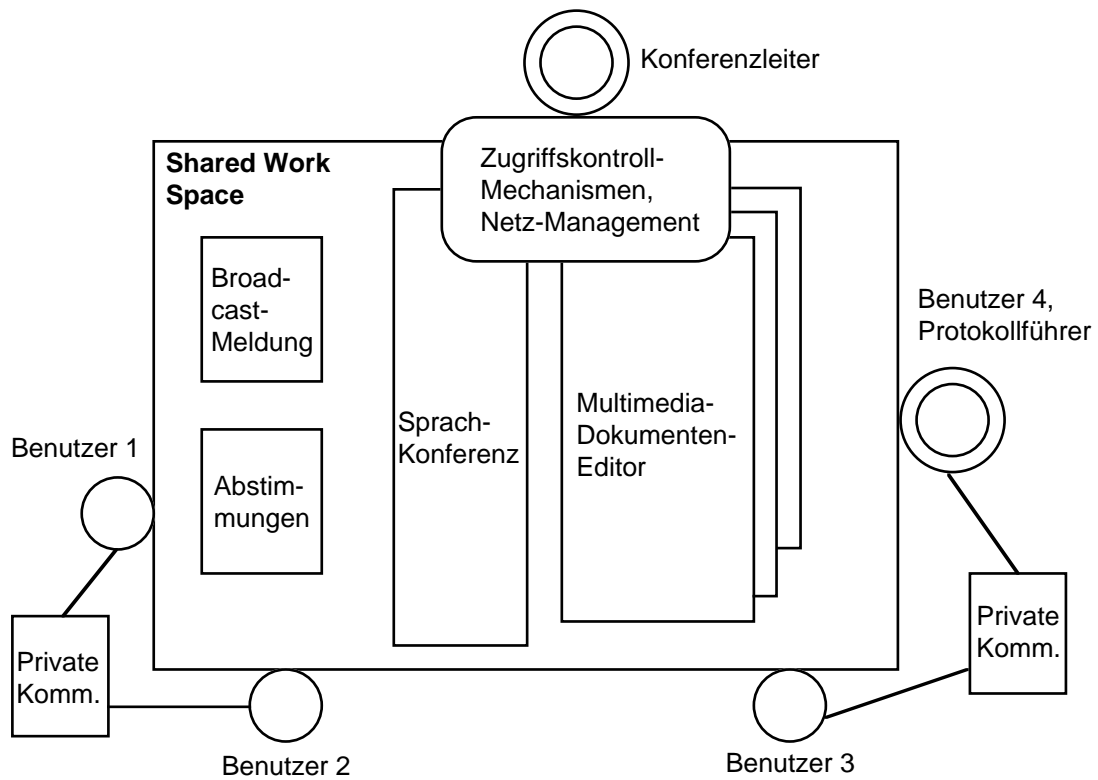


Abschlussbericht

zum ZBF-Projekt 224 Z:

MultimETH



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1. Motivation	3
1.1. Projektziele	3
1.2. Das Forschungsumfeld: CSCW	3
1.3. Relevanz und Nutzen des Projektes	4
2. Aufgabenstellung	5
2.1. Teilprojekt A: Hardware-/Software-Plattform-Erweiterung	5
2.2. Teilprojekt B: Multimedia-Mehrbenutzer-Editor	5
2.3. Teilprojekt C: ISDN-Anschluss und Sprachübertragung	6
3. Durchgeführte Arbeiten	7
3.1. Teilprojekt A: Hardware-/Software-Plattform-Erweiterung	7
3.2. Teilprojekt B: Multimedia-Mehrbenutzer-Editor	7
2.3. Teilprojekt C: ISDN-Anschluss und Sprachübertragung	8
4. Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse	9
4.1. MultimETH	9
4.1.1. Kommunikationssystem	9
4.1.2. Konferenz- und Benutzerverwaltungssystem	10
4.1.3. Dokumentenverwaltung und -konvertierung	10
4.1.4. Multimedia-Mehrbenutzer-Editor	11
4.1.5. Netzwerk-Administration und Sicherheitsaspekte	12
4.1.6. Sprachkonferenz-Einrichtung	13
4.2. Andere Arbeiten	14
4.2.1. Literatursammlung	14
4.2.2. CO-TECH	14
4.2.3. mm-II-Prototyp	15
5. Bewertung und Ausblick	16
6. Literaturhinweise	19
6.1. Externe Referenzen	19
6.2. Eigene Veröffentlichungen	20

1. Motivation

1.1. Projektziele

Das zwischen Herbst 1991 und Herbst 1993 am Institut für Technische Informatik und Kommunikationsnetze der ETH Zürich durchgeführte ZBF-Projekt 224 Z (im folgenden kurz als MultimETH-Projekt bezeichnet [ZBF 224 Z]) hatte zum Ziel, einen gebrauchsfähigen Prototyp eines multimedialen Konferenz- und Editiersystems für die Unterstützung von Arbeitssitzungen einer kleinen Zahl von Teilnehmern zu entwerfen und diesen soweit zu implementieren, dass eine Pilotnutzung des Systems möglich ist. Den Teilnehmern an einer solchen Arbeitssitzung sollte es vor allem ermöglicht werden, gemeinsam multimediale Dokumente zu bearbeiten und Sprachkommunikation zu betreiben. Es war vorgesehen, soweit wie möglich international standardisierte Dienste und Protokolle zu verwenden, insbesondere war die Übertragung von Sprache und Daten über ISDN vorgesehen. Aufgrund der begrenzten Übertragungskapazität der vorhandenen Datentransportdienste war im Rahmen dieses Projektes keine Bewegtbildkommunikation vorgesehen, jedoch sollte das System so offen gestaltet werden, dass eine spätere Einbindung neuer Medientypen möglich ist.

1.2. Das Forschungsumfeld: CSCW

Forschung im Bereich von computerunterstützter Gruppenarbeit (Computer Supported Cooperative Work, CSCW) wird erst seit dem Beginn der 80er Jahre betrieben und ist wesentlich durch steigende Benutzerbedürfnisse in diesem Bereich motiviert. Erste Konferenzen zum Thema CSCW wurden erst ab 1986 regelmässig abgehalten [CSCW 86,88,89,90,91,92]. Im Hinblick auf die steigende Anzahl von "value added services" privater und öffentlicher Dienstanbieter auf Übertragungsnetzen immer höherer Bandbreite und Qualität, wie z.B. dem ISDN-Dienst, gewinnt auch die industrielle Auswertung der Forschungsergebnisse im Bereich von CSCW zunehmend an Bedeutung. Der bislang relativ kurze Forschungszeitraum und die notwendige fächerübergreifende Kooperation von Wissenschaftlern verschiedener Bereiche (Informatik, Kommunikationstechnik, Arbeitswissenschaft etc.), auch auf internationaler Ebene, führen jedoch dazu, dass noch wesentliche Anteile an Grundlagenforschung zu leisten sind. Die Ergebnisse dieser Grundlagenforschung können für zukünftige kommerzielle Anbieter entsprechender Dienste jedoch von besonderem Interesse sein, da mit diesen Diensten insbesondere auch Benutzergruppen erreicht werden sollen, die sich nicht aus Informatikern und Kommunikationswissenschaftler, sondern aus vergleichsweise "naiven Benutzern" zusammensetzen. Fehlgeschlagene kommerzielle Produkte wie z.B. das "Picture Phone" von AT&T oder die vergleichsweise niedrige Akzeptanz von Diensten wie Videotex weisen deutlich darauf hin, dass ein Dienst, der "naive" Endbenutzer erreichen soll, gleichermassen von den Bedürfnissen und Fähigkeiten der Benutzer abhängt, und nicht nur vom technisch machbaren.

1.3. Relevanz und Nutzen des Projektes

Durch das MultimETH-Projekt haben sich innerhalb nützlicher Frist wesentliche Aspekte der angesprochenen Grundlagenforschung behandeln und anhand eines Prototyp-Systems in die Praxis umsetzen lassen. Insbesondere stellt MultimETH eine neuartige, auf international standardisierten Protokollen basierende verteilte Anwendung dar. Die ausführliche Beschäftigung mit der Definition und Implementation entsprechender normierter Dienste und Protokolle hat zum gezielten Aufbau von Know-How im Design von OSI-Anwendungen in der Schweiz beigetragen.

Das Projekt diene vordringlich nicht dem Zweck, ein marktfähiges Produkt zu entwickeln, sondern zunächst dazu, das notwendige Know-How anzusammeln, welches die schweizerische Industrie in die Lage versetzen kann, entsprechende Produkte zu entwickeln und anzubieten. Zudem wird die internationale Zusammenarbeit durch die aktive Mitarbeit der Projektmitarbeiter in internationalen Forschungsprogrammen wie COST gefördert. Auch der dadurch entstehende Austausch von Know-How kann die Situation der Schweiz im Bereich der CSCW-Forschung und -Entwicklung wesentlich stärken.

Zudem ist MultimETH eine geradezu ideale Anwendung von ISDN: ISDN ist genügend leistungsfähig für die vorgesehene Sprach- und die Datenkommunikation und ist für den Transport multimedialer Daten in Echtzeit besser geeignet, als die derzeit bestehenden Alternativen (PSDN, Mietleitungen). Durch die vorgesehene Verwendung beider B-Kanäle eines Basisanschlusses ist MultimETH auch als Demonstrationsapplikation für Swissnet gut geeignet.

Das MultimETH-System kann grundsätzlich auch für eine Pilotnutzung innerhalb von Projekten zwischen Hochschulen und PTT Verwendung finden. Mehrere mögliche Benutzergruppen sind bereits vorhanden, die bereits heute über Dienste des akademischen Hochschulnetzes SWITCH miteinander verbunden sind bzw. über öffentliche, internationale Dienste wie ISDN miteinander verbunden sein werden.

Es ist zu erwarten, dass die Verwendung des Systems Aufschluss über zukünftige Erweiterungen und Ergänzungen geben wird. Auch ist zu erwarten, dass Benutzer des Systems in der Lage sind, durch den teilweisen Ersatz persönlicher Treffen durch computergestützte Konferenzführung wertvolle Arbeitszeit zu gewinnen und diese ihren eigentlichen Arbeitsaufgaben zuzuführen.

2. Aufgabenstellung

Der ursprünglich vorgelegte Arbeitsplan umfasste drei Teilprojekte, die nachfolgend im Überblick beschrieben werden. Ausgehend von dieser Beschreibung werden in Kapitel 3 die überarbeiteten und an die während der Projektdurchführung gewonnenen neuen Erkenntnisse angepassten Arbeitspläne für die drei Teilprojekte diskutiert.

2.1. Teilprojekt A: Hardware-/Software-Plattform-Erweiterung

Der bereits vor dem Projektstart entwickelte Prototyp wurde auf einer DEC μ VaxII und auf Sun Arbeitsplatzrechnern unter Verwendung des Sun-spezifischen Fenstersystems SunView™ realisiert [Lubich 89]. Zur Erweiterung der von den erwarteten Endbenutzer-Gruppen vorwiegend verwendeten Arbeitsplatzrechner war vorgesehen, das System auch auf der Apple Macintosh™ Produktlinie unter dem UNIX™-Betriebssystem A/UX™ und dem Fenstersystem X-Windows™ zur Verfügung zu stellen. Da mittelfristig zu erwarten ist, dass sich sowohl UNIX als auch X-Windows zu weltweit akzeptierten Industrie-Standards entwickeln werden, sollte diese Integration die Möglichkeit bieten, einerseits das System einer grossen Anzahl von potentiellen Benutzern z.B. an den schweizerischen Hochschulen zur Verfügung zu stellen und andererseits zu einem späteren Zeitpunkt ohne grossen zeitlichen Aufwand auch auf anderen X-Windows-fähigen Arbeitsplatzrechnern anzubieten.

2.2. Teilprojekt B: Multimedia-Mehrbenutzer-Editor

Im bereits beim Projektstart vorhandenen Prototyp wurde der eigentliche Multimedia-Mehrbenutzer-Editor nicht realisiert. Im Teilprojekt B sollte ein entsprechender Editor entworfen und implementiert werden, der sich so eng wie möglich an normierte Dokumentenarchitekturen anlehnt. Hierfür war zunächst die Erweiterung des normierten Dokumentenarchitekturmodells ODA um Konstrukte, die die Einlagerung dynamischer Objekte sowie den gleichzeitigen Mehrbenutzerzugriff erlauben, vorgesehen. Der Editor sollte hierbei mindestens die Medientypen "Text" und "Gafik" zur Verfügung stellen. Er sollte zudem so portabel und offen gestaltet werden, dass eine Verwendung unter verschiedenen Fensterumgebungen (insbesondere unter SunView und X-Windows) sowie eine Ergänzung um andere Medientypen später möglich würde. Zusätzlich sollte es möglich sein, Dokumente oder Teildokumente, die extern vorbereitet wurden, in den Editor zu übernehmen und umgekehrt Dokumente, die mittels des Multimedia-Editors erstellt wurden, unter einem normierten Austauschformat "nach aussen" zur Verfügung zu stellen.

2.3. Teilprojekt C: ISDN-Anschluss und Sprachübertragung

Es ist zu erwarten, dass mittel- und langfristig neue, schnelle, öffentliche Datennetze zur allgemeinen Verfügung stehen werden. Einerseits muss diese Weiterentwicklung der öffentlichen Datennetze im Teilprojekt C beobachtet werden, andererseits muss das Konferenzsystem in seinen unteren Schichten so angepasst werden, dass diese neuen Dienste, von allem im WAN-Bereich, genutzt werden können. Das Teilprojekt C hat dabei zunächst die Aufgabe, den Anschluss des Konferenzsystems an den ISDN-Dienst der Schweizerischen PTT (Swissnet) zu realisieren. Aufbauend auf dem ISDN-Dienst soll in einem zweiten Schritt die Integration von Sprachübertragung sowohl zur Führung und Verwaltung einer Konferenz als auch zur Erstellung von multimedialen Dokumenten vorgenommen werden. Dies bedingt jedoch einerseits die optimale Ausnutzung der benötigten Übertragungsdienste, andererseits muss das Konferenzsystem über zusätzliche Hard- und Software verfügen. Zudem müssen diese zusätzlichen Medien in die Benutzerschnittstelle des Konferenzsystems und des Editors integriert werden. Insbesondere muss es jedoch möglich sein, die Sprachkommunikation z.B. durch Sprachmischung oder das explizite Zuteilen der Sprechberechtigung zu steuern.

Der Prototyp verwendete zunächst OSI-Protokolle in einer LAN-Umgebung (Ethernet) und über X.25 für die Datenkommunikation. Im Teilprojekt C sollte Hardware und Software entwickelt werden, welche die Daten- und Sprachkommunikation von MultimETH über ISDN ermöglicht. Hierfür war zunächst eine Anpassung der Datenkommunikationsprotokolle in den unteren Schichten des verwendeten OSI-Programmiersystems sowie die Entwicklung und Realisierung eines Konzepts für Sprachkonferenzschaltungen über ISDN vorgesehen. Eine spezielle Anforderung bestand darin, dass der gemeinsame Sprachkanal sowie die Sprechberechtigung selektiv und rechnergesteuert einzelnen Konferenzteilnehmern zugeteilt werden können sollte. Es war insbesondere geplant, einen der beiden B-Kanäle für Sprache und den anderen für die Datenübertragung zu verwenden. Für die Integration der Sprachkommunikation in MultimETH waren zudem entsprechende Änderungen und Erweiterungen an der Benutzerschnittstelle vorgesehen.

Im Verlauf des Projektes wurde dieser ursprünglich vorgesehene Forschungsplan jedoch umgestaltet und erweitert, um den während der Projektlaufzeit neu gewonnenen Erkenntnissen besser Rechnung tragen zu können. Die folgenden beiden Abschnitte beschreiben die daher die tatsächliche Durchführung des Projektes, sowie im Überblick die erreichten Ergebnisse.

3. Durchgeführte Arbeiten

Alle drei in Abschnitt 2 beschriebenen Teilprojekte wurden im Rahmen des Projektes bearbeitet, jedoch ergab sich im Verlauf der Teilprojekte der Bedarf nach Anpassung bzw. Präzisierung der ursprünglichen Aufgabenstellungen. Im folgenden werden die Abweichungen vom ursprünglichen Arbeitsplan für die drei Teilprojekte im Überblick vorgestellt und begründet.

3.1. Teilprojekt A: Hardware-/Software-Plattform-Erweiterung

Nach Evaluation einiger vorhandener Programmierumgebungen für Benutzerschnittstellen wurde die Andrew-Programmierungsumgebung zur Erstellung der Benutzerschnittstelle ausgewählt [Andrew 90]. Andrew bietet neben einem Werkzeug zum interaktiven Aufbau von Benutzerschnittstellen und zur Generierung von entsprechendem Quell-Code (Interface Builder) bereits verschiedene, über formatierten Text hinausgehende multimediale Objekte, wie z.B. Rastergraphik, Formeln, Kalkulationstabellen und eingeschränkte Animation. Da Andrew auf dem Fenstersystem X-Windows zur Verfügung steht, wurde mit dieser Entscheidung auch die Palette verwendbarer Arbeitsplatzrechner und Terminals stark erweitert. Insbesondere war es nicht mehr nötig, das gesamte MultimETH-System auf weitere Rechnertypen zu portieren, solange diese in der Lage sind, als X-Windows-Server zu fungieren [X-Windows 90]. Insbesondere wurde die Abhängigkeit des MultimETH-Projektes vom Sun-spezifischen und zukünftig nicht mehr unterstützten Fenstersystem SunView aufgehoben.

3.2. Teilprojekt B: Multimedia-Mehrbenutzer-Editor

In diesem Teilprojekt wurde zunächst die Frage der zu unterstützenden Dokumentenarchitektur untersucht. Hierbei ergab sich, dass das in Andrew realisierte Dokumentenformat nicht mit dem zunächst ins Auge gefassten standardisierten Dokumentenformat ODA verträglich ist. Im Rahmen des EXPRES-Projektes war jedoch im Rahmen internationaler Forschungszusammenarbeit u.a. ein Konverter zwischen dem Andrew-Dokumentenformat und ODA entwickelt worden [EXPRES 91]. Daher wurde im MultimETH-Projekt die Verwendung dieses Converters vorgesehen. Parallel dazu wurde im MultimETH-Projekt ein Vorschlag zur Erweiterung des ODA-Modells um zeitliche Beziehungen zwischen Dokumentteilen und deren Synchronisation erarbeitet und der entsprechenden ISO/CCITT-Arbeitsgruppe vorgeschlagen [Lubich 91b].

Kontakte mit dem für die Wartung des Andrew-Systems verantwortlichen Konsortium ergaben jedoch, dass der ODA/Andrew-Konverter im Rahmen des Andrew-Paketes nicht mehr unterstützt wird. Zudem wurden von am EXPRES-Projekt beteiligten Forschern starke Zweifel über die ODA-Kompatibilität des Converters geäußert. Da zusätzlich bekannt wurde, dass Entwicklungsarbeiten an ODA-fähigen Editoren in zwei grossen Software-Firmen eingestellt worden waren, und da zu diesem Zeitpunkt nur eine sehr kleine Anzahl, vorwiegend experimenteller,

ODA-Editoren bekannt war, wurde im MultimETH-Projekt statt der Übernahme und Erweiterung einer ODA-Konvertierung die Neuentwicklung eines Dokumenten-Konverters zwischen dem Andrew-Dokumentenformat und dem populären RTF-Format (Rich Text Format) der Firma Microsoft vorgesehen.¹ Neben der dadurch erreichten Kompatibilität einfacher Andrew-Dokumente mit dem weit verbreitete Textverarbeitungsprogramm Microsoft Word™ wurde mit diesem Schritt auch eine darüber hinausgehende “Öffnung” von Andrew-Dokumenten erreicht, da eine breite Palette von Konvertierungsprogrammen zwischen dem RTF-Format und anderen Dokumentenformaten besteht.

Gemäss dieser Aufgabenerweiterung wurden parallel der Prototyp des multimedialen Mehrbenutzer-Editors sowie der Prototyp des Andrew/RTF-Konverters entworfen und implementiert.

2.3. Teilprojekt C: ISDN-Anschluss und Sprachübertragung

Für dieses Teilprojekt war ursprünglich eine Anpassung der Datenkommunikationsprotokolle in den unteren Schichten des OSI-Modells vorgesehen. Dieser Ansatz wurde jedoch von vorneherein als problematisch angesehen, da er tiefgreifende Änderungen in der Software aller an einer Konferenz beteiligten Arbeitsplatzrechner bedingte. Als Alternative wurde die Verbindung von Arbeitsplatzrechnern durch eine transparente LAN-Kopplung auf Schicht 2 des OSI-Modells (Ethernet-Bridging) über ISDN-Terminal-Adapter und Bridges realisiert. Hierdurch waren Software-Arbeiten zur Erweiterung der verwendeten OSI-Software nicht mehr nötig.

Für die Realisierung der Sprachkonferenz wurde eine eigene, PC-basierte, Hard-/Software-Lösung vorgesehen und realisiert. Als Erweiterung zum ursprünglichen Konzept wurden sowohl analoge als auch digitale Dienstzugriffspunkte bereitgestellt, da zum Zeitpunkt des Projektstarts der Dienstübergang zwischen digitalem und analogem Telefonnetz der PTT noch nicht zur Verfügung stand. Zudem erleichterte die zuerst in Angriff genommene Realisierung des analogen Dienstzugriffspunktes das zur Realisierung der Sprachkonferenz-Einrichtung nötige Verständnis des Aufbaus des Systems.

Durch die Komplexität des durch die LAN-Kopplung via ISDN entstandenen Netzwerkes, durch die Notwendigkeit, diese Komplexität vor nicht technisch geschulten Systembenutzern zu verbergen, sowie durch Sicherheitsbedenken gegen die uneingeschränkte Öffnung von LAN-Umgebungen nach aussen, wurden der zusätzliche Entwurf und die Bereitstellung von einfachen Netzwerk-Management-Funktionen sowie von Sicherheitsmechanismen notwendig.

¹ Da für die Bereitstellung der Mehrbenutzer-Funktionalität das Andrew-Dokumentenmodell zusätzlich erweitert werden musste, war die Erstellung eines im Rahmen des MultimETH-Projektes entwickelten Konverters zwischen dem MultimETH-Dokumentenformat und einem externen Format ohnehin naheliegender, als die Erweiterung von komplexer Fremd-Software, wie dem Andrew/ODA-Konverter.

4. Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse

Gemäss den in Abschnitt 3 skizzierten Ergänzungen und Erweiterungen der Projektziele und in Absprache mit den Projektbetreuern seitens der Schweizerischen PTT wurde ein funktionsfähiger Prototyp des MultimETH-Systems entworfen und realisiert. Es entstanden im Einzelnen die folgenden funktionalen Blöcke mit der jeweils skizzierten Funktionalität:²

4.1. MultimETH

4.1.1. Kommunikationssystem

Das Kommunikationssystem von MultimETH basiert auf der Verwendung von OSI-Protokollen der Schichten 4 (Transportschicht) bis 7 (Anwendungsschicht), sowie auf der Verwendung proprietärer (TCP/IP) und standardisierter (X.25) Kommunikationsprotokolle der unteren Schichten. Zur Implementierung von MultimETH wurde das OSI-Programmpaket "ISODE" verwendet [ISODE 92].

Das Anwendungsprotokoll von MultimETH basiert auf der Verwendung des standardisierten "Remote Operations" Dienstelementes und wurde mittels der ebenfalls standardisierten abstrakten Beschreibungssprache ASN.1 beschrieben. Diese Beschreibung wird mittels eines vorhandenen Satzes von Compilern automatisch in Quell-Code zur Erzeugung und Bearbeitung entsprechender Protokolldateneinheiten der Anwendungsschicht umgewandelt. Die entworfene "protocol engine" von MultimETH wurde vollständig implementiert, und mittels eines eigens hierfür entwickelten "random walk"-Protokollvalidators auf Fehler überprüft.

Das auf diesem Protokoll aufbauende MultimETH-System ist als Client/Server-Architektur realisiert. Hierbei entspricht ein MultimETH-Server einem Konferenz-Zentrum, bei dem verschiedenen Konferenzen und Benutzer registriert sein können. Zu einem Zeitpunkt kann jeweils eine Konferenz pro Konferenz-Zentrum aktiv sein, jedoch können zu einem Zeitpunkt mehrere Konferenz-Zentren (auf verschiedenen Rechnern) aktiv sein.

² Die folgenden Abschnitte umfassen eine kurze Zusammenfassung der entstandenen funktionalen Blöcke. Die Benutzung und Administration der entsprechenden Hard- und Software-Komponenten wird in einem gesonderten Benutzer- und Administrations-Handbuch erläutert. Die Details der Implementierung werden ebenfalls in einem gesonderten Implementierungs-Handbuch diskutiert.

4.1.2. Konferenz- und Benutzerverwaltungssystem

Für jedes Konferenz-Zentrum muss es dem jeweiligen Verwalter möglich gemacht werden, den Zugriff durch Benutzer zu reglementieren. Hierbei wird zwischen dem Zugriff auf das Konferenzsystem und dem Zugriff auf einzelne Konferenzen und Dokumente im Konferenz-Zentrum unterschieden. Demzufolge existieren Mechanismen zur Benutzerverwaltung, zur Verwaltung von Konferenzen, sowie zur Zuordnung von Benutzern zu Konferenzen.

Die Vergabe von Zugriffsrechten zum Konferenz-Zentrum ist dem Systemadministrator vorbehalten und ist weitgehend ausserhalb des Konferenzsystems organisiert (durch die Verwaltung einer Benutzer-Datei, in der das Zugangskennwort sowie weitere Informationen gespeichert sind). Demgegenüber kann jeder in einem Konferenz-Zentrum registrierte Benutzer eine neue Konferenz registrieren. Es obliegt dann dem jeweiligen (pro Konferenz obligatorisch vorhandenen) Sitzungsleiter, über die Aufnahme oder Entfernung von Teilnehmern für eine gegebene Konferenz zu entscheiden. Auch hierfür sind – innerhalb des Konferenzsystems – entsprechende Operationen vorhanden. Zudem existieren Operationen, die einen Überblick über die registrierten Konferenzen sowie die Zuordnung von Teilnehmern zu diesen Konferenzen geben.

4.1.3. Dokumentenverwaltung und -konvertierung

Der Dokumentenraum eines Konferenzteilnehmers zerfällt grundsätzlich in zwei Teile, seinen privaten Dokumentenraum auf seinem Rechnersystem (Private Workspace, PWS) und den beim Konferenz-Server vorhandenen gemeinsamen Dokumentenraum (Shared Workspace, SWS). Um einem Konferenzteilnehmer sowohl einen Überblick über seinen Dokumentenraum zu geben, als auch das Bearbeiten von Dokumenten oder Dokumentengruppen zu ermöglichen, stellt das MultimETH-System eine Navigations- und Bearbeitungswerkzeug (im weiteren als "Browser" bezeichnet) zur Verfügung. Der Browser ist bezüglich seiner Anzeige hochgradig konfigurierbar (Zusatzangaben zum Dokumentnamen, wie z.B. Dokumenttyp, Besitzer, Zugriffsrechte usw. können selektiv angezeigt werden), und kann so vom Benutzer jederzeit auf seine aktuellen Bedürfnisse angepasst werden. Er erlaubt sowohl das Sichten der Dokumentenräume und das Navigieren darin, als auch die Selektion von Dokumenten oder Gruppen von Dokumenten, sowie die Ausführung von dokument-orientierten Operationen wie z.B. das Löschen, Kopieren oder Umbenennen von Dokumenten. Gleichzeitig bietet der Browser eine Schnittstelle zwischen MultimETH und der "Aussenwelt", da er im Dokumentenraum nicht nur MultimETH-Dokumente, sondern auch andere Dateien (UNIX-Files, RTF-Dateien, Verzeichnisse usw.) anzeigen und ggf. Operationen auf ihnen zur Verfügung stellen kann.

Eine wesentliche weitere Komponente der Dokumentenverwaltung besteht in der Dokumentenkonvertierung. Wie in Abschnitt 3 dargelegt, wurde die Konvertierung zwischen Andrew- und ODA-Dokumenten nicht realisiert. Stattdessen wurde eine Konvertierung zwischen Andrew-

und RTF-Dokumenten realisiert, da RTF einerseits ein weit verbreitetes Dokumentenformat ist, und andererseits eine weitere Konvertierung von RTF zu anderen Dokumentenformaten in mehreren öffentlich verfügbaren Software-Produkten bereits zur Verfügung gestellt wird (u.a. zu ODA). Mit diesem Konverter verfügt das MultimETH-System also über eine Schnittstelle zu einem potentiell sehr grossen existierenden Dokumentenraum (u.a. eine grosse Anzahl von MsWord©-Dokumenten auf Macintosh und PC oder PC-kompatiblen Systemen). Es muss jedoch bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass jede Konvertierung zwischen komplexen Dokumentenformaten aufgrund ihrer stark voneinander differierenden Konzepte zwangsläufig mit Funktionalitätsverlust – insbesondere im Fall komplexer Dokumente – verbunden ist.

4.1.4. Multimedia-Mehrbenutzer-Editor

Der MultimETH-Multimedia-Editor ist ein auf dem MultimETH-Kommunikationssystem aufbauendes verteiltes System, das sich aus einem Editor-Server und ein oder mehreren Editor-Klienten zusammensetzt. Der Editor ermöglicht das Editieren von multimedialen Dokumenten durch mehrere Teilnehmer im verteilten Dokumentenraum, sowie das Einzelplatz-Editieren von multimedialen Dokumenten im privaten Dokumentenraum. Hierbei können beliebig viele Teilnehmer zur gleichen Zeit das selbe Dokument bearbeiten. Die Synchronisierung der Zugriffe auf das gemeinsam editierte Dokument durch die Editor-Klienten wird im MultimETH-Prototyp durch explizite Reservationen von Dokumentteilen durch die Teilnehmer erreicht. Der Editor-Server ist die zentrale Instanz, welche Reservierungsanfragen bearbeitet. Eine Reservation kann beliebige, zusammenhängende Teile des Dokumentes umfassen, jedoch kann ein Teilnehmer mehrere unabhängige Reservationen in einem Dokument plazieren und bearbeiten.

Um einen Ausgleich zwischen dem Wunsch nach möglichst ungestörtem Arbeiten der Teilnehmer, und dem Wunsch der Teilnehmer nach Anzeige der jeweils aktuellen Version des gemeinsam bearbeiteten Dokumentes zu schaffen, und um eine zu starke Netzbelastung zu verhindern, wurde der Mechanismus zur Verteilung von Änderungsinformation zwischen Server und Klienten im wesentlichen benutzergesteuert implementiert. Demzufolge kann ein Benutzer zu jedem Zeitpunkt das Versenden des aktuellen Inhalts der aktuellen Reservation an alle anderen Teilnehmer veranlassen. Es ist hierbei nicht entscheidend, ob der Teilnehmer selbst Besitzer dieser Reservation ist – damit kann sowohl vom Besitzer einer Reservation als auch von allen anderen Teilnehmern auf Wunsch eine Resynchronisierung des Inhalts einer beliebigen Reservation herbeigeführt werden. Zusätzlich steht ein über einen Zeitschalter automatische ausführbarer Resynchronisationsmechanismus zur Verfügung.

Das Dokumentenmodell des MultimETH-Editors basiert im wesentlichen auf dem durch die Andrew-Programmierungsumgebung vorgegebenen Dokumentenmodell. Es war jedoch nötig, zwei zusätzliche Objekte bereitzustellen, welche den gleichzeitigen Mehrbenutzerzugriff unterstützen: das Zugriffsobjekt und das Reservationsobjekt. Ein Zugriffsobjekt enthält alle Informationen,

die die Zugriffsrechte der Teilnehmer auf das Dokument beschreiben, sowie eine Liste aller am Dokument vorgenommenen Änderungen. Ein Zugriffsobjekt wird jedem neu erstellten Multi-ETH-Dokument automatisch hinzugefügt. Ein Reservationsobjekt beschreibt eine aktuell im Dokument vorhandene Reservation. Ein Multi-ETH-Dokument kann also immer nur genau ein Zugriffsobjekt, jedoch entweder keine oder beliebig viele Reservationsobjekte enthalten.

Es ist vorgesehen, Reservationen auch zwischen Editier-Sitzungen beibehalten zu können. Es ist daher nötig, Reservationsobjekte im Dokument zu speichern. Dies wirft jedoch bei der Konvertierung in andere Dokumentenformate zusätzliche Probleme auf, da beispielsweise weder das ODA- noch das RTF-Dokumentenformat über ähnliche Funktionalität bzw. Datentypen verfügen. Es ist jedoch im Rahmen des Multi-ETH-Projektes gelungen, die Konvertierung und Rück-Konvertierung derartiger Objekte zwischen dem Multi-ETH-Format und dem RTF-Format unter Einhaltung einiger "Spielregeln" zu gewährleisten.

4.1.5. Netzwerk-Administration und Sicherheitsaspekte

Die Erweiterung der Netzwerk-Basis durch das Zuschalten von Teilnehmern über ISDN durch transparentes Ethernet-Bridging bedingt den Einsatz von zusätzlichen Komponenten (Bridges, Terminal-Adapter usw.), welche die Komplexität des Gesamtsystems zusätzlich erhöhen. Daher wurde die Bereitstellung eines Netzwerk-Management-Werkzeuges zusätzlich in das Multi-ETH-Projekt aufgenommen. Dieses Management-Werkzeug erlaubt nicht nur die Überwachung der für Multi-ETH relevanten Hardware-Komponenten, sondern erlaubt auch deren entfernte Konfiguration und Wartung. Insbesondere erschien es wichtig, diese Funktionalität innerhalb der gewohnten Multi-ETH-Benutzeroberfläche bereitzustellen, und so zu präsentieren, dass sie auch von Nicht-Netzwerk-Spezialisten verstanden und bedient werden kann.³

Als Management-Protokoll standen die Alternativen CMIP/CMIS (Common Management Information Protocol/Service durch ISO standardisiert) und SNMP (Simple Network Management Protocol, derzeitiger, auf TCP/IP basierender, Industrie-Standard) zur Verfügung. Aufgrund der Tatsache, dass für keine der verwendeten Komponenten seitens der Hersteller ein Management gemäss CMIS/CMIP vorgesehen war, wohl aber gemäss SNMP, wurde das Netzwerk-Management für den Multi-ETH-Prototyp mittels eines SNMP-Programmiersystems realisiert.

³ Grundwissen über die Aufgaben und Anwendung von Netzwerk-Management im allgemeinen und über die verwalteten Komponenten im besonderen ist jedoch für die Verwendung dieses Werkzeuges unerlässlich. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass bei weiteren Multi-ETH-Installationen identische Komponenten z.B. zur LAN-Kopplung verwendet werden, hat dieses Werkzeug – neben der Verwaltung der Multi-ETH-Referenzinstallation – auch den Charakter einer exemplarischen Lösung für derartige Management-Aufgaben.

Durch die Öffnung lokaler Netze durch die LAN-Kopplung über ISDN und aufgrund der Öffnung von Rechnern und deren Ressourcen für MultimETH-Benutzer ergab sich zusätzlich die Anforderung, diese Dienste nach Möglichkeit gegen unbefugten Zugriff abzusichern. Während der Zugriff auf das MultimETH-Konferenzsystem hinreichend durch das chiffrierte Speichern und das Abfragen des Kennwortes vom Benutzer bei dessen Anmeldung im System abgesichert war, musste sowohl für die LAN-Kopplung über ISDN als auch für die Verwendung der Sprachkonferenz-Einheit ein zusätzlicher Sicherheitsmechanismus entworfen und implementiert werden.

Der realisierte Mechanismus beruht auf der Möglichkeit der Übergabe der ISDN-Teilnehmernummer des Anrufers. Im Fall der Sprachkonferenz kann dann eine Anruferidentifikation durch einfachen Vergleich der in der Teilnehmerdatenbank gespeicherten ISDN-Teilnehmernummer vorgenommen bzw. ein entsprechender Rückruf ausgelöst werden. Erst wenn dieser Mechanismus den Teilnehmer autorisiert hat, werden Sprachdaten auf dieser Verbindung entgegengenommen bzw. ausgesandt.

Dieser Mechanismus ist für die LAN-Kopplung jedoch noch nicht genügend sicher, da das Netz nach einem erfolgten Anruf während der Authorisierungsphase bereits "offen" ist, d.h. alle Datenpakete für den Anrufer bereits lesbar sind und er bereits Pakete in das jeweils andere Netz senden kann. Die im MultimETH-Prototyp realisierte Lösung sieht daher vor, dass Anrufe über das ISDN zur LAN-Kopplung stets auf einen separaten Terminal-Adapter (TA) beim Konferenz-Zentrum erfolgen. Dieser TA, der lediglich Anrufe entgegennimmt, jedoch selbst keine Anrufe vornimmt, und der keine direkte Verbindung zum angerufenen LAN hat, lehnt den Anruf sofort ab, gibt jedoch die ISDN-Teilnehmernummer des Anrufers an das Authorisierungssystem weiter. Nach einer erfolgreichen Authorisierung gemäss der Teilnehmerdatenbank wird dann ein Rückruf über einen von mehreren anderen TA ausgelöst, der die eigentliche LAN-Verbindung erstellt. Diese TA sind so konfiguriert, dass sie prinzipiell keine Anrufe entgegennehmen, womit sichergestellt ist, dass zu keiner Zeit die Sicherheit der beteiligten LANs kompromittiert ist.

4.1.6. Sprachkonferenz-Einrichtung

Die Sprachkonferenz-Einrichtung für MultimETH wurde als eigenständige Hardware- und Software-Einheit realisiert, da vorhandene digitale Telefonzentralen nicht in der Lage sind, die für MultimETH vorgesehenen Sprachdienste genügt flexibel und einfach benutzbar anzubieten. Die entwickelte Hardware-Lösung basiert auf einem PC-basierten digitalen Signalprozessor, welcher zur Laufzeit so konfiguriert werden kann, wie es für die aktuelle Konferenz gewünscht wird. An einer Sprachkonferenz können Teilnehmer sowohl über digitale (via kommerziell erhältliche ISDN-PC-Karten) als auch über herkömmliche analoge Telefone (via im Rahmen des Projektes entwickelte analoge PC-Karten oder via den von den Schweizerischen PTT angebotenen Dienstübergang zwischen dem analogen Telefonnetz und Swissnet) teilnehmen.

Während einer Konferenz werden die ankommenden Sprachdaten über einen im Rahmen des Projektes entwickelten Multiplexer gesammelt und dem Signalprozessor zugeführt. Dort findet eine Sprachsignal-Aufbereitung gemäss der an der Benutzerschnittstelle gewählten Strategie statt. Über einen Demultiplexer werden die aufbereiteten Sprachsignale an die digitalen und/oder analogen PC-Karten und damit zu den Teilnehmern zurückgegeben.

Damit ist eine weitgehende Konfigurierung der Charakteristik der jeweiligen Sprachkonferenz (von der Vergabe des Sprachkanals durch den Sitzungsleiter bis hin zur freien Verwendung des Sprachkanals durch alle Teilnehmer gleichzeitig) auch zur Laufzeit des Systems möglich. Zudem ist es möglich, durch entsprechende Konfiguration aus einer aktiven Sprachkonferenz ohne Unterbruch mehrere Teilgruppen zu bilden bzw. diese wieder zu einer Gesamtkonferenz zusammenzuschalten.

Die eigentliche Benutzerschnittstelle der Sprachkonferenz ist das analoge oder digitale Telefon, eine enge Kopplung der Sprachkonferenz mit der Datenkonferenz in MultimETH ist nicht notwendig. Die Administrationsschnittstelle der Sprachkonferenz-Einrichtung steht dem jeweiligen Leiter einer MultimETH-Konferenz jedoch nur in seiner MultimETH-Benutzeroberfläche vollumfänglich zur Verfügung.

4.2. Andere Arbeiten

4.2.1. Literatursammlung

Im Rahmen des MultimETH-Projektes wurde eine umfangreiche und kontinuierlich weitergeführte Literaturdatenbank zu den Themenbereichen CSCW, Multimedia, Sprachkonferenz-Einrichtungen, ISDN usw. in Form einer Macintosh FileMaker©-Datei angelegt. Die Datenbank enthält zur Zeit ca. 1500 Einträge und wurde mehrmals während der Laufzeit des Projektes verschiedenen Instanzen (Projektpartner bei der Schweizerischen PTT, ausländische Forschungsgruppen) zugänglich gemacht. Eine aktuelle Version der Datenbank wird mit diesem Schlussbericht abgegeben. Auch nach Ablauf des ZBF-Projekts stehen Erweiterungen der Datenbank den Projektpartnern selbstverständlich zur Verfügung.

4.2.2. CO-TECH

Das MultimETH-Projekt war auf informeller Basis in die COST Aktion 14 der Europäischen Gemeinschaft (Collaboration Technology, CO-TECH) integriert. Mitarbeiter des Projektes arbeiteten aktiv in zwei der insgesamt sieben CO-TECH-Arbeitsgruppen mit. Im Rahmen des MultimETH-Projektes erarbeitetes Material bildet auch weiterhin eine wesentliche Diskussionsgrundlage für Aktivitäten dieser Arbeitsgruppen. Wesentliche Teile des Arbeitsberichts der CO-TECH Gruppe 3 (Multimedia-Kooperation) wurden von MultimETH-Mitarbeitern erstellt bzw. bearbeitet. Der Arbeitsbericht der CO-TECH Gruppe 3 wird mit diesem Schlussbericht abgegeben.

4.2.3. mm-II-Prototyp

Parallel zum MultimETH-Projekt wurde ein separates Werkzeug zur Unterstützung von Brainstorming, d.h. zur Beschreibung, Gruppierung und Bewertung von Ideen, als elektronisches Äquivalent zu einer multimedialen Wandtafel erstellt. Hierbei sollten mehrere Benutzer zu jeder Zeit vollen Lese- und Schreib-Zugriff auf die Objekte auf der Tafel haben. Dieses zweite Konferenzsystem ist auf einem zweiten OSI-Protokoll-Programmiersystem (DAS) aufgebaut, und erlaubt die dynamische Verteilung von Konferenzen unter Berücksichtigung der aktuellen Rechnerbelastung in einem lokalen Netz [DAS 90]. Eine Beschreibung dieses noch in Weiterentwicklung befindlichen Systems wird zusammen mit diesem Schlussbericht abgegeben.

5. Bewertung und Ausblick

Obwohl, wie in Abschnitt 3 dargelegt, eine Anpassung und Erweiterung der ursprünglich definierten Arbeitsaufgaben zur Laufzeit des Projektes vorgenommen wurde, sind für alle drei Teilprojekte die jeweiligen Arbeitsaufgaben erfüllt worden. Auch die Integration der drei Teilbereiche zu einem gebrauchsfähigen Prototyp-System wurde erfolgreich durchgeführt. Die drei wesentlichen Abweichungen, (1) die Abkehr von der Verwendung des ODA-Dokumentenmodells für den Multimedia-Mehrbenutzer-Editor, (2) die Bereitstellung eines RTF-Konverters für den Dokumentenaustausch und (3) die zusätzliche Bereitstellung eines Netzwerk-Management-Systems, sind auf während der Projektlaufzeit gewonnene neue Erkenntnisse zurückzuführen und wurden im Projekt berücksichtigt, ohne dass dies zu einer Erweiterung des Projektvolumens geführt hat. Daher kann die Durchführung des MultimETH-Projektes als erfolgreich beurteilt werden.

Aus der Durchführung des MultimETH-Projektes ergeben sich eine Reihe von technischen und konzeptionellen Erkenntnissen, die wie folgt zusammengefasst werden können:

a) Verwendung standardisierter Protokolle und Dienste

- 1) Die standardisierte Dokumentenarchitektur ODA ist wesentlich weiter von einer breiten Verwendung entfernt, als ursprünglich angenommen wurde. Insbesondere sind nur sehr wenige kommerzielle Produkte verfügbar. Ebenso sind nur sehr wenige, meist aus dem universitären Umfeld stammende, Konverter zwischen ODA und proprietären Dokumentenformaten vorhanden. Die Gründe für die mangelnde Verbreitung von ODA sind weniger im konzeptionellen Schwächen, als eher in der Komplexität, dem grossen Umfang sowie der Dauer des Standardisierungsprozesses von ODA zu suchen. Demgegenüber hat sich die Verwendung von SGML, zumindest im Verlagswesen, durchgesetzt, so dass auch der SGML-Folgestandard "HyTime" zukünftig kommerziell erfolgreicher sein wird, als die entsprechende ODA-Erweiterung HyperODA.
- 2) Die derzeit in entsprechenden Programmierumgebungen zur Verfügung stehenden OSI-Protokolle zur Verbindung offener Systeme sind durchaus verwendbar für die Realisierung eher schmalbandiger Dienste wie MultimETH, auch wenn diese Dienste über moderne graphische Benutzerschnittstellen, Audio-Dienste und komplexere Medientypen als Text verfügen. Für die Integration breitbandigerer Medientypen, insbesondere von Video-Information, sowie für die Unterstützung von isochronem Datenverkehr ist jedoch eine Umgestaltung der OSI-Protokolle in fast allen Schichten des OSI-Modells bzw. eine Überarbeitung des ursprünglichen 7-Schichten-Modells nötig.

- 3) ISDN ist gut verwendbares Transportmedium für die integrierte Sprach- und Datenkommunikation. Wichtig ist hierbei nicht nur die zur Verfügung stehende Bandbreite, sondern auch die kurze Verbindungsaufbauzeit und die Zuverlässigkeit des Dienstes. Für eine breite Akzeptanz dieses Dienstes werden jedoch auch die Tarifierung gegenüber bereits vorhandenen Sprach- und Datendiensten sowie die internationale Konnektivität ausschlaggebend sein.
- 4) Durch die z.B. über ISDN nun auch durch Endbenutzer leicht mögliche LAN-Kopplung kommt dem Netzwerk-Management sowie der Gewährleistung der Netzwerk-Sicherheit eine immer grössere Bedeutung zu. In Bereich Management ist eine klarer Vorsprung des Industrie-Standards SNMP gegenüber CMIS/CMIP festzustellen. Zukünftig müssen schlüsselfertige Management-Systeme in der Lage sein, produkt- und herstellerübergreifendes Management heterogener Netze zu gewährleisten. Im Bereich Sicherheit ist auch mittelfristig keine standardisierte oder vorherrschende Gesamtlösung zu erwarten.

b) Entwurf und Implementierung verteilter Systeme

- 5) Für den Entwurf, die Implementierung und die Validierung komplexer verteilter Systeme bzw. ihrer Protokolle stehen noch immer keine ausreichenden, integrierten Software-Werkzeuge zur Verfügung. Für die Realisierung entsprechender Projekte müssen also auch weiterhin die Software-Werkzeuge projekt-spezifisch kombiniert bzw. angepasst oder neu implementiert werden. Dieser Umstand trägt wesentlich zur Komplexität der Entwicklung und Validierung entsprechender Systeme bei.
- 6) Im Unterschied zu dem Entwicklungswerzeugen für verteilte Systeme stehen Entwurfs- und Entwicklungswerkzeuge für multimediale Benutzerschnittstellen inzwischen in den meisten entsprechenden Entwicklungspaketen mit ausreichender Funktionalität zur Verfügung. Der interaktive Entwurf und das initiale Testen von Benutzerschnittstellen durch entsprechende "Interface Builder" verkürzt die Implementierungszeit für Benutzerschnittstellen erheblich. Die automatische Code-Generierung verhindert Programmierfehler und kann die Testphase für die Benutzerschnittstelle erheblich verkürzen. Jedoch ist es meist nur schwer möglich, Konzepte, die im vorhanden "Interface Builder" nicht vorgesehen sind, nachträglich einem System hinzuzufügen.

c) Computerunterstützung für Gruppenarbeit

- 7) Weder die theoretischen Grundlagen der Unterstützung räumlich und/oder zeitlich verteilter Gruppenarbeit noch die entsprechenden Produkte sind genügend ausgereift, um einen breiten kommerziellen Einsatz zu ermöglichen. Hierbei ist wichtig, dass die Akzeptanz entsprechender Systeme nicht nur von ihrer technischen Reife, sondern wesentlich auch von sozio-/kulturellen Aspekten abhängig ist. Für spezielle Anwendungen und Benutzergruppen ist jedoch ein Einsatz entsprechender Systeme durchaus möglich.

- 8) Es wird auch langfristig nicht möglich sein, ein allgemein verwendbares CSCW-Werkzeug für alle potentiellen Benutzergruppen und Anwendungen bereitzustellen. Demgegenüber ist es jedoch auch nicht sinnvoll, für jede Anwendung ein eigenes Werkzeug zu erstellen. Eine wichtige Weiterentwicklung der praktischen CSCW-Forschung wird also darin bestehen, eine allgemeine Programmier- und Laufzeit-Umgebung für CSCW-Anwendungen bereitzustellen. Neben einer Palette hochgradig konfigurierbarer CSCW-Anwendungen muss zudem die Möglichkeit geschaffen werden, weitere Anwendungen zu definieren und in die CSCW-Umgebung einbetten zu können.
- 9) Als eine wesentliche Voraussetzung für die Schaffung der oben erwähnten CSCW-Umgebung muss Forschung im Bereich der Grundlagen von CSCW betrieben werden, insbesondere um die Kluft zwischen den Anwendungsentwicklern und den späteren Benutzern zu schliessen bzw., zu verkleinern. Während die Anwendungsentwickler meist noch im Paradigma der Einbenutzer-Anwendungen ausgebildet wurden, sind die Anwender oft kaum in der Lage, ihre Anforderungen so zu definieren, dass sie in eine hinreichend genaue Spezifikation umgewandelt werden können. Neue Entwicklungsansätze wie z.B. das "participatory design" und der iterativer Entwurf von Anwendungen können hier Abhilfe schaffen, sind jedoch noch nicht genau genug bekannt, um sinnvoll eingesetzt zu werden.

Aufbauend auf den oben dargelegten Erfahrungen und Erkenntnissen aus MultimETH ist eine Reihe von weiterführenden Arbeiten denkbar, so z.B. der Entwurf und die Realisierung eines stark erweiterten multi-medialen Mehrbenutzer-Editors, die Einbindung breitbandiger Medientypen in Arbeitsplatzrechner (z.B. "interpersonal video conferencing"), der Entwurf der oben angesprochenen CSCW-Entwicklungs- und Laufzeitumgebung, und eine erste Pilotnutzung von CSCW-Systemen z.B. für verteiltes Lernen, oder Tele-Heimarbeit für spezielle Anwendergruppen.

Für fast alle der oben genannten möglichen weiterführenden Arbeiten hat das MultimETH-Projekt bereits verwendbare Grundlagen gelegt bzw. das entsprechende Know-How bereitgestellt. Für diese erfolgreiche Durchführung des Projektes sind wir einer Reihe von Personen zu Dank verpflichtet:

Dem Projektbetreuer seitens der Generaldirektion der Schweizerischen PTT, Herrn W. Lacher, sowie Frau S. Dasser, Herrn Baumgartner und Herrn Wyss von der Generaldirektion PTT möchten wir sehr herzlich für Ihre Betreuung sowie für ihre Hilfe und Anregungen danken.

Gleichermassen dankbar sind wir Herrn Prof. B. Plattner für seine Unterstützung des Projekts, den seitens der ETH Zürich in den verschiedenen Projektphasen beteiligten Mitarbeitern Eric Baltschwiler, Christoph Burkhard, Sven Tietjen, Erik Wilde und Hannes Lubich, sowie allen Studenten, die im Rahmen von Semester- und Diplomarbeiten das MultimETH-System weiterentwickelt und verbessert haben.

6. Literaturhinweise

6.1. Externe Referenzen

- [Andrew 90] Nathaniel S. Borenstein: "Multimedia Applications Development with the Andrew Toolkit", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990
- [CSCW 86] "CSCW'86 Conference on Computer-Supported Cooperative Work", Austin, Texas, ACM Press, 1986
- [CSCW 88] "CSCW'88 Conference on Computer-Supported Cooperative Work", Portland, Oregon, ACM Press, 1988
- [CSCW 89] John M. Bowers, Steven D. Benford: "Studies in Computer Supported Cooperative Work – Theory, Practice and Design", Human Factors in Information Technology, 8, North Holland, 1991, Proceedings of The First European Conference on CSCW (E-CSCW'89), Gatwick, 1989
- [CSCW 90] "CSCW'90 Conference on Computer-Supported Cooperative Work", Los Angeles, California, ACM Press, 1990
- [CSCW 91] "E-CSCW 91: The Second European Conference on CSCW", Amsterdam, Kluwer Academic Publishers, 1991
- [CSCW 92] "CSCW'92 Conference on Computer-Supported Cooperative Work", Toronto, ACM Press, 1992
- [DAS 90] Gerald W. Neufeld, Murray W. Goldberg: "DAS: An OSI Distributed Application Service", in: Proceedings 1990 IFIP WG-6.5 Symposium on Message Handling Systems and Application Layer Communication, North Holland Publishers, Amsterdam, 1990
- [EXPRES 91] Jonathan Rosenberg, Mark Sherman, Ann Marks, Jaap Akkerhuis: "Multi-media Document Translation: ODA and the EXPRES Project", Springer-Verlag, 1991
- [ISODE 92] Marshall T. Rose, Julian P. Onions, Colin J. Robbins: "The ISO Development Environment: User's Manual", Version 8.0, 1992
- [X-Windows 90] Robert W. Scheifler, James Gettys, Jim Flowers et al.: "X window system: the complete reference to Xlib, X protocol, ICCCM, XLFD: X version 11, release 4", second ed. Bedford, MA : Digital Press, 1990
- [ZBF 224 Z] Bestellung 6561.152.2/91 zur Durchführung des ZBF-Projektes 224 Z, Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafbetriebe, Generaldirektion

6.2. Eigene Veröffentlichungen

Die Berichte der im Rahmen von MultimETH entstandenen Diplom- und Semesterarbeiten sind im Implementationshandbuch aufgeführt, da sie in der Regel eher implementationspezifische Aspekte behandeln.

- [Lubich 89] Hannes P. Lubich: "Ein Beitrag zur Konzeption eines Echtzeit-Multimedia-Konferenzsystems", ETH Zürich, Dissertationsarbeit Nr. 20 der Abteilung Informatik, Nov. 1989
- [Lubich 90a] Hannes P. Lubich: "MultimETH, a Collaborative Editing and Conferencing Project", Computer Networks and ISDN Systems, Special Issue EARN/RARE Joint Networking Conference Killarney, Ireland, Mai 1990
- [Lubich 90b] Hannes P. Lubich: "Model and Functionality Definition for the Collaborative Editing and Conferencing System MultimETH", Bericht Nr. 2 des Instituts für technische Informatik und Kommunikationsnetze, ETH Zürich, Jul. 1990
- [Plattner 90] Bernhard Plattner, Hannes P. Lubich: "A Proposed Model and Functionality Definition for a Collaborative Editing and Conferencing Facility", Proceedings of the IFIP WG 8.4 International Working Conference on Multi-User Interfaces and Applications, Heraklion, Greece, Sep. 1990
- [Lubich 91a] Hannes Lubich: "Usage of OSI Protocols and Services for the Realization of CSCW Applications - the MultimETH Example", Akademie der Wissenschaften, Berlin, Informatik Reporte 4/91, Apr. 1991
- [Lubich 91b] Hannes P. Lubich: "A Proposed Extension of the ODA Document Model for the Processing of Multimedia Documents", TriComm'91, Apr. 1991
- [Lubich 91c] Hannes P. Lubich: "On Resource Reservation Strategies in Synchronous CSCW Applications", Proceedings of the IFIP TC8/WG8.3/WG8.4 Working Conference on Support Functionality in the Office Environment, Canterbury, Kent, U.K., 9-12 Sep. 1991, North-Holland, 1991
- [Wilbur 92] Sylvia Wilbur, Hannes P. Lubich: "Computer-Mediated Communication: A Potential Tool for Organizational Change", Proceedings of INET'92 International Networking Conference, Internet Society, Jun. 1992
- [Lubich 92a] Hannes P. Lubich: "Steiniger Weg zur computergestützten Gruppenarbeit, Teil 1: Eine Übersicht über die Kommunikationsmöglichkeiten", SEV-Bulletin 17/1992, August 1992
- [Lubich 92b] Hannes P. Lubich: "Steiniger Weg zur computergestützten Gruppenarbeit, Teil 2: Funktionalität von CSCW-Systemen und Anforderungen an die Infrastruktur", SEV-Bulletin 21/1992, November 1992