cognitive Simulation

Operator Cognitive Crew Cognitive Simulation (OCCS) ist ein Framework für die wissensbasierte Modellierung und Simulation von Bedienerverhalten in prozesstechnischen Anlagen. Es wurde am Cognitive Systems Engineering Lab der Universität Tokio entwickelt und im Bereich der Analyse und prospektiven Gestaltung kerntechnischer Anlagen angewendet und validiert. Die zugrundeliegende kognitive Architektur wurde in Prolog implementiert. Sie beschreibt schwerpunktmäßig nichtmonotone Schlussfolgerungsmechanismen und die Verarbeitung unsicheren Wissens. Das Step Ladder Modell zur Informationsverarbeitung von Rasmussen (1986) liefert die Grundlage für OCCS (s. Abb. 1). Zielgerichtetes Verhalten wird in OCCS auf regel- und planbasierte Informationsverarbeitung abgebildet.

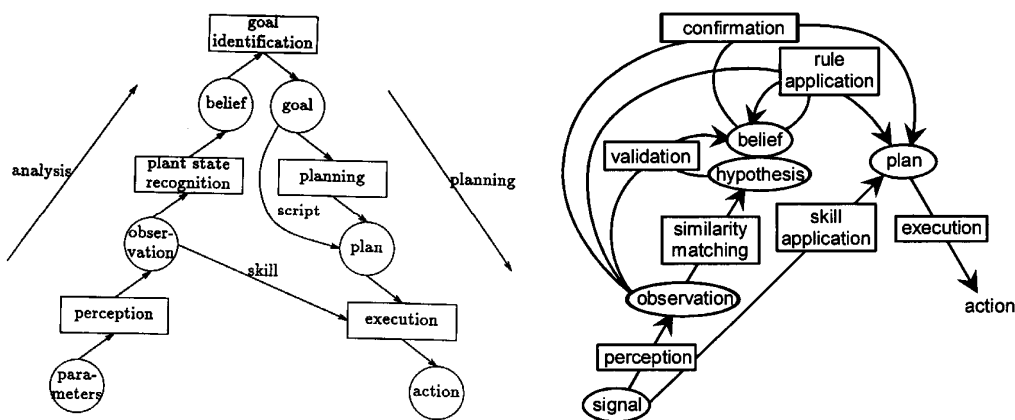


Abb. 1: Step Ladder Model (Rasmussen 1986) und Realisierung in OCCS (Furuta & Kondo 1993)

Die Signalerkennung wird durch eine Fuzzy-Komponente realisiert. In den Prolog-Regeln wird mit Symbolen zu linguistischen Variablen der verwendeten Signale und einer numerischen Fuzzy-Zugehörigkeit gearbeitet, die auch als Konfidenzmaß interpretiert werden kann. Die Wahrnehmungskomponente kommuniziert über Interprozesskommunikation mit dem Kraftwerksimulator oder einer anderen Mikrowelt (Kanno et al. 2003). Die anderen Systemfunktionen kommunizieren über ein Blackboard (s. Abb. 2).

Die Komponenten von OCCS sind Sensoren, *Planer*, Inferenz („*Reasoner*“) und Wirkkomponenten („*Executor*“). *Reasoner* und *Planer* benutzen eine anlagenspezifische Wissensbasis. Die Informationsverarbeitung erfolgt regelbasiert. Die eingesetzte Logik ist nichtmonoton, denn sie arbeitet mit Default-Annahmen. Ein Truth-Maintenance-System („*TMS*“), das mit der zentralen Blackboardkomponente integriert ist, sorgt dafür, dass Folgerungen und Zwischenergebnisse revidiert werden, die auf als falsch erkannten Default-Annahmen oder veralteten Signalen beruhen.

OCCS ist zur prospektiven Simulation von Beanspruchung in vorgegebenen Aufgabensituationen eingesetzt worden. Dazu wurde die Aktivität in den einzelnen Komponenten überwacht und zu einem Profil verdichtet (Abb. 3): VP: *Visual Perception Score* (Zugriff auf visuell wahrnehmbare Anlagenparameter über Sensor-Modul, ohne auditiv wahrnehmbare Signale wie Alarmer), IA: *Inference Application Score* (Aktivität von *Reasoner*: Regelnanwendung, impliziert Aktivität des Arbeitsgedächtnisses), KR: *Knowledge Retrieval Score* (Aktivität von *Reasoner* oder *Planner*, die sich auf *Knowledge Base* beziehen), BC: *Belief Creation Score* (Aktivität auf *Blackboard*), TM: *Truth Maintenance Score* (Revision von Zwischenschlüssen und Annahmen, impliziert Aktivitäten im Arbeitsgedächtnis), AS: *Action Scheduling Score* (Aktivität initiiert durch *Planner*, impliziert

Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses), PW: *Physical Work Score* (*Executor* führt geplante Prozedur aus, impliziert Aktivität der Wirkkomponenten).

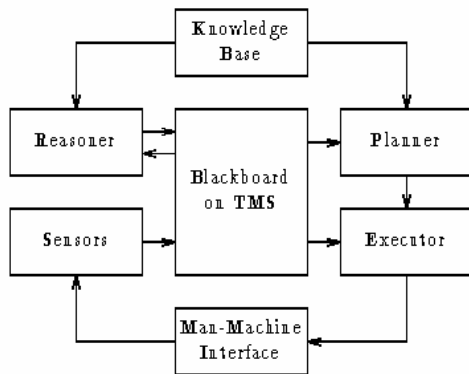


Abb. 2: Blackboard-basierte Systemarchitektur von OCCS

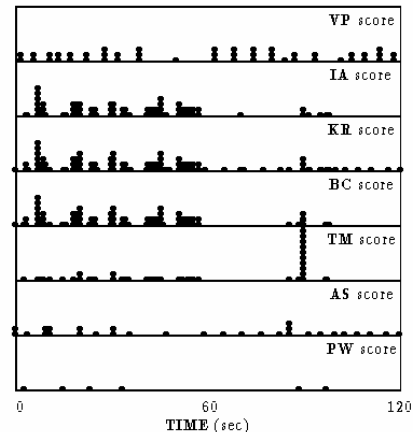


Abb. 3: Beispiel für ein OCCS-Workload-Profil in einer aufwändig zu erkennenden Fehlersituation in einem Druckwasserreaktor (Furuta et al. 1995)

Das Beispiel in Abb. 3 zeigt das abgeleitete Beanspruchungsprofil für eine Situation, in der eine Fehlerdiagnose durchgeführt werden muss. In der ersten Minute sind vor allem IA, KR und BC belastet. Nach ca. 100 Sekunden stellt sich aber heraus, dass eine bestimmte Annahme über die Fehlerursache nicht aufrecht zu halten ist. Daher ist der TM Score besonders hoch, weil Schlüsse revidiert werden müssen.

OCCS ist in einer modifizierten Version auch zur Bewertung von Leitwartenanordnungen eingesetzt worden (Furuta et al. 1999). Dazu wurde die Simulation der Mensch-Maschine-Schnittstelle und das Sensor modul um ein räumliches Virtual Reality Modell erweitert. Dadurch wird die Verdeckung von im Raum angeordneten Komponenten und Bedienerbewegungen zur ungehinderten Informationsaufnahme simuliert. Es wurden jeweils vier Operateure in einer Warte modelliert, die unterschiedliche Aufgaben und Arbeitsanweisungen haben. Softwaretechnisch wird das durch eine Kopplung getrennter Blackboards und unterschiedlicher Wissensbasen mit den anderen Informationsverarbeitungs-komponenten realisiert. Diese OCCS-Version wurde zum Vergleich der Operatuers-interaktion und ihrer Bewegungsmuster in drei prototypischen Leitwarten mit unterschiedlich angeordneten Instrumenten angewendet.

OCCS ist ein Modellierungsframework, dessen Ansatz sich von dem kognitiver Architekturen wie ACT-R/PM, unterscheidet: Die Granularität der OCCS-Modelle ist gröber, dafür wird die physische Umwelt mit berücksichtigt. OCCS hat nicht den Anspruch eine *Unified Theory of Cognition* darzustellen, sondern bildet einen kleineren Umfang von Phänomenen ab. Es ist aber insofern eine kognitive Architektur, dass konkrete Modelle für unterschiedliche Bediener und unterschiedliche Leitwarten durch unterschiedliche Wissensbasen erstellt werden können, die alle auf denselben Satz von Regelverarbeitungsmechanismen zurückgreifen.

Quellen:

- Furuta, K., & Kondo, S. (1993). An approach to assessment of plant man-machine systems by computer simulation of an operator's cognitive behavior. *International Journal of Man.Machine Studies* 39, 473-493.
- Furuta, K., Takahashi, M., Yoshikawa, H., Sasaki, K., Itoh, T., Matsumiya, M., Sakaue, T., Kiyokawa, K., & Hasegawa, A. (1995). Analysis of operarots's diagnostic Behavior Using Computer Simulation. In Y. Anzai, K. Ogawa, & H. Mori (Eds.), *Symbiosis of Human and Artifact*. Amsterdam: Elsevier.
- Furuta, K., Shimada, T., & Kondo, S. (1999). Behavioral simulation of a nuclear power plant operator crew for human-machine system design. *Nuclear Engineering and Design* 188, 97-109.
- Kanno, T., Nakata, K., & Furuta, K. (2003). A method for team intention inference. *International Journal of Human-Computer Studies* 58, 393-413.
- Rasmussen, J. (1986). *Information Processing and Human-machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*. North-Holland: New York.