

Zweitveröffentlichung



Henrich, Andreas

Reactive environments

Datum der Zweitveröffentlichung: 05.05.2025

Akzeptiertes Manuskript (Postprint), Zeitschriftenartikel

Persistenter Identifikator: urn:nbn:de:bvb:473-irb-1080430

Erstveröffentlichung

Henrich, Andreas (1998): Reactive environments, in: Wirtschaftsinformatik : WI, Wiesbaden: Springer Gabler, Jg. 40, Nr. 6, S. 538–540.

Verlagshinweis

This version of the article has been accepted for publication, after peer review (when applicable) and is subject to Springer Nature's AM terms of use, but is not the Version of Record and does not reflect post-acceptance improvements, or any corrections.

Rechtehinweis

Dieses Werk ist durch das Urheberrecht und/oder die Angabe einer Lizenz geschützt. Es steht Ihnen frei, dieses Werk auf jede Art und Weise zu nutzen, die durch die für Sie geltende Gesetzgebung zum Urheberrecht und/oder durch die Lizenz erlaubt ist. Für andere Verwendungszwecke müssen Sie die Erlaubnis der Rechteinhaberinnen und Rechteinhaber einholen.

Für dieses Dokument gilt das deutsche Urheberrecht.

Reactive Environments

Andreas Henrich

1 Einleitung

Der Grundgedanke, der hinter dem Begriff „Reactive Environments“ steht, kann relativ einfach beschrieben werden: Durch die zunehmende Verwendung von Computern und computerbasierten Systemen in fast allen Bereichen unseres Lebens, entsteht für den einzelnen Anwender ein Komplexitätsproblem. Er muß in der Lage sein, zahlreiche verschiedene Systeme parallel zu bedienen und manuell zu koordinieren, um die gewünschte Unterstützung seiner Tätigkeit zu erreichen.

Als typisches Beispiel für eine derartige Situation wird in der Literatur [CFBS97] eine Videokonferenz-Umgebung angeführt. Die Ausstattung entsprechender Räume umfaßt im allgemeinen mehrere Kameras und Monitore, um Bilder von den beteiligten Personen zu übertragen, Videorecorder um bei Bedarf zusätzliche Informationsvideos zu präsentieren und

ggf. Aufzeichnungen zu machen, Dokumentenkameras, elektronische Flipcharts, usw. Wird nun zwischen mehreren Videokonferenz-Studios eine Sitzung abgehalten, so muß auf sinnvolle Weise gesteuert werden, wer wann welche Informationen sieht und hört. In der Praxis wird dieses Problem derzeit meist dadurch gelöst, daß eine relativ einfache Voreinstellung mit geringen Modifikationsmöglichkeiten angewendet wird. Alternativ kann auch spezielles Personal eingesetzt werden, das zusätzlich zu den fachlich an der Konferenz Beteiligten mit der technischen Unterstützung betraut ist.

Um die Möglichkeiten der Studios auch ohne zusätzliches Personal besser ausschöpfen zu können, sollten die verschiedenen in der Umgebung vorhandenen technischen Systeme computergestützt in „intelligenter“ Weise zusammenwirken, um den Benutzer möglichst weitgehend von Administrationsaufgaben zu entlasten. Dazu sollte die computergestützte Arbeitsumgebung als ganzes so reagieren, wie es der Benutzer intuitiv erwarten würde, d.h. aus dem aktuellen Kontext und einem neu eintretenden Ereignis ist jeweils eine Aktion abzuleiten, die der Erwartungshaltung der Benutzer entspricht.

Nehmen wir als Beispiel eine Videokonferenz mit drei beteiligten Stellen. In dieser Konferenz sei derzeit eine Diskussi-

on im Gange, an der alle drei Stellen teilnehmen, d.h. auf den Monitoren der einzelnen Studios werden derzeit jeweils im Vollbild die Diskussionsteilnehmer in den anderen Studios gezeigt. In dieser Situation wird in einem Studio ein Dokument unter die Dokumentenkamera gelegt. Diese Kamera könnte nun diese Aktion durch Bewegungsanalyse automatisch erkennen und aus dem aktuellen Konferenzkontext ableiten, daß das entsprechende Bild in allen beteiligten Studios als Vollbild angezeigt werden soll. Um den Kontext nicht zu verlieren, könnten die Diskussionsteilnehmer in kleinen Unterfenstern auf den Monitoren weiterhin sichtbar bleiben. Die Position der Unterfenster könnte von der Dokumentenkamera durch Bildanalyseverfahren auf eine möglichst unwichtige Region des Dokumentes festgelegt werden. Damit hätte das System ohne zutun der Diskussionsteilnehmer sinnvoll auf die eingetretene Veränderung reagiert.

2 Historische Entwicklung

Als Ausgangspunkt zur Entwicklung von „Reactive Environments“ können die Gebiete „Ubiquitous Computing“ [Wei91; Wei93] und „Augmented Reality“ [Bux95; WMG93] angesehen werden. Ubiquitous Computing basiert auf der These, daß es unangemessen ist, den Zugang zu allen arbeitsunterstützenden Computerapplikationen durch einen einzigen Arbeitsplatzrechner zu realisieren. Vielmehr sollte der Zugriff über eine Vielzahl von speziell in das Arbeitsumfeld eingepaßten Geräten erfolgen. Auf diese Weise wird die Computerunterstützung einerseits „allgegenwärtig“, andererseits aber auch „transparenter“ als beim Zugriff über einen einzigen „Allzweckrechner“. Der letztgenannte Aspekt wird dabei um so besser erreicht, je nahtloser die Integration der einzelnen Geräte in die gewohnte Arbeitsumgebung gelingt.

Ein häufig angeführtes Beispiel für ein entsprechendes Endgerät ist der aktive Schreibtisch [Wei93]. Hierbei ist die Schreibtischoberfläche als Hintergrundprojektionsmonitor realisiert. Als Eingabegeräte dienen z.B. entsprechende Stifte oder auch Gesten mit den Händen, die von einer über dem Schreibtisch angeordneten Kamera registriert werden. Dabei wird betont, daß hier der Schreibtisch nicht als Metapher benutzt wird, sondern daß es sich in der Tat um einen computer-

Prof. Dr. Andreas Henrich, Fakultät Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, Professur für Praktische Informatik, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, D-96045 Bamberg, Tel.: (0951) 863-2646, Fax: (0951) 863-5646, E-Mail: andreas.henrich@sowi.uni-bamberg.de

unterstützten Schreibtisch handelt. Einer der Vorteile, die sich ergeben, ist, daß nun mehrere Benutzer an verschiedenen Orten an „demselben“ Schreibtisch arbeiten können. Stiftpositionen und Gesten von den verschiedenen Standorten können bei allen Teilnehmern der Arbeitssitzung in geeigneter Weise dargestellt werden.

Ein weiteres Beispiel, das neben dem Aspekt des „Ubiquitous Computing“ auch den Aspekt des „Ubiquitous Video“ (vgl. hierzu z.B. [BHI93]) enthält, beschreibt die Integration verschiedener Videokonferenzeinrichtungen in ein Büro [Bux95]. Um die natürliche Kommunikation möglichst authentisch nachzuempfinden, werden hier drei verschiedene Ebenen der „Videopräsenz“ oder „Telepräsenz“ ermöglicht. Zum ersten gibt es die relativ konventionelle Möglichkeit der Desktop-Videokonferenz, um das intensive gemeinsame Arbeiten am Schreibtisch zu realisieren. Zum zweiten gibt es eine Videokonferenzmöglichkeit im Bereich der Besprechungsecke, um die ortsunabhängige Teilnahme an teilweise eher informellen Besprechungen möglichst umfassend realisieren zu können. Der per Videoübertragung zugeschaltete Teilnehmer hat dabei einen „festen“ Sitzplatz am Besprechungstisch und er kann z.B. dadurch, daß er sich an seinem entfernten Standort zur Seite neigt, auch einen informellen Nebendialog mit seinem linken oder rechten „Nachbarn“ führen. Die Bewegung der Dialogpartner „zueinander“ ist gleichzeitig auch für die anderen Gesprächspartner sichtbar, um so eine „normale“ Gesprächsrunde möglichst genau nachzuempfinden. Die dritte Videokonferenzeinrichtung befindet sich an der Tür. Personen an entfernten Standorten können dadurch zunächst „an der Tür anklopfen“. Die Tür ihrerseits kann von außen sichtbar geöffnet, halboffen, geschlossen oder verschlossen sein. Klopft jemand z.B. elektronisch an eine geschlossene Tür an, so kann die Person im Raum ihn zunächst hereinlassen. Das Bild der anklopfenden Person erscheint in diesem Augenblick auf dem Bildschirm nahe der Tür. Im weiteren Verlauf kann die Person im Raum den Besucher dann mit an den Besprechungstisch bitten oder ihn auch an seinen Schreibtisch holen.

Durch die verschiedenen Ebenen der Videokonferenz wird dabei das natürliche Kommunikationsverhalten nachgebildet. Die Idee der „Reactive Environments“ kommt in diesem Szenario z.B. bei der Vi-

deokonferenz in der Besprechungsecke zum Tragen. Das System kann hier in der oben beschriebenen Weise auf Körperbewegungen der Beteiligten reagieren (wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß diese Bewegungen nicht etwa mit Hilfe von speziellen sensorbestückten Anzügen, sondern durch entsprechende Kameras und Bildanalyseverfahren wahrgenommen werden, weil anderenfalls der Grundgedanke der Transparenz verletzt würde). In Abhängigkeit von den Körperbewegungen wird dann z.B. die Lautstärke gesteuert, mit der die anderen Personen am Tisch den entfernten Teilnehmer hören. Ein anderes Beispiel wäre die Anbringung eines Sensors an der realen Zimmertür, um damit auch den Zustand der für entfernte Personen sichtbaren „elektronischen Tür“ zu steuern. Das Eingabemedium für den Computer ist dabei nicht mehr länger die Tastatur oder die Maus, sondern Gegenstände und Bewegungen des täglichen Lebens werden in konsistenter Weise interpretiert.

Da hier keine künstliche Realität aufgebaut, sondern die tatsächliche Realität durch Computer (möglichst) transparent unterstützt wird, spricht man im Gegensatz zur „Virtual Reality“ von „Computer Augmented Reality“. Die ursprüngliche Motivation für sogenannte „reaktive Umgebungen“ ergibt sich dabei aus der Tatsache, daß die Steuerung und Kontrolle der einzelnen Computeranwendungen in einem derartigen Umfeld den menschlichen Benutzer überfordern oder zumindest stark von seiner eigentlichen Aufgabe ablenken würde. Aus diesem Grund muß das System den oder die Benutzer bei der Steuerung und Kontrolle unterstützen.

3 Aspekte reaktiver Umgebungen

Um praktisch anwendbar zu sein, sollten reaktive Systeme nach [CFBS97] die folgenden Designprinzipien befolgen.

3.1 Unsichtbarkeit

Die Unsichtbarkeit der Computerunterstützung wird in der Hauptsache durch eine homogene Integration in das natürliche Arbeitsumfeld erreicht. Statt die Computerunterstützung in Form eines zusätzlichen speziellen Gerätes in das Arbeitsumfeld zu bringen, wird die gegebene Umge-

bung um neue computergestützte Funktionalitäten ergänzt. Ein typisches Beispiel für die transparente Integration computergestützter Funktionalität ist der bereits erwähnte Sensor an der Tür, der den Zustand der realen Tür erfaßt und auf die virtuelle elektronische Tür überträgt. Die Technik kann dabei natürlich nicht immer im eigentlichen Sinne unsichtbar sein. So ist sie im Falle des aktiven Schreibtischs durchaus optisch vorhanden. Sie bleibt aber „unaufdringlich“ und homogen integriert.

Insgesamt führt dieser Ansatz dazu, daß das Arbeitsumfeld eine Vielzahl von Sensoren und Ausgabegeräten enthält, die im Sinne eines verteilten Systems miteinander interagieren. Jedem Sensor entspricht ein Hintergrundprozeß, der eintreffende Ereignisse auf der Basis des aktuellen Zustands des Gesamtsystems interpretiert und ggf. entsprechende Reaktionen auslöst. Als Beispiel hierfür kann die bereits erwähnte Dokumentenkamera in einem Videokonferenzstudio dienen. Stellt der diese Kamera überwachende Hintergrundprozeß mit Hilfe von Bildvergleichen fest, daß sich das Bild von einheitlich Grau (Dokumentenablage) in ein Farbbild gewandelt hat, so kann er aufgrund der Kontextinformationen (Wer ist aktuell der Konferenz zugeschaltet? Welche Informationen werden derzeit auf den Monitoren angezeigt? ...) bestimmen, ob und in welcher Form das neue Bild den Teilnehmern präsentiert werden soll. Die „Unsichtbarkeit“ manifestiert sich somit einerseits in der homogenen Integration der Geräte in die natürliche Arbeitsumgebung und andererseits in den automatischen, den Benutzererwartungen entsprechenden Reaktionen des Systems auf Zustandsänderungen.

3.2 Möglichkeit des manuellen Überschreibens

So angenehm die Vision eines Systems, das automatisch alle Benutzerwünsche antizipiert, auch sein mag, so offensichtlich ist auf der anderen Seite, daß ein solches System in speziellen Situationen auch mit dem eigentlichen Benutzerwunsch in Konflikt geraten kann.

Das System muß daher ein manuelles Überschreiben der automatisch vorgegebenen Reaktion des Systems erlauben. Wichtig ist dabei, daß auch der Mechanismus zum manuellen Überschreiben ho-

mogen in die Umgebung integriert ist und sich einfach bedienen läßt. Für das beschriebene Videokonferenz-Szenario wird in [CFBS97] vorgeschlagen, bei allen Eingabe- und Ausgabegeräten kleine Sensoren für einen Laserpointer anzubringen. Eine gewünschte Ein-/Ausgabebeziehung wird dann durch Zeigen auf die Quelle und anschließendes Zeigen auf das Ziel hergestellt. Um einzelne Ein- oder Ausgabegeräte abzuschalten, kann man als Quelle oder Ziel auch einen symbolischen Mülleimer verwenden. Ferner werden für die externen Geräte lokale Platzhalter benötigt.

Aufgrund des Anspruchs der homogenen Integration in das konkrete Umfeld läßt sich leider kein allgemeines Prinzip für Mechanismen zum manuellen Überschreiben angeben. Offensichtlich stellt damit gerade dieser Aspekt eine große Herausforderung für den Systementwickler dar.

3.3 Rückmeldung an die Benutzer

Wenn die Benutzer die meisten Aktionen des Systems nicht direkt, sondern nur indirekt steuern, ist es für die Akzeptanz des Systems wichtig den Benutzern aussagekräftige Rückmeldungen zu geben. Zusätzlich können diese Rückmeldungen im Falle eines Systemfehlers bei der Erkennung des Fehlers und der Ermittlung der Fehlerursache hilfreich sein.

Eine Möglichkeit für derartige Rückmeldungen bilden kurze Audiosignale. Ferner kann jedem Teilnehmer an einer Videokonferenz z.B. in einem kleinen Teilbild angezeigt werden, wie er derzeit von den anderen Teilnehmern gesehen wird.

Auch für die Rückmeldungen an die Benutzer gilt aber, daß eine homogene Integration in das Umfeld keineswegs trivial ist. Zuviel Rückmeldung oder Rückmeldungen in ungeeigneter Form bedingen, daß die Anforderung der Unsichtbarkeit nicht erfüllt werden kann. Auf der anderen Seite muß aber der aktuelle Status des Systems und die jeweilige Systemreaktion für alle Teilnehmer offensichtlich und nachvollziehbar sein.

3.4 Anpaßbarkeit

Wenn gefordert wird, daß sich das System automatisch so verhalten soll, wie der Be-

nutzer dies erwartet, dann muß man auf der anderen Seite auch berücksichtigen, daß verschiedene Benutzer durchaus unterschiedliche Reaktionen erwarten können. Ferner kann sich auch die Erwartungshaltung eines Benutzers im Laufe der Zeit ändern. Daher sollte sich das System verschiedenen Benutzern anpassen können und lernfähig sein. Hat z.B. ein Benutzer in den beiden vorhergehenden Videokonferenzen immer dann, wenn über die Dokumentenkamera Informationen gezeigt wurden, das Licht etwas abgedunkelt, so könnte das System dies beim nächsten mal automatisch tun. Diese Art der Systemanpassung wird auch mit „Programming by Example“ bezeichnet [Mye88].

4 Einschätzung und zukünftige Entwicklungslinien

Will man den Bereich „Reactive Environments“ in den Kanon der bekannten Forschungsrichtungen einordnen, so bietet sich eine Positionierung zwischen den Bereichen „Künstliche Intelligenz“ und „Benutzungsschnittstellen“ an, da die meisten der oben angegebenen Designprinzipien die Anwendung von Techniken aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz auf das Design und die Entwicklung von Benutzungsschnittstellen nahelegen.

Dabei stellt das Konzept der reaktiven Umgebung eine signifikante Abkehr von den Prinzipien dar, denen heutige Systeme gehorchen: Im Laufe der Entwicklung der Arbeitsplatzrechner wurde immer versucht, auf dem Rechner den hergebrachten Arbeitsplatz zu simulieren. Dazu wurden zahlreiche Metaphern aus dem Büroalltag in Software nachgebildet. Die Entwicklungslinien des „Ubiquitous Computing“ und der „Reactive Environments“ drehen diese Entwicklung um. Statt immer mehr Tätigkeiten vom realen Büroumfeld in den Computer zu verschieben, wird Computertechnologie genutzt, um die herkömmlichen Arbeitsgegenstände in ihrer Funktionalität zu erweitern.

Natürlich setzt eine derartige Entwicklung weiter rapide fallende Preise für Hardwarekomponenten voraus, denn die Konzentration der verschiedenen Softwaresysteme auf einen einzigen Arbeitsplatz-

rechner hatte ja nicht zuletzt auch ökonomische Gründe.

Es ist sicher ratsam, die oben skizzierten Zielsetzungen reaktiver Umgebungen bei der Systementwicklung zu beachten. Es wird dabei einige Systeme geben, bei denen diese Gedanken ein vollständig verändertes Systemdesign nahelegen. Es wird aber auch zahlreiche Anwendungen geben, bei denen sich die beschriebenen Zielsetzungen nur im Sinne kleinerer evolutionärer Modifikationen niederschlagen, zumal die Fragen, welche Ein- und Ausgabegeräte sinnvoll (und zu angemessenen Preisen verfügbar) sind, oder wie ein manuelles Überschreiben automatischer Systemreaktionen realisiert werden kann, nur im konkreten Kontext beantwortet werden können.

Zusammenfassend bleibt als Herausforderung für alle System- und damit „Umgebungsgestalter“ die Anforderung, neue Systeme möglichst homogen und unaufdringlich in bewährte (und nicht in durch die bisherigen technologischen Unzulänglichkeiten erzwungene) Arbeitsabläufe und -umgebungen einzufügen.

Literatur

- [BH193] *Bly, Sara A.; Harrison, Steve R.; Irwin, Susan*: Media Spaces: Bringing People Together in a Video, Audio, and Computing Environment. In: Communications of the ACM 36 (1993) 1, S. 28-47.
- [Bux95] *Buxton, William*: Living in augmented reality. In: Ontario Telepresence Project – Final Report, Information Technology Research Centre, Telecommunications Research Institute of Ontario, März, 1995.
- [CFBS97] *Cooperstock, Jeremy R.; Fels, Sidney S.; Buxton, William; Smith, Kenneth C.*: Reactive Environments – Throwing away your keyboard and mouse. In: Communications of the ACM 40 (1997) 9, S. 65-73.
- [Mye88] *Myers, Brad A.*: Creating User Interfaces by Demonstration. Academic Press, San Diego, USA, 1988.
- [Wei91] *Weiser, Mark*: The Computer for the Twenty-First Century. In: Scientific American 265 (1991) 3, S. 94-104.
- [Wei93] *Weiser, Mark*: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. In: Communications of the ACM 36 (1993) 7, S. 75-84.
- [Wel93] *Wellner, Pierre*: Interacting with Paper on the Digital Desk. In: Communications of the ACM 36 (1993) 7, S. 87-96.
- [WMG93] *Wellner, Pierre; Mackay, Wendy E.; Gold, Rich (Hrsg.)*: Computer-Augmented Environments: Back to the real world. Special Issue of the Communications of the ACM 36 (1993) 7.