

Unterstützung der klinischen Kooperation durch Workflow-Management-Systeme - Anforderungen, Probleme, Perspektiven

K. Kuhn¹, M. Reichert¹, P. Dadam¹

Einleitung

Die ärztliche und pflegerische Tätigkeit in der Klinik ist durch zeitaufwendige medizinisch-organisatorische Aufgaben von beträchtlichem Ausmaß belastet. Untersuchungen müssen geplant und vorbereitet, Termine vereinbart und Befunde gesammelt bzw. gewertet werden. Die hierbei notwendige Koordination von Abläufen zwischen Stationen, Ambulanzen und Funktionsbereichen bzw. Fachabteilungen wird durch heutige Krankenhausinformationssysteme nicht in ausreichendem Maß unterstützt: Typische alltägliche Probleme sind Rückfragen, zeitraubende Telefongespräche und Terminverschiebungen, fehlende Vorbefunde, möglicherweise auch Doppeluntersuchungen.

Einer der Gründe für die unzureichende EDV-Unterstützung von Abläufen liegt darin, daß die Implementierung von Lösungen mit Hilfe konventioneller Programmiermethoden zu komplexen Programmen führen würde, die schwer zu validieren, zu warten und an organisatorische oder funktionale Änderungen anzupassen sind. Diese Komplexität liegt vor allem darin begründet, daß der Informations- und Kontrollfluß („wer ist zu welchem Zeitpunkt wofür verantwortlich?“) einschließlich Fehlerbehandlung im Programmcode versteckt und „hartverdrahtet“ ist.

Workflow-Management-Systeme [4] bieten hier einen vielversprechenden Ansatz. Viele dieser Systeme erlauben es, unabhängig von der Implementierung des eigentlichen Anwendungscodes den Daten- und Kontrollfluß eines Ablaufes zu spezifizieren, zu analysieren und mit Hilfe von Animation zu validieren. Hierdurch wird die Programmentwicklung und sogar die Integration existierender Module erheblich vereinfacht. Darüber hinaus sind die Systeme zur Laufzeit in der Lage, Abläufe zu koordinieren und zu überwachen, wodurch der Endanwender direkt profitieren kann.

Im folgenden arbeiten wir in der klinischen Routine bestehende Anforderungen an Workflow-Management-Systeme heraus und stellen sie ausgewählten existierenden Systemen gegenüber.

Anforderungen

In Krankenhäusern lassen sich zahlreiche medizinisch-organisatorische Abläufe identifizieren. Sie bestehen aus wiederkehrenden Ketten einzelner Schritte, die häufig von verschiedenen Personalgruppen (z.B. Pflegepersonal und Ärzte) und verschiedenen Einheiten (z.B. Station, Ambulanz, Untersuchungsstelle) ausgeführt werden. Ein Beispiel ist der *eine Untersuchung begleitende Zyklus*, der von der Untersuchungsanordnung (auf Station) über die Anforderung und die Terminvereinbarung (zwischen Station und Untersuchungsstelle) hin zur Untersuchung und weiter zur Befundrückmeldung reicht.

¹ Universität Ulm

Ausnahmen von „normalen“ Abläufen sind häufig, beispielsweise kommt es vor, daß eine Intervention auch ohne die ansonsten übliche Terminvereinbarung notfallmäßig sofort durchgeführt wird. Terminverschiebungen, Absagen oder Wiederholungen führen zu Änderungen in vormodellierten Ablaufplänen. Schritte oder Folgen von Schritten müssen evtl. wiederholt, geändert oder weggelassen werden, im Falle einer Absage müssen evtl. Termine gelöscht werden. Falls eine anfordernde Stelle (z.B. eine Station) nachträgliche Änderungswünsche hat, muß es möglich sein, die Kontrolle über den Ablauf zurückzugewinnen. Die Behandlung solcher Ausnahmen betrifft verschiedene Ebenen: die Modellierungsebene, die Programmierung von Diensten [6] (Beispiel: Datenversorgung von Eingabeparametern), die Programmierung von Endanwendungen und den Endbenutzer, der nicht mit der Behandlung der auftretenden Probleme wie Rückgängigmachen oder Wiederaufsetzen belastet werden sollte. Mechanismen zur Vormodellierung von Ausnahmen und zur Behandlung unerwarteter „echter“ Ausnahmen sollten zur Verfügung gestellt werden.

Typisch für die Krankenhausumgebung ist auch die Forderung, Abläufe rasch und einfach an funktionale oder organisatorische Änderungen *anzupassen*.

Korrektheit und *Zuverlässigkeit* sind für Informationssysteme im klinischen Bereich absolut essentiell. Hierzu müssen nicht nur die erwähnten Ausnahmen sicher behandelt werden, es sind auch grundlegende Aspekte wie konkurrierende Datenzugriffe sowie Fehler- und Ausfallsicherheit zu beachten. Im Falle eines Fehlers oder Abbruchs eines Ablaufes muß die Konsistenz gesichert werden. Dies erfordert u.U. Abbrechen und Rückgängigmachen von Schritten einschließlich Wiederaufnahme und Fortsetzung.

Die Möglichkeit einer *Überwachung* der Workflows *zur Laufzeit* muß gegeben sein, um Probleme auf verschiedensten Ebenen (z.B. Netzwerkausfall, Programmfehler oder ausbleibende Benutzerinteraktion) erkennen und behandeln zu können. Dies gilt umso mehr, wenn verschiedene, heterogene Programmodule mit Hilfe von Workflow-Management-Systemen integriert werden, wobei die Gesamtsicherheit natürlich stark von diesen Modulen abhängt.

Sowohl unter dem Gesichtspunkt der Überwachung der Programmodule als auch unter dem Aspekt der Ablaufsteuerung sind Möglichkeiten zur *Spezifikation zeitlicher Abhängigkeiten* notwendig. Bei System- oder Netzausfällen sowie bei fehlender Reaktion eines Endbenutzers ist die Angabe einer Maximaldauer für einzelne Schritte zusammen mit der Bereitstellung geeigneter Maßnahmen sinnvoll. Darüber hinaus sind aber auch Mindest- und Höchstzeiten zwischen einzelnen Schritten von Bedeutung. Abhängigkeiten können innerhalb eines Ablaufes (z.B. rechtzeitige Erstellung eines Befundes nach der Untersuchung) vorkommen. Häufig ist aber auch das Auftreten von *Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Abläufen*. Typischerweise laufen bei der Diagnostik und Therapie für einen Patienten gleichzeitig mehrere Zyklen der skizzierten Art ab, die systemseitig Workflow-Instanzen entsprechen. Hier sollten *Zyklus- bzw. Workflow-übergreifend* zeitliche Bedingungen sowie indizierte Reihenfolgen berücksichtigt werden. Dies kann bedeuten, daß vormodellierte Abläufe modifiziert oder sogar dynamisch neue Abläufe generiert werden müssen.

Schließlich sind in klinischen Umgebungen *kurze Systemantwortzeiten* gefordert.

Existierende Systeme und Probleme

Die beschriebenen Anforderungen wurden als Meßplatte an existierende Systeme angelegt. Hierbei wurden exemplarisch drei hochentwickelte Systeme und ein weiter verbreitetes preisgünstiges System herangezogen.

Systemcharakterisierung

Mehrere Charakterisierungen von Workflow-Management-Systemen wurden vorgeschlagen. Aus Anwendungssicht ist folgende Unterscheidung üblich [4]: *Ad hoc Workflows* unterstützen schwach strukturierte (Büro-) Prozesse, wobei die Koordination und letztlich auch Spezifikation zur Laufzeit und durch den Anwender erfolgt; *administrative Workflows* beinhalten bereits Koordinierungsregeln zur Automatisierung von Informationsprozessen niedriger Komplexität; *Produktions-Workflows* schließlich beziehen sich auf komplexe Prozesse, deren Ablaufsteuerung die Struktur der Workflow-Daten nutzt; sie können den Zugang zu verschiedenen Informationssystemen beinhalten.

Aus technischer Sicht sind zunächst *nachrichtenorientierte Systeme* zu nennen, die weniger komplexe Aufgaben, insbesondere ad hoc Workflows, unterstützen. Sie ermöglichen keine explizite Spezifikation von Abläufen und keine systemseitige Ablaufsteuerung; wir werden sie deswegen hier nicht weiter betrachten. *Dokumentenbasierte Systeme* erlauben eine explizite Ablaufspezifikation, bei vielen Systemen wird auch eine Ablaufüberwachung angeboten. Sie sind für administrative Workflows gut geeignet und konzentrieren sich primär auf die Verwaltung von Dokumenten, wobei der Ablaufplan und die Dokumente sich in einer elektronischen Umlaufmappe befinden, die zwischen den involvierten Parteien ausgetauscht werden kann. *Prozeßorientierte Systeme* unterstützen komplexe Abläufe, in die multiple Anwender und Systeme einbezogen werden können. Sie erlauben im Gegensatz zu dokumentenbasierten Systemen auch den direkten Austausch komplexer strukturierter Daten.

Analyse von vier Systemen

Im folgenden werden wir Lotus Notes [9] und IABG ProMInanD [5, 10] als Vertreter der dokumentenbasierten, IBM FlowMark [7,8] und LION/LEU [1] als prozeßorientierte Systeme exemplarisch näher betrachten.

Notes ist hierbei das am wenigsten komplexe System. Es ist als preisgünstiges System zur verteilten Dokumentenbearbeitung einzustufen, das Möglichkeiten für die Manipulation von teilstrukturierten Formularen samt ihrem Inhalt anbietet. Aktionen auf den Formularen (erzeuge, speichere, finde, zeige, versende Formular) können durch den Anwender und durch den Formularinhalt getriggert werden. ProMInanD ist ein komplexer Vertreter derselben (dokumentenbasierten) Systemkategorie. Die Navigation elektronischer Umlaufmappen basiert auf einer graphischen Ablaufbeschreibung und einer Abbildung organisatorischer Strukturen. Ausnahmebehandlung und Transaktionsverwaltung werden unterstützt. FlowMark und LEU sind Beispiele für mächtige Systeme der prozeßorientierten Kategorie. Sie bieten graphische Modellierungssprachen, Animationsoptionen zur Visualisierung von Abläufen sowie Mechanismen zur Laufzeitüberwachung; außerdem werden Transaktionen zumindest konzeptionell unterstützt. Im folgenden werden wir unsere Anforderungen im Kontext dieser vier Systeme betrachten.

Die *Ablaufmodellierung* muß in Notes implizit über Formulare (im medizinischen Kontext: Anforderung, Befundung etc.) vorgenommen werden. Den Formularen werden Regeln zugeordnet, die den Austausch und den Lauf der Formulare steuern. Hierdurch können medizinische Abläufe bereits abgebildet werden, wobei die mögliche Komplexität selbstverständlich eingeschränkt bleiben muß. Die anderen Systeme besitzen Modellierungssprachen, beispielsweise basierend auf verallgemeinerten Petri-Netzen [1]. Der Kontrollfluß kann explizit modelliert und analysiert werden. FlowMark und LEU lassen auch die explizite Modellierung des Datenflusses zu. Allerdings ist der Programmierer für die korrekte Zuordnung von Ausgabe- zu Eingabeparametern innerhalb eines Ablaufs verantwortlich. *Anpassungen* an funktionale und organisatorische Änderungen werden durch die Option, die Ablaufspezifikation von den Implementierungen zu trennen, erleichtert.

ProMInanD bietet für die *Ausnahmebehandlung* (beispielsweise Überspringen von Schritten, Zurückgeben einer Umlaufmappe, Rückgängigmachen von Schritten, evtl. mit Backward-Forward Recovery) für den Endanwender eine dynamische Unterstützung. Unter FlowMark kann ein Schritt übersprungen werden, wobei mögliche Konsequenzen (z.B. fehlende Daten) vom Anwendungsprogrammierer behandelt werden müssen. Prinzipiell können die Abläufe für Ausnahmefälle in allen vier Systemen explizit vormodelliert werden, wobei aber eine nicht unerhebliche Komplexität für den Modellierer anfällt.

FlowMark, ProMInanD und LEU unterstützen eine *Überwachung von Abläufen*, wobei die Teilnehmer über den Stand von Abläufen informiert werden und Arbeitslisten angelegt werden können. Außerdem können einfache Zeitbedingungen (Maximaldauer eines Schrittes oder Ablaufs) eingefügt werden.

Eine *dynamische Modifikation* von Abläufen ist bis zu einem gewissen Grad möglich. Bei ProMInanD existiert die Option, durch den Endbenutzer neue Schritte oder sogar Abläufe einzuführen bzw. zu spezifizieren. Notes läßt prinzipiell zu, dynamisch Formulare hinzuzufügen. Komplexe Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Workflows können nicht ausgedrückt werden.

Um - etwa bei Abbrüchen - die *Konsistenz* zu sichern, werden in ProMInanD Sagas eingesetzt [11]. Für FlowMark wurde ein Transaktionskonzept vorgestellt, für LEU ist ein Transaktionskonzept vorgesehen. Komplexe Kontrollsphären, die dann benötigt werden, wenn die Kompensationsmöglichkeit vom Zustand des Ablaufs abhängt (z.B. keine Absagemöglichkeit nach einem bestimmten Zeitpunkt), werden derzeit nicht unterstützt.

Mehrere *bekannte Probleme* [4] müssen hinzugefügt werden. Die Performanz existierender Systeme läßt vor allem für eine unternehmensweite Anwendung zu wünschen übrig. Die Integration heterogener verteilter Systeme wird unzureichend unterstützt. Die Arbeiten an einer Interoperabilität von Workflow-Management-Systemen stehen derzeit erst am Anfang.

Perspektiven

Die Notwendigkeit einer Koordination medizinischer Abläufe und der Einsatz von Methoden der betrieblichen Ablaufsteuerung wird zunehmend betont [2,3,6,10]; hier bieten sich mit den Werkzeugen aus dem Bereich des Workflow-Management interessante Perspektiven. Trotz der beschriebenen klaren Limitationen, etwa bei der Behandlung von Ausnahmen und bei dynamischen Aspekten sowie bei der schwachen Performanz im klinikweiten Einsatz, ergibt unsere Gegenüberstellung erste vielversprechende Ansätze. Es resultieren Aufga-

ben in zweierlei Hinsicht: Existierende Workflow-Management-Systeme müssen weiterentwickelt werden, wobei Middleware-Technologien (z.B. TP-Monitore) und Verteilungsplattformen (z.B. OSF/DCE/DME, OMG/CORBA) von Bedeutung sein werden; die zentrale Forderung aus dem klinischen Umfeld ist sicher die nach einer Erhöhung der Flexibilität. Daneben lohnt es zu klären, inwieweit existierende Workflow-Management-Systeme nicht schon in umrissenen Teilbereichen eine wirksame Unterstützung klinischer Abläufe ermöglichen. Insgesamt kann die Klinik als ausgezeichnete Herausforderung und auch Testumgebung für die Funktionsfähigkeit und den praktischen Nutzen betrieblicher Informationssysteme eingestuft werden.

Danksagung

Wir bedanken uns für die freundliche Unterstützung bei F. Leymann (IBM Böblingen), A. Hentschel (IABG Ottobrunn), B. Holtkamp, W. Deiters, R. Adomeit und N. Weisenberg (Fraunhofergesellschaft, ISST Dortmund).

Literatur

1. Dinkhoff, G.; Gruhn, V.; Saalman, A.; Zielonka, M.: Business Process Modeling in the Workflow Management Environment LEU. In: Loucopoulos, P. (ed.): Proc 13th Int Conf ER Approach 1994. Springer LNCS 881, 46-63.
2. Frandji, B.; Schot, J.; Joubert, M.; Soady, I.; Kilsdonk, A: The RICHE Reference Architecture. Med Inform 19, 1994, 1-11.
3. Gangopadhyay, D: An Object-Based Approach to Medical Process Automation. In: Safran, C (ed.): Proc 17th SCAMC 1993, 507-511.
4. Georgakopoulos, D.; Hornick, M.; Sheth, A: An Overview of Workflow Management: From Process Modeling to Workflow Automation Infrastructure. Distributed and Parallel Databases 3, 1995, 119-153.
5. Karbe, B.; Ramsperger, N.; Weiss, P: Support of Cooperative Work by Electronic Circulation Folders. In: Lochovsky, F.; Allen, R (eds.): Proc Conf Office Inf Sys. Cambridge MA: SIGOIS Bulletin 1990, 11, 109 -117.
6. Kuhn, K.; Reichert, M.; Nathe, M.; Beuter, T.; Dadam, P: An Infrastructure for Cooperation and Communication in an Advanced Clinical Information System. In: Ozbolt, J. (ed.): Proc 18th SCAMC 1994. JAMIA 1, 519-523.
7. Leymann, F: Supporting Business Transactions via Partial Backward Recovery in Workflow Management Systems. Dresden: Proc BTW 1995.
8. Leymann, F.; Altenhuber, W: Managing Business Processes as an Information Resource. IBM Systems Journal 33, 1994, 326-48.
9. Orfali, R.; Harkey, D: Client/Server Survival Guide. New York: Van Nostrand Reinhold 1994.
10. Patil, R. S.; Silva, J. S.; Swartout, W. R: An Architecture for a Health Care Provider's Workstation. Int J Bio-Med Comp 34, 1994, 285-299.
11. Vogel, P.; Erfle, R: Backtracking Office Procedures. In: Toja, A.; Ramos, I. (eds.): Proc Int Conf Database and Expert Systems Appl. NY: Springer 1992, 506-511.