

MULTEX, Gestaltung von multimedialen Benutzungsschnittstellen am Beispiel eines Expertensystems

Franz Koller, Stuttgart

Zusammenfassung

Multimedia-Techniken offerieren ein wachsendes Potential zur Verbesserung und Erweiterung von Mensch-Computer Schnittstellen. Dadurch können neue Anwendungsbereiche erschlossen werden. Dieser Beitrag beschreibt das prototypisch realisierte System MULTEX, das ein Diagnosesystem für technische Anlagen um eine multimediale Benutzungsoberfläche erweitert. Durch den Einsatz von Multimedia wurde nicht nur die Unterstützung für Diagnosefragestellungen verbessert, es bietet nun auch bessere Hilfe und Trainingsmöglichkeiten. Das System integriert Spracheingabe (Einzelworterkennung), synthetisierte Sprachausgabe, Text, Graphik, Animation und Video. Unter Nutzung dieser unterschiedlichen Medien erlaubt es eine illustrative Informationsdarstellung. Das System wurde auf einer UNIX-Arbeitsstation mit dem User Interface Management Systems DIAMANT /Trefz89/ unter X-Windows realisiert. In diesem Beitrag wird auf Design, Implementierung und Eigenschaften des Systems eingegangen und ein Ausblick auf künftige Entwicklungen gegeben.

1. Einleitung

In der Informations- und Kommunikationsindustrie ist durch die Einführung von Multimedia-Konzepten ein weitgreifender technischer Umbruch erkennbar, der von vielen als wesentlicher Erfolgsfaktor für die Zukunft der Computerindustrie /Shandle90/ eingestuft wird. Multimedia-Systeme erlauben die Nutzung von verschiedenen bereits bisher verfügbaren Medien wie Text, Graphik, Sprache, Video oder Animation. Neu ist, daß diese Medien in einem einzigen System zusammengeführt und integriert werden und dabei sehr viel stärker in interaktiver Weise genutzt werden können. So eröffnen Multimedia-Systeme in zunehmenden Maße Möglichkeiten zur Verbesserung von existierenden Anwendungen als auch zur Erschließung neuer Anwendungsgebiete. Verbesserungen von existierenden Anwendungen werden vor allem erreicht durch die Erweiterung des Kommunikationskanals zwischen Benutzer und System sowie durch die Nutzung von angemessenen Medien für unterschiedliche Aufgabenstellungen und durch den Einsatz flexibler und mächtiger Interaktionstechniken. In zunehmenden Maße sind auch Anwendungen zu realisieren, deren wesentliche Daten Multimedia-Informationen sind, die dargestellt, gespeichert und manipuliert werden müssen. Multimedia-Informationen sind vor allem für die Darstellung von komplexen Objekten der Realwelt und dynamischen Vorgängen geeignet und dadurch für die folgenden Bereichen besonders relevant:

- Schulung und Training
- Service und Wartung
- Benutzerführung
- Simulationen
- Prozeßüberwachung
- Informationsdienste
- Pressedienste
- Multimedia-Dokumente

Beim Design von Multimedia-Systemen ist neben den allgemeinen softwareergonomischen Anforderungen eine ganze Reihe von zusätzlichen Fragestellungen zu berücksichtigen. Einige der wichtigen Diskussionspunkte in Verbindung mit Multimedia sind:

- Für welche Aufgabenstellung ist welches Medium am besten geeignet?
- In welcher Umgebung sollte welches Medium verwendet werden?
- Welche Effekte resultieren aus der Kombination von verschiedenen Medien?
- Wie werden die Medien dem Benutzer am geeignetsten zur Verfügung gestellt?

Jeder dieser Punkte erlaubt eine Vielzahl von Gestaltungsoptionen. Für dynamische Vorgänge kann zum Beispiel animierte Graphik oder auch Video eingesetzt werden. Text kann einfach angezeigt, zusätzlich noch gesprochen oder nur gesprochen ausgegeben werden. Bezüglich der Benutzerakzeptanz dürfte im allgemeinen der angezeigte Text bevorzugt werden. Jedoch in Verbindung z.B. mit der Visualisierung eines dynamischen Prozesses ist Sprachausgabe durchaus geeignet, um gleichzeitig Erläuterungen zu dem visualisierten Prozeß zu geben, da Blickwechsel hin zu Texten unnötig werden.

Das System MULTEX wurde entwickelt, um Erfahrung über die Nutzbarkeit von Multimedia für Wartungsaufgaben zu gewinnen und um das mögliche Zusammenspiel von expertensystem-gestütztem Zugriff auf Informationen und freiem Browsen des Benutzers zu untersuchen.

2. MULTEX - Komponenten und Architektur

Ausgehend von der Diagnose-Expertensystemschale *Id.est /Eichhorn87/*, die an unserem Institut entwickelt wurde und für Anwendungen in der Maschinendiagnose eingesetzt wird, wurde ein Multimedia-Expertensystem (MULTEX) implementiert. Abb. 1 gibt einen Überblick über die Hardware-Konfiguration des Systems. Die Laufzeitkomponente des Expertensystems wurde durch einen Medien-Manager erweitert. Die Aufgabe des Medien-Managers ist die Steuerung und Synchronisation der angeschlossenen Medien: synthetische Sprachausgabe, Einzelworterkenner, Video, Animation, Graphik und Text.

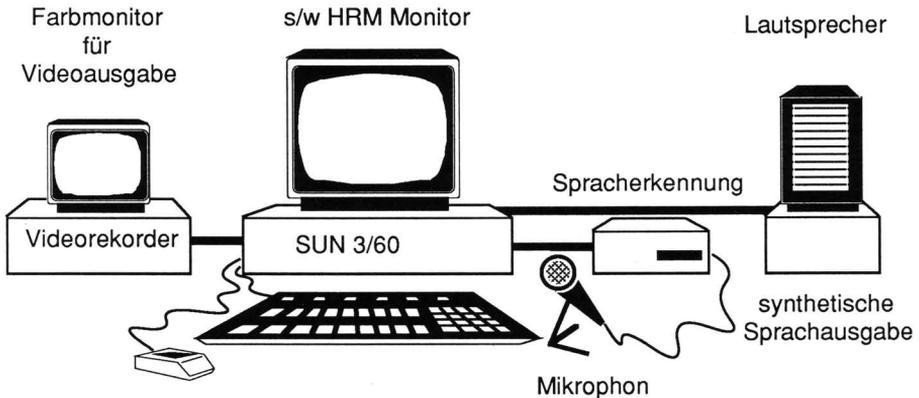


Abbildung 1: Hardwarekomponenten von MULTEX

Der Medien-Manager wurde mit der Beschreibungssprache UIDL (User Interface Description Language) von DIAMANT /Trefz89/ realisiert. UIDL ist eine objektorientierte Sprache (mit einfacher Vererbung) zur Verknüpfung und Modifikation von Objekten einer Benutzungsoberfläche. UIDL ermöglicht auch die Definition von Objektklassen, von der beliebig viele Ausprägungen (Instanzen) gebildet werden können. Eine UIDL-Klasse erbt auch automatisch alle Typinformation und alle Operationen seiner Superklasse. Alle Operationen einer UIDL-Klasse sind öffentlich zugänglich während alle Daten einer UIDL-Instanz nur von den Operationen der Instanz selbst zugreifbar sind.

Ausgehend von einem Modell von Objekten, die über Ereignisse miteinander kommunizieren, besteht die Hauptaufgabe einer Schnittstellenentwicklung mit UIDL in der Definition, Modifikation und Verknüpfung von Objektklassen. Eine Klasse beschreibt Aufbau und Verhalten der aus ihr erzeugten Objekte (Instanzen). In den meisten Fällen wird eine neue Klasse entweder eine bereits vorhandene Klasse spezialisieren (Vererbung) oder aber Objekte anderer Klassen zu einem speziellen Kontext zusammensetzen. Das Verhalten einer Klasse wird durch Reaktionen auf eintretende Ereignisse beschrieben. In der Beschreibung der Klasse wird dies durch Regeln ausgedrückt, die den Ereignissen zugeordnet sind. Ein eingetretenes Ereignis wird durch eine Regel in einem bestimmten Objektzustand interpretiert und kann zu einer Zustandsänderung des Objekts, zum Erzeugen neuer Instanzen oder zum Verschicken von neuen Ereignissen führen.

Der Anwendungsteil eines Systems kann von der Benutzerschnittstelle auf zwei Arten angesprochen werden. Die erste Möglichkeit besteht im Aufruf einer in C++ oder in C geschriebenen Anwendungsfunktion aus einer Regel heraus. Als zweite Möglichkeit kann die Anwendung als eigener Prozeß implementiert werden, welcher mit der Benutzerschnittstelle über die

Interprozesskommunikationsmöglichkeiten von DIAMANT kommuniziert ("Client - Server" Modell). Auf diese Art und Weise werden von dem Medien-Manager sowohl die verschiedenen Medien, als auch die eigentliche Anwendung, das Expertensystem angesprochen. Das folgende Beispiel zeigt, wie Erläuterungen zu Animationssequenzen gegeben werden.

```

on "MESSAGE" with (text) from "animation"{           // Ereignis MESSAGE von
                                                       // Animation
    if ((TALK == "on") && (ani_window == "open")) {
        send("talk","speak",text);                 // Text wird an Prozeß talk
    }                                               // geschickt
}

on "SELECTED" with (object) from "animation"{       // Ereignis Object selektiert
                                                       // von Animation
    if (object == "Ruecklicht")
        send(explainer,"show","Ruecklicht.data"); // explainer zeigt zusätzliche
    else if (object == "Schaltung")                 // Information zum selektierten
        send(explainer,"show","Schaltung.data");   // Objekt
    else
        .....
}

```

Der Laufzeitkern von DIAMANT übernimmt die Aufgabe, die Verbindung zu den Prozessen (hier "talk" und "animation") aufzubauen. Falls ihm diese Prozesse bisher nicht bekannt sind, sucht er automatisch in einer Datei nach einem Eintrag, auf welchem Rechner unter welcher Adresse er den jeweiligen Prozeß finden kann. Danach baut der Laufzeitkern die Verbindung auf und verwaltet die gesamte Kommunikation mit diesen Prozessen.

Auf dieselbe Art wurde das Expertensystem eingebunden. Es steuert einen einfachen Frage - Antwort Dialog. Es erfragt Zustände der Maschine und gibt Anweisungen, wie diese Zustände zu überprüfen sind, bzw. wie ein gefundener Fehler zu beheben ist. Dabei berücksichtigt es die vorhandenen Werte von Sensoren und benutzt Heuristiken /Pearl84/, um den Aufwand zur Fehlersuche und Reparatur möglichst minimal zu halten.

Um die Möglichkeiten des Systems darzustellen, wurde als Demonstrationsanwendung der multimedialen Oberfläche die Diagnose und Reparatur eines Fahrrades realisiert. Dazu wurde ein Regelsatz entworfen und entsprechende Graphiken, Animations- und Videosequenzen für diese Anwendung bereitgestellt.

3. Eine Beispielsitzung

Im folgenden soll in einer Beispielsitzung mit MULTEX der Medieneinsatz gezeigt werden. Der Benutzer startet das System, das mit der ersten Frage oder Anweisung beginnt. Diese wird auf

dem Bildschirm angezeigt und wahlweise gleichzeitig durch synthetische Sprache ausgegeben. Die möglichen Antworten auf die Frage bzw. die Bestätigung der Anweisung werden auf Softbuttons angezeigt. Der Benutzer antwortet durch Sprechen, durch Klicken eines Softbuttons oder durch Eingabe mittels Tastatur. Die verschiedenen Eingabemöglichkeiten sind dabei gleichwertig.

Im Verlauf der Sitzung diagnostiziert das System z.B., daß die Gangschaltung nicht richtig justiert ist. Der Benutzer wird aufgefordert, die Schaltung zu justieren (siehe Abb. 2).

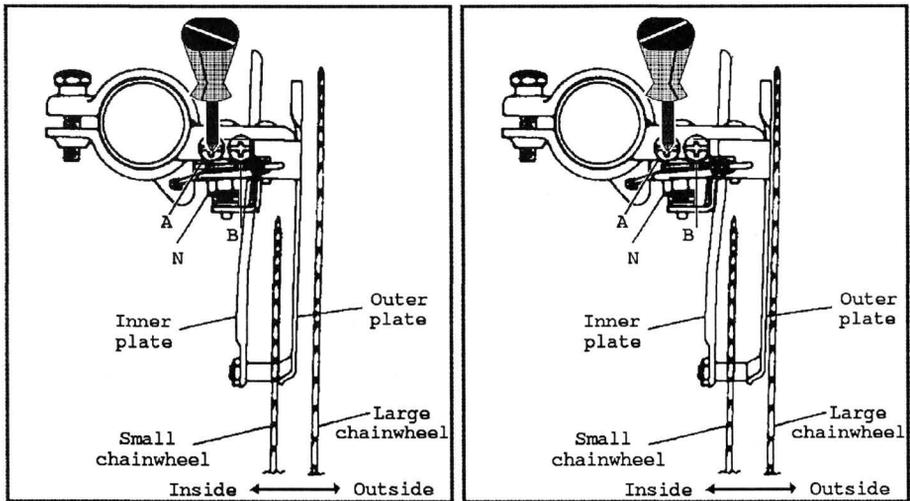


Abbildung 2: Ausschnitt einer Animation zur Justierung der Gangschaltung

Das System unterstützt ihn dabei, indem es ihm eine entsprechende Animationssequenz zeigt und gleichzeitig erklärt, welche einzelnen Schritte durchzuführen sind. Die Animation zeigt, an welchen Schrauben gedreht werden muß, wie sich das Drehen der Justierschrauben auswirkt und in welche Richtung gedreht werden muß. Dies wird visualisiert durch Einfahren von Werkzeugen, Drehen der Werkzeuge, Einblenden von Pfeilen, die die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Stelle lenken (siehe Abb. 3), Einblenden von Pfeilen, die sich in Drehrichtung bewegen, Bewegen der betroffenen Teile und gleichzeitige Darstellung verschiedener Sichten auf die Teile. Der Benutzer kann seine Aufmerksamkeit ganz der Animation widmen, da er die textuellen Erklärungen oder Anweisungen parallel zur Animation durch die Sprachausgabe mitgeteilt bekommt.

Längere und komplexe Vorgänge können nur schwer mit Animationstechniken realisiert werden. Deshalb werden komplexere Vorgänge wie z.B. der Ausbau und das Flickern des Reifens durch Videosequenzen illustriert. Sie erlauben eine umfangreiche Darstellung von Problemen, von einer

globalen Sicht bis hin zu Detailaufnahmen. Das System zeigt dazu automatisch die entsprechenden Videosequenzen, die unabhängig von ihrer Reihenfolge auf dem Videoband angesteuert werden können.

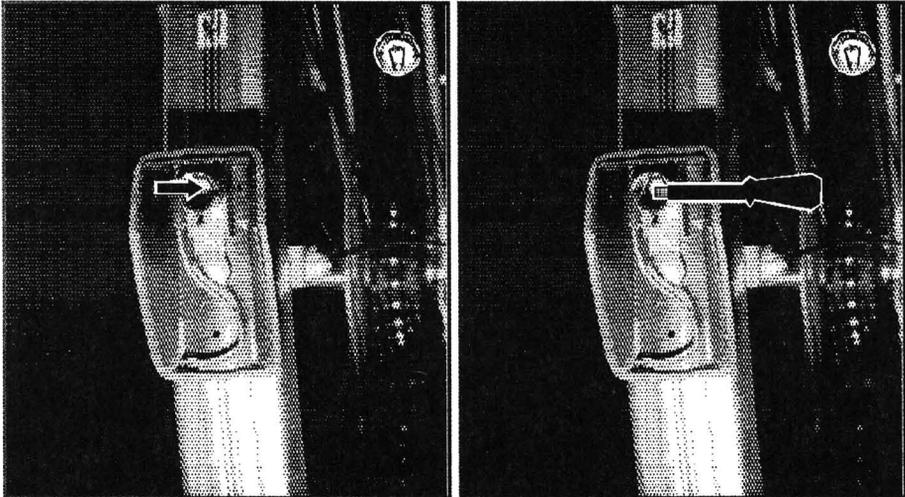


Abbildung 3: Ausschnitt einer Animation zur Reparatur des Rücklichtes

Der Benutzer hat außerdem jederzeit die Möglichkeit, in eine laufende Animation oder eine Graphik mit der Maus Objekte zu referenzieren. Dies öffnet ein Fenster mit weiteren Informationen über das referenzierte Objekt. Es erlaubt, ausgehend von der aktuell dargestellten Information, das aktive "Durchblättern" von Informationen in der Art eines Hypertext-Systems. Hierbei können Informationen sowohl textuelle oder graphische Informationen über Teile oder Werkzeuge sein, als auch Animations oder Videosequenzen über Arbeitsabläufe.

Um die jeweiligen Benutzerpräferenzen zu berücksichtigen, können die verschiedenen Medien über ein Steuerfeld mit unterschiedlichen Buttons einfach an- und abgeschaltet werden (siehe Abb. 4). Sind die Medien angeschaltet, werden sie immer genutzt, sobald entsprechende Informationen vorhanden sind. Bei Video und Animation gibt es weiterhin die Möglichkeit, dem Benutzer Sequenzen anzukündigen. In diesem Fall wird dies auf dem Steuerfeld angezeigt und über Sprachausgabe dem Benutzer mitgeteilt, sobald im Diagnoseablauf Sequenzen verfügbar sind. Der Benutzer kann diese über die Buttons auf dem Steuerfeld starten. (Für die Sprachausgabe gibt es auch die Möglichkeit des reduzierten Feedback. Bei dieser Einstellung werden die Eingaben des Benutzers nur dann durch die Sprachausgabe wiederholt, wenn die Eingabe durch die Spracheingabe erfolgte.)

| Multex-Control-Panel | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|--|---------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------------------------------------|--|------|--|----------------|--|--------|--|------|--|
| F0 | | F1 | | F2 | | F3 | | F4 | | F5 | | F6 | | F7 | |
| << | | >> | | --> | | ^^^ | | ^ | | v | | vvv | | QUIT | |
| | | | | | | | | | | TALK AGAIN | | | | | |
| <input type="checkbox"/> video available | | | | | | | | | | SHOW VIDEO | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> animation available | | | | | | | | | | SHOW ANIMATION | | | | | |
| talk | | <input type="radio"/> off | | <input checked="" type="radio"/> on | | <input type="radio"/> on, with reduced feedback | | | | | | | | | |
| speech | | <input type="radio"/> off | | <input checked="" type="radio"/> on | | | | | | | | | | | |
| video | | <input type="radio"/> off | | <input checked="" type="radio"/> on | | <input type="radio"/> announce | | | | | | | | | |
| animation | | <input type="radio"/> off | | <input checked="" type="radio"/> on | | <input type="radio"/> announce | | | | | | | | | |
| detail of video | | | | <input checked="" type="radio"/> fast | | <input type="radio"/> normal | | | | | | | | | |
| detail of animation | | | | <input type="radio"/> fast | | <input checked="" type="radio"/> normal | | | | | | | | | |
| PhG-IAO | | << Rew. | | < Step | | < Play | | Stop | | > Play | | > Step | | bike | |

Abbildung 4: Steuerfeld für die unterschiedlichen Medien

Die unterschiedlichen Detailstufen für Video und Animation bieten auf beiden Stufen die für die Aufgabenstellung relevanten Informationen. In der ersten Einstellung werden die Informationen jedoch in einer komprimierten Form in kürzerer Zeit dargestellt, was während einer Diagnose-sitzung durchaus wünschenswert ist. Auf der normalen Stufe werden die Informationen ausführlicher dargestellt und sind deshalb besser für Lern und Trainingszwecke geeignet.

Die unterste Reihe des Steuerfeldes erlaubt die direkte Steuerung der Animation durch Funktionen wie Stop, schrittweise vorwärts, rückwärts etc. Dies erlaubt das direkte Eingreifen in laufende Animationen zur Wiederholung von Ausschnitten einer Animationssequenz.

4. Gestaltungsfragen bei dem Prototypsystem

Die Erfahrungen mit der realisierten multimedialen Benutzungsoberfläche machen einige Punkte deutlich, die beim Design eines solchen Systems beachtet werden sollten:

- Feedback bei Spracheingabe: Spracheingabe hat noch eine verhältnismäßig hohe Fehlerrate, deshalb ist es notwendig, ein direktes Feedback zu geben. Bei MULTEX werden die Eingaben von der Sprachausgabe wiederholt.
- Sprachausgabe mit unterschiedlichen Stimmen: Diese dienen der Verdeutlichung von verschiedenen Informationsinhalten. Bei unserer Implementierung verwenden wir eine weibliche Stimme für die Fragen und eine männliche für das Feedback auf Benutzereingaben.

- Undo: Grundsätzlich sollte jedes System "undo" unterstützen. Dies gilt besonders in Verbindung mit Spracherkennung. MULTEX erlaubt schrittweises Zurücksetzen des Dialogs und des Diagnosezustandes.
- Leichte Wiederholbarkeit von Video, Animation oder Sprachausgabe: Um sich eine bestimmte Stelle noch einmal genauer ansehen zu können, muß es leicht möglich sein, eine Sequenz zu wiederholen, z.B. durch Drücken des entsprechenden Buttons im Steuerfeld.
- Abbruchmöglichkeit für die Ausgabemedien: Benutzer, die die angebotene Information schon kennen, wollen nicht warten, bis die Sprachausgabe, die Animation oder das Video beendet ist. Im System kann man die Ausgabemedien abbrechen, indem einfach die nächste Antwort gegeben wird oder das Medium explizit abgebrochen wird.
- Parallele Ausgabemedien: Die parallele Ausgabe von Informationen, z.B. Zeigen eines Vorganges durch Animation und gleichzeitige Erklärung des Vorganges durch Sprachausgabe, führt zu einer dichteren Informationsvermittlung. Der Benutzer kann seine Aufmerksamkeit ganz der visualisierten Information widmen, die parallel durch Audio unterstützt wird, was auch der natürlichen Informationsaufnahme des Menschen entspricht. Blickwechsel zu textuellen Erklärungen werden unnötig.
- Eingabe durch Referenzieren: Im Zusammenhang mit Animation oder graphischen Darstellungen z.B. von Baugruppen ist es möglich auf Elemente zu zeigen und zusätzliche Informationen zu dem referenzierten Objekt in der Art eines Hypermedia Systems /Yankelovich88/ zu erhalten. Durch solche Techniken kann eine aufgabenangemessene Dialogführung realisiert werden.
- Parallelität der verschiedenen Medien: Um die verschiedenen Medien wirklich parallel zur Verfügung stellen zu können, wurden sie in MULTEX als verschiedene Prozesse implementiert, die gleichzeitig ablaufen können. Die Synchronisation dieser Prozesse, und damit der Medien, wird durch den Medien-Manager realisiert.
- Differenzierte Darstellungsstufen von Informationen: In Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie Zeitdruck, Wissensstand etc. werden unterschiedliche Anforderungen an die Geschwindigkeit und den Detailgrad der zu übermittelnden Informationen gestellt. Das System gibt dem Benutzer die Möglichkeit, zwischen zwei Darstellungsstufen zu wählen.

Eine wichtige Entscheidung ist auch, welche Visualisierungstechnik zur Darstellung von Informationen gewählt werden soll. Im Kontext des realisierten Prototyps zeigte sich, daß z.B. für längere Arbeitsabläufe Video besonders gut geeignet ist, für kürzere Arbeitsschritte

Animation. Eine allgemeinere Bewertung der unterschiedlichen Visualisierungstechniken bezüglich ihrer Einsetzbarkeit im technischen Bereich findet sich in Abbildung 5.

| | Aufbau, Struktur | Kompo- nenten- beschr. | Funktions- weise | Arbeits- schritte | Arbeits- abläufe |
|---------------|---------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Text, Daten | ○ | ● | ○ | ○ | ○ |
| Rasterbild | ◐ | ○ | ◐ | ◐ | ○ |
| Objektgraphik | ● | ○ | ◐ | ◐ | ○ |
| Animation | ● | ○ | ● | ● | ◐ |
| Video | ○ | ○ | ● | ◐ | ● |

● gut geeignet ◐ geeignet ○ bedingt geeignet

Abbildung 5: Eignung von Visualisierungstechniken für technische Anleitungen

5. Diskussion

In dieser Prototypentwicklung wurde die eigentliche Dialogstruktur (Frage-Antwort) gegenüber der ursprünglichen Version (ohne Multimedia) nicht verändert. Es zeigte sich allerdings, daß bereits durch die dargestellten Erweiterungen der Kommunikationsmöglichkeiten eine bessere Informationsvermittlung stattfindet und die Qualität der Benutzungsoberfläche verbessert wurde.

Der realisierte Prototyp veranschaulicht, wie die verschiedenen Medien sinnvoll eingesetzt werden können. Grenzen sind jedoch bei dieser Realisierung durch den vom Expertensystem bestimmten Frage - Antwort Dialog gegeben. Um diese zu überwinden, wird an einer Reimplementierung des Expertensystems gearbeitet, das Eingaben zu jedem Zeitpunkt zuläßt, eine flexiblere Dialogstruktur erlaubt und den Zugriff auf die Wissensbasis zuläßt.

Um das System flexibler und in einem breiteren Anwendungsbereich einsetzen zu können, sollen folgende Arbeiten angegangen werden:

- Stärkere Integration der Hypermedia Fähigkeiten
- Integration von digitalisierten Geräuschen

- Unterstützungswerkzeuge zur
 - einfacheren Synchronisation der Medien
 - Planung des Medieneinsatzes
 - Unterstützung des Dialogdesigners
 - Anpassung an verschiedene Benutzerprofile

Insbesondere die Verfügbarkeit von Unterstützungswerkzeugen für den Entwickler von Multimedia-Systemen ist ein entscheidender Erfolgsfaktor für Multimedia. Momentan gibt es z.B. noch keine kommerziell erhältlichen Systeme, die den Entwickler bei der Organisation des "Multimedia-Informationsraums" unterstützen. Wünschenswert sind z.B. Interaktionsobjekte, die dem Benutzer anzeigen, ob er eine Information schon gesehen hat und wo er sich im System befindet.

Im Hardwarebereich wird der Trend zu multimedialen und damit hoch interaktiven Systemen durch die aktuelle Entwicklungen unterstützt. So erlauben inzwischen spezielle Hardwarekarten die Integration von digitalisiertem Video in Fenstersystemen; namhafte Hardwarehersteller bieten entsprechende Audio- und Videokarten/systeme an /Luther89/, /Philips88/. Den Anforderungen von Multimedia bezüglich der zu verarbeitenden Informationsmenge entsprechen auch die Entwicklungen von Hochleistungsnetzwerken, Breitband-ISDN und optischen Speichermedien.

6. Literatur

- /Eichhorn87/: Ralf Eichhorn, Ralf D. Pütz "Fault diagnosis with an expert system tool: System architecture and inference mechanism" Proceedings of 4th European Congress Fair for Technical Automation, Essen, 12.-15. Mai 1987
- /Koller88/: F. Koller, B. Trefz, J. Ziegler "Integrated Interfaces and their Architecture", Esprit Projekt 385 - HUFIT, Working Paper B3.4/B5.2 HUFIT-23-IAO-11/88, 1988
- /Luther89/: A. Luther "Digital Video in the PC Environment" McGraw-Hill Book Company New York, 1989
- /Pearl84/: J. Pearl, Heuristics, Addison-Wesley Publishing Company, 1984
- /Philips88/: Philips International "Compact Disc-Interactive, A Designer's Overview" McGraw-Hill Book Company New York, 1988
- /Shandle90/: J. Shandle "Who will dominate the desktop in the '90s?" Electronics, Feb. 1990, 48-50, 1990
- /Trefz89/: B. Trefz, J. Ziegler "The User Interface Management System DIAMANT", erscheint in: Proc. IFIP Working Conference "Engineering for Human Computer Interaction", Napa Valley, Cal., USA, 21.-25. August 1989
- /Yankelovich88/: N. Yankelovich, K.E. Smith, L.N. Garrett, N. Meyrowitz "Issues in Designing a Hypermedia Document System" In: S. Ambron & K. Hopper (Hrsg.): Interaktive Multimedia, Microsoft Press, 1988

Adresse des Autors:

Franz Koller

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (FhG-IAO)

Nobelstr. 12

7000 Stuttgart 80