SPRACHDIALOGTERMINAL ALS PROZESS-SCHNITTSTELLE IN KOMPLEXEN STEUERUNGSSYSTEMEN

Torsten Rudolph

Technische Universität Dresden

Prozeß- und Steuerungsmodelle

Beherrschung zunehmend komplexerer informationeller und stofflicher Vorgänge erfordert qualifizierte Steuerungssysteme, deren Entwurf kaum noch mit heuristischen Betrachtungsweisen bewältigt werden kann. Vielmehr setzen sich systemtheoretisch fundierte Methoden durch, die in der Einheit von sich wechselseitig optimierender Prozeßanalyse und Systemsynthese zu transparenten Systemlösungen führen, und gleichzeitig auch komplizierte Prozeßabläufe hinreichend genau behandeln können. ist es dabei, durch Dekomposition der globalen Prozeßaufgabe die ihr innewohnende Struktur als Netzwerk definierter Primitivprozesse und zulässiger Verkopplungen zu finden. Die erhaltene Prozeßstruktur ist dann nach entsprechender Algorithmierung direkt Grundlage für den Strukturentwurf (Synthese) eines zugehörigen Steuerungssystems (z.B. für FMCS). Läßt sich der stoff- oder informationsverarbeitende Prozeß mit

seiner Transformation P: $I \times S \rightarrow S \times O$

(I: Eingabealphabet (input), O: Ausgabealphabet (output), S: Zustandsalphabet (process state)) eindeutig in Teilprozesse (Basisprozesse) zerlegen, kann er unter Nachweis bestimmter Konsistenzbedingungen auf eine koordinierte verteilte Steuerung abgebildet werden /1/. Im einfachsten Fall enstehen dabei 2-schichtige Modelle (Abb.1):

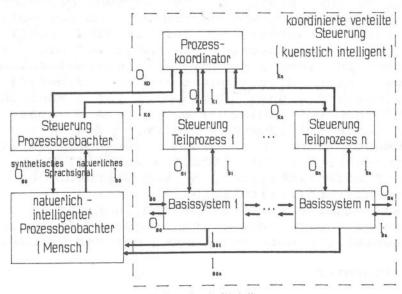


Abb.1 Steuerungssystem mit Sprachschnittstelle

1. n verschiedene Basissysteme mit zugehöriger Substeuerung, die über integrierte Aktoren und Sensoren direkt an der Prozeßumgebung arbeiten.

2. das Koordinationssystem, das die Kooperation der Basissysteme so organisiert, daß über die durch sie realisierten Teilabbildungen die globale Prozeßtransformation erfolgt.

Mehrschichtige Modelle werden rekursiv auf den zweidimensionalen Fall zurückgeführt.

2. Intelligenzkomponenten im Steuerungssystem

den einzelnen Hierarchieebenen eines solchen Steuerungssystems sind in Abhängigkeit von der Universalität der zu lösenden Aufgaben intelligente Steuerungskomponenten zu integrieren. Unabhängig von der funktionellen Zielsetzung dieser künstlich intelligenten Bausteine unterliegt ihre Realisierung extremen Randbedingungen in Form der algorithmischen Beherrschbarkeit (beim gegenwärtigen Erkenntnisstand auf dem Gebiet der Intelligenz) und der Abbildungsmöglichkeit künstlichen technische Systeme. Zwar werden heute schon viele Prozesse, die noch vor Jahren ausschließlich der natürlichen Intelligenz Menschen vorbehalten waren, von künstlichen Systemen bewältigt, die Anzahl der noch nicht beherrschbaren Prozesse ist aber weit größer. Somit wird es auch langfristig nötig sein, beim Entwurf komplexer Steuerungssysteme den Menschen als natürlich intelligente Systemkomponente zu integrieren. Eine Möglichkeit der Integration besteht in Form eines Prozeßbeobachters (Abb.1). der Aktionen und Reaktionen des ursprünglichen Steuerungssystems an der Umgebung werden vom Prozeßbeobachter input-Informationen entgegengenommen und intelligent verarbeitet. Als input für den Prozeßkoordinator werden daraus Sonderinformationen abgeleitet, die sich der künstlich intelligente Systemteil nicht erschließen kann, zur Optimierung des Prozeßablaufs aber unbedingt erforderlich sind.

In umgekehrter Richtung kann der Prozeßkoordinator den Beobachter z.B. über aus der Umgebung nicht identifizierbare aber entscheidungsrelevante process states informieren. Der Prozeßbeobachter ist damit als weiteres Basissystem in die Gesamtsteuerung einordbar. Die Schnittstelle zum Koordinator in Gestalt der "Steuerung Prozeßbeobachter" muß dann eine möglichst optimal konfigurierte Mensch-Maschine-Schnittstelle (human interface) bereitstellen und eine gewisse Informationskonvertierung in Richtung Koordinator vornehmen.

3. Die Sprachschnittstelle als Steuerungskomponente

Zur Gestaltung des human interface gibt es eine Fülle von Alternativen. Eine davon ist seine Ausführung als Sprachschnittstelle (Abb.2). Die Vorteile bestehen dann in einer zeiteffektiven und in weiten Grenzen ortsunabhängigen Kommunikation zwischen Beobachter und Koordinator. Dabei bleibt die Kommunikationsform direkt an den Menschen angepaßt. Ideen des Beobachters und daraus entwickelte Informationen für den Koordinatorbrauchen nicht in koordinatorspezifischen Code umgedacht werden, sondern können direkt artikuliert werden.

In der Arbeitsgruppe "Sprachkommunikation" der Sektion Informationstechnik der TU Dresden wurde ein Sprachdialogterminal (SDT) entwickelt, das für den Einsatz als human interface in der "Steuerung Prozeβbeobachter" unmittelbar geeignet ist /2/. Beim SDT handelt es sich um einen autonom arbeitenden OEM-Rechner, der mit spezieller sprachverarbeitender Hard- und Software ausgestattet ist.

Für die Sprachsignalverarbeitung beinhaltet die Hardware des SDT separat steckbare Platinen für die Analyse des menschlichen Sprachsignals (Filterbank), für die Sprachsynthese (ReihenFormant-Synthetisator) und für die Analogverarbeitung des menschlichen und des synthetischen Signals. Damit ist es möglich, sowohl eine Spracheingabeschnittstelle (Spracherkennung) als auch eine Sprachausgabeschnittstelle (Sprachsynthese) zum Prozeßbeobachter (Abb.2) zu realisieren.

Zum Betrieb der Hardware des SDT wurde ein umfangreiches Softwarepacket entwickelt, das bis auf wenige Routinen, die direkt an der Hardware arbeiten, in der Programmiersprache C geschrieben ist. Damit sind, unterstützt durch das streng modulare Softwarekonzept des SDT, günstige Voraussetzungen für eine Portierung nach künftigen moderneren Hardwarestrukturen gegeben.

Der Spracherkenner, der den umfangreichsten Teil der Software bildet, arbeitet mit dynamischer Programmierung.

Die Hardwarevoraussetzungen und die implementierten Algorithmen zur Sprachverarbeitung beschränken die Arbeit des SDT auf Erkennung von Einzelworten und Synthese fest vorgegebener Wortfolgen. Die Erkennung ist sprecherabhängig und muß demzufolge auf den Prozeßbeobachter angelernt werden.

Die Kommunikation des SDT mit dem Prozeßbeobachter (Abb.2) erfolgt über Mikrophon (input $I_{s\,0}$ == natürliches Sprachsignal) bzw. über Lautsprecher (output $O_{s\,0}$ == synthetisches Sprachsignal).

Neben dem SDT gehört zur "Steuerung Prozeßbeobachter" der Hostrechner, der dafür verantwortlich ist, die Vorgaben des Prozeβkoordinators $(O_{\kappa 0})$ in Einzelbefehle für das SDT aufzulösen, sowie Erkennungsergebnisse vom SDT vorzuinterpretieren eine entsprechende Meldung an den Koordinator (I_{K0}) zu formulieren.

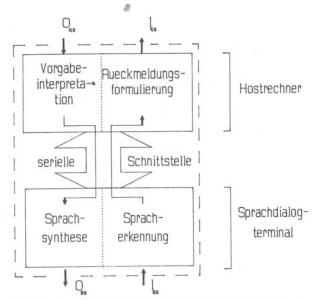


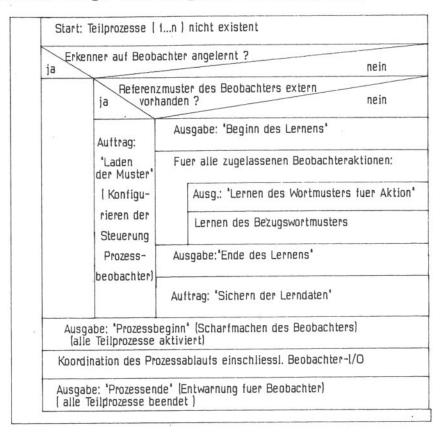
Abb.2 Sprachdialogterminal als Steuerungskomponente

Für die Kommunikation SDT - Hostrechner verfügt SDT über eine standardisierte serielle Schnittstelle, sodaß der Typ des Hostrechners wahlfrei ist. SDT erhält vom Hostrechner Befehle und gibt nach deren Ausführung eine entsprechende Vollzugsmeldung zurück. Wesentliche Aktionen, die über diese Befehle ausgelöst werden können, sind:

- Lernen eines Wortmusters (vom Prozeβbeobachter)
- Erkennen eines Wortes
- Synthese eines Wortes (oder feste Wortfolge)
- Laden der Synthesewortschatzdaten
- Laden/Sichern bereits gelernter Wortmuster.

Da ein Empfang von Informationen des Prozeßbeobachters durch den Koordinator nur dann sinnvoll ist, wenn er diese auch interpretieren und danach definiert reagieren kann, ist es notwendig, eine Zuordnung zwischen Beobachtermeldungen (im Falle des SDT isoliert gesprochenes Wort z.B. für Havariezustand oder prozeßoptimierenden Eingriff) und einer bestimmten Koordinatoraktion festzulegen. Da die Wortmuster infolge der Sprecherab-

hängigkeit des Erkenners nicht einmalig beobachter- und langzeitunabhängig abgelegt werden können, muß vor dem Start des zu
steuernden Gesamtprozesses die "Steuerung Prozessbeobachter"
für die Person des Beobachters trainiert werden. Das bedeutet
Anlernen des Erkenners des SDT auf ein repräsentatives Wortmuster des Beobachters für jede vom Koordinator separierbare
Beobachtermitteilung bzw., falls dies schon früher erfolgte,
Laden der Muster. Die Einordnung des Anlernens in den Koordinierungsprozeß zeigt das folgende Struktogramm:



Das Beispiel der Einbindung des SDT in ein koordiniertes verteiltes Steuerungssystem verdeutlicht die Möglichkeiten, die sich für den Einsatz bidirektionaler Sprachschnittstellen bereits auf dem Niveau der Einzelwortverarbeitung andeuten. Weiterhin zeigt sich, daß mit Hilfe von Sprachverarbeitungssystemen eine leistungsfähige Komponente für Steuerungsstrukturen zur Verfügung gestellt werden kann. Denn damit wird es möglich, den Menschen als optimierendes Element zur Unterstützung solch komplexer Prozeßabläufe einzubinden, die heute von rein künstlich intelligenten Systemen noch nicht unterstützt werden können.

Referenzen:

- /1/ Engelien, M.; Stahn, H.: Software-Engineering, CAMARS-Technologie. - Berlin: Akademieverlag, 1989.
- Rudolph,T.: Sprachdialogterminal- ein Schritt auf dem Weg zur ergonomisch optimalen Mensch-Maschine-Kommunikation.- In: 1. Zentrale Wissenschaftliche Studentenkonferenz Informatik, Ausgewählte Beiträge.- Dresden: Technische Universität, 1990.