

Herausforderungen auf dem Weg zu datenorientierten Prozess-Management-Systemen

Vera Künzle und Manfred Reichert

Institut für Datenbanken und Informationssysteme, Universität Ulm
{vera.kuenzle,manfred.reichert}@uni-ulm.de

Zusammenfassung

Workflow-Management-Systeme (WfMS) sind mittlerweile mächtige Werkzeuge für die computerunterstützte Ausführung von Geschäftsprozessen. Letztere können unabhängig von spezifischen Anwendungen modelliert, ausgeführt und überwacht werden. Trotzdem existieren auf dem Software-Markt noch zahlreiche Anwendungen mit im Code fest verdrahteter Prozesslogik. Die Ursache dafür, dass konventionelle WfMS bei der Entwicklung prozessorientierter Anwendungen noch nicht die erhoffte Verbreitung erfahren haben, ist zum einen auf ihre Architektur und zum anderen auf ihr aktivitätsorientiertes Paradigma zurückzuführen. Die Verwaltung von Anwendungsdaten erfolgt, außerhalb des WfMS, d.h. innerhalb der eingebundenen externen Applikationen. Geschäftsprozesse und Geschäftsdaten können jedoch nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, sondern Prozessmodelle sollten in Analogie zur Datenstruktur definiert werden können. Des Weiteren sind die in WfMS fest vorgegebenen Kontrollstrukturen zu starr für die Ausführung datenorientierter Prozesse. Der Fortschritt eines Prozesses ist hier nicht primär abhängig von bereits ausgeführten Aktivitäten, sondern von Änderungen der Attributwerte innerhalb der Anwendungsobjekte. In diesem Artikel fassen wir die charakteristischen Eigenschaften von daten- und prozessorientierten Anwendungen zusammen, die wir anhand verschiedener Fallstudien gesammelt haben. Wir zeigen, in wie weit konventionelle WfMS diesen Herausforderungen gewachsen sind. Auf dieser Basis leiten wir die Anforderungen ab, die eine generische Komponente zur Unterstützung datengetriebener Prozesse mit einer integrierten Sicht auf Prozesse und Daten, erfüllen sollte.

1 Motivation

Derzeit existieren auf dem Software-Markt viele spezifische Anwendungen (z.B. ERP-, CRM- oder SCM-Systeme) zur Verwaltung und Bearbeitung von Daten für verschiedene Unternehmensbereiche. Diese datenorientierten Software-Systeme bieten dem Benutzer, neben einem Zugang zu Geschäftsinformationen, oftmals eine engintegrierte Sicht auf die zugehörigen Prozesse. Die unterstützten Prozesse sind stark wissensintensiv und erfordern häufige Benutzerentscheidungen. Des Weiteren ist die entsprechende Anwendungssoftware auf die Bearbeitung großer Datenmengen ausgerichtet, und stellt dazu ein großes Funktionsspektrum für den jeweiligen Aufgabenbereich zur Verfügung. Als Basis zur Speicherung der Informationen wird typischerweise eine (objekt-)relationale Datenbank verwendet. Ein großes Manko entsprechender Anwendungssoftware ist jedoch die feste Verdrahtung der Prozesslogik im Anwendungscode. Die Vermischung der fachlichen Logik mit dem Anwendungscode macht diesen komplex und nur schwer wartbar. Hieraus resultieren lange Entwicklungszeiten und damit hohe Kosten bei späteren Anpassungen der Software. Hinzu kommt die oftmals redundante Streuung der Prozesslogik im Code, welche vielfach zu unerwünschten Seiteneffekten und Inkonsistenzen bei Änderungen führt. Dadurch ist die Anwendungssoftware sehr fehleranfällig und erfordert hohe Testaufwände, was wiederum die Entwicklungskosten in die Höhe treibt.

Workflow-Management-Systeme (WfMS) bieten in diesem Zusammenhang vielversprechende Perspektiven [RD00] [AH04]. Mit ihrer Hilfe können Prozesse unabhängig von spezifischen Anwendungen modelliert, ausgeführt und überwacht werden. Trotzdem haben WfMS bisher noch nicht die erhoffte Verbreitung bei der Entwicklung prozessorientierter Anwendungssoftware erfahren. Die derzeit auf dem Markt verfügbaren WfMS wie die AristaFlow BPM Suite, Staffware und der WebSphere Process-Server sind zwar ein Schritt in die richtige Richtung, die technologische Reife für die Realisierung der Prozesse in datenorientierten Anwendungen ist jedoch noch nicht voll erreicht.

Wir zeigen nachfolgend, warum konventionelle WfMS datenorientierte Anwendungen noch nicht hinreichend unterstützen können. Dazu haben wir die Charakteristika dieser Anwendungen systematisch untersucht und fassen diese in der Folge zusammen. Auf Basis dieser Erkenntnisse beschreiben wir, welche Art der Systemunterstützung man hinsichtlich einer generischen Komponente für datenorientierte Prozesse, mit integrierter Sicht auf Prozesse und Daten, benötigt.

Zur besseren Differenzierung eines solchen Systems von herkömmlichen WfMS, sprechen wir in der Folge von datenorientierten Prozess-Management-Systemen.

In Kapitel 2 beschreiben wir die Arbeitsweise konventioneller WfMS und stellen ein einfaches Beispiel vor entlang dessen wir nachfolgende Ausführungen illustrieren. In Kapitel 3 beschreiben wir die fünf wichtigsten Herausforderungen an ein datenorientiertes Prozess-Management-System. Hierbei stellen wir die Eigenschaften von datenorientierten Anwendungen jeweils den Problemen gegenüber, die sich bei der Umsetzung mit einem konventionellen WfMS ergeben. Insbesondere leiten wir daraus die Anforderungen an ein datenorientiertes Prozess-Management-System ab. Kapitel 4 beschreibt bisherige Ansätze zur Lösung einzelner Problematiken. Wir zeigen, warum diese für eine Gesamtlösung nicht ausreichend sind. Kapitel 5 gibt einen Ausblick auf unsere zukünftigen Forschungsarbeiten zu datenorientierten Prozess-Management-Systemen.

2 Grundlagen & Beispiel

Um in der Folge auf Limitierungen derzeit verfügbarer Workflow-Technologie eingehen zu können, fassen wir zunächst die grundlegende Arbeitsweise aktueller WfMS zusammen (siehe Abbildung 1). Die Modellierung der Prozesse erfolgt in WfMS auf Basis einzelner *Aktivitäten*, deren Reihenfolge und Ausführungsbedingungen durch den *Kontrollfluss* festgelegt werden. Dazu stehen z.B. Modellierungskonstrukte für sequentielle, alternative und parallele Abläufe sowie für Schleifen zur Verfügung. Einige Systeme erlauben zusätzlich fortschrittlichere Konstrukte [AHKB03]. Für die spätere Ausführung wird jede Prozess-Aktivität mit einem Anwendungsdienst verknüpft. Interaktiven Aktivitäten, die eine Aktion des Benutzers erfordern, wird zusätzlich ein Bearbeiterausdruck (z.B. eine Benutzerrolle) zugeordnet. Zur Laufzeit wird für jede Ausführung eines Prozesses eine eigene *Prozessinstanz* angelegt. Eine Aktivität kann innerhalb einer Instanz genau dann aktiviert werden, wenn alle im Kontrollfluss vorausgehenden Aktivitäten der Instanz beendet sind, bzw. wenn feststeht, dass keine vor ihnen mehr aktiviert werden kann (ausgenommen über Schleifen und Rücksprünge). Alle aktivierbaren Aktivitäten werden den jeweils zuständigen Bearbeitern innerhalb ihrer *Arbeitsliste* zur Ausführung angeboten. Bei der Aktivierung wird automatisch die mit der Aktivität verknüpfte Anwendung gestartet. [RD00] [AH04]

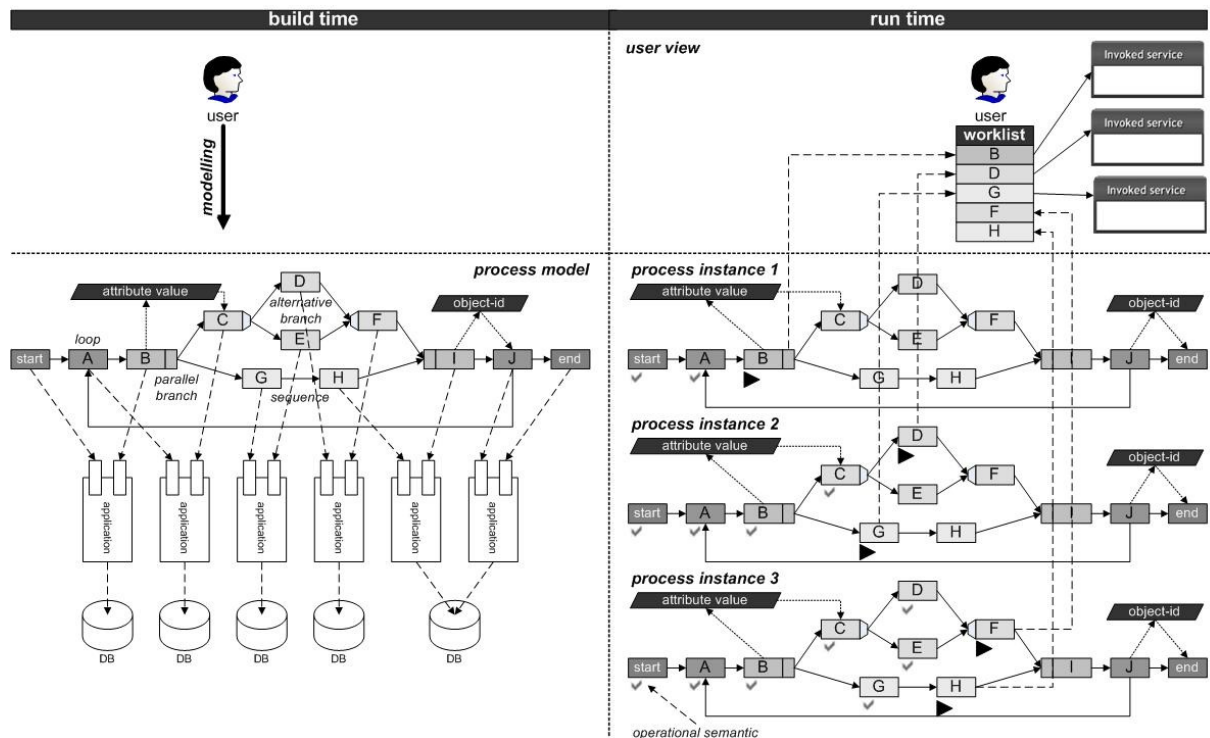


Abbildung 1: Arbeitsweise konventioneller Workflow-Management-Systeme

Um die nachfolgenden Ausführungen besser illustrieren zu können stellen wir hier zunächst als Fallbeispiel den Bearbeitungsprozess einer Bewerbung aus dem Bereich Human Ressource Management vor. Der Einfachheit halber gehen wir nur auf Grundfunktionen und allgemeine Abläufe ein:

Anhand eines Online-Formulars im Internet haben Interessenten die Möglichkeit, sich auf eine offene Ausschreibung zu bewerben. Ziel des Prozesses ist es, eine Entscheidung darüber zu treffen, welcher Bewerber zur Besetzung der offenen Stelle eingestellt werden soll. Dazu werden zunächst die Kennt-

nisse der Bewerber mit den Anforderungen der Stelle verglichen. Zur weiteren Entscheidungsfindung haben die Sachbearbeiter in der Personalabteilung die Möglichkeit, die Bewerbungen zwecks Beurteilung den Führungskräften der jeweiligen Fachabteilungen vorzulegen. Dazu wird für die Mitarbeiter aus den Fachabteilungen von der Personalabteilung jeweils ein Gutachten angelegt. Diese müssen von den betreffenden Mitarbeitern der Fachabteilung ausgefüllt werden. Anhand eines Ausgabedatums pro Gutachten kann die Personalabteilung festlegen, zu welchem Zeitpunkt der jeweilige Mitarbeiter das Gutachten erstellen soll. Ist dieses Datum erreicht, kann der Mitarbeiter die zugehörige Bewerbung einsehen, eine Bewertung festlegen und einen Kommentar vermerken. Des Weiteren muss der Mitarbeiter einen Vorschlag für das weitere Verfahren angeben. Dies kann unter anderem eine Absage für den Bewerber oder die Einladung zu einem Vorstellungsgespräch sein. Nach Rückgabe der Gutachten werden diese von der Personalabteilung ausgewertet und als Entscheidungsgrundlage (bzw. für die Auswahl einer Folgeaktion) verwendet. Da Gutachten zu verschiedenen Zeitpunkten angelegt werden können und zu unterschiedlichen Zeitpunkten zurückgegeben werden, werden alle bereits ausgewerteten Gutachten von der Personalabteilung als "erledigt" gekennzeichnet.

3 Beobachtungen, Probleme und Anforderungen

Im Rahmen mehrerer Fallstudien haben wir die Eigenschaften von datenorientierter Anwendungssoftware mit integrierter Prozesslogik untersucht. In diesem Kapitel fassen wir die hieraus gewonnenen Erkenntnisse zusammen und illustrieren sie entlang des oben vorgestellten Beispielszenarios. Des Weiteren verdeutlichen wir die jeweils identifizierten Probleme, die sich bei Umsetzung der Eigenschaften mittels konventioneller WfMS ergeben. Daraus leiten wir in einem dritten Schritt die jeweiligen Anforderungen ab, die an ein datenorientiertes Prozess-Management-System zur Unterstützung dieser Prozesse zu stellen sind.

Herausforderung 1: Datenintegration

Beobachtungen

Anwendungssysteme verwalten Daten in Form verschiedener Objekttypen. Diese sind jeweils durch eine Menge von Attributen definiert. Für jeden Objekttyp existieren zur Laufzeit mehrere Objektinstanzen. Diese unterscheiden sich in den Werten der jeweiligen Attribute. Jeder Objekttyp besitzt mindestens ein Attribut zur Speicherung einer Objekt-ID. Anhand dieses Attributs kann jede Objektinstanz eindeutig identifiziert werden. Auch Datenbeziehungen werden auf Typebene anhand von Attributen beschrieben. Diesen Beziehungs-Attributen werden zur Laufzeit die Objekt-IDs anderer Objektinstanzen zugeordnet. Einer Objektinstanz können dadurch jeweils mehrere Objektinstanzen eines anderen Objekttyps zugeordnet werden.

Anwendungsdaten bestehen aus einer variablen Anzahl von Objektinstanzen verschiedener Objekttypen die zueinander in Beziehung stehen.

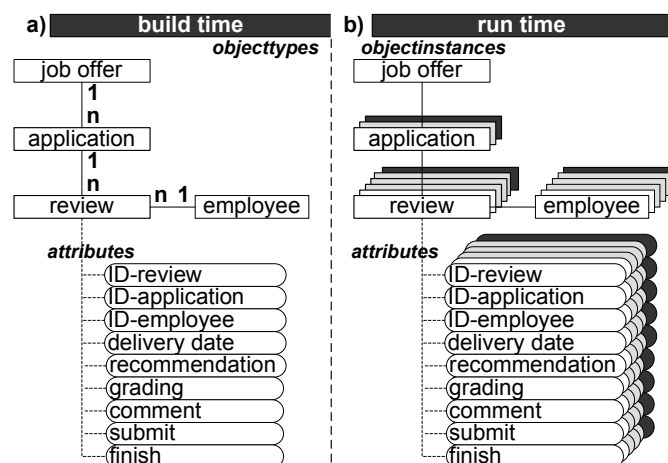


Abbildung 2a beschreibt die Datenstruktur für das vorgestellte Fallbeispiel im Bewerbermanagement. Für jede Bewerbung können mehrere Gutachten angelegt werden. Die genaue Anzahl der Objektinstanzen zu einem Objekttyp ist variabel und kann sich zur Laufzeit dynamisch verändern (siehe Abbildung 2b). Dies gilt auch für die jeweils zugeordneten Objektinstanzen. So ist z.B. die Menge der Gutachten, die für eine Bewerbung angelegt werden, von Bewerbung zu Bewerbung unterschiedlich.

Abbildung 2: Datenstruktur zur Modellierzeit und zur Laufzeit

Charakteristisch für datenorientierte Systeme ist, dass alle Informationen unabhängig von Prozessen zu jedem Zeitpunkt eingesehen und bearbeitet werden können [AWG05].

Innerhalb von Übersichtstabellen etwa können die einzelnen Objektinstanzen eines Objekttyps zeilenweise aufgelistet werden. Die einzelnen Spalten beziehen sich dann auf die Attribute des Objekttyps bzw. auf die Attributwerte der Objektinstanzen. Attribute, die Datenbeziehungen repräsentieren, werden aufgelöst und durch ein Attribut der referenzierten Objektinstanz ersetzt, letzteres soll die Objektinstanz möglichst aussagekräftig beschreiben. Weiterführende Informationen können instanzspezifisch eingesehen werden. Dazu gehören Attribute, die aus Platzgründen nicht innerhalb der Übersicht angezeigt werden können, sowie detaillierte Informationen über die referenzierten Objektinstanzen. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht für die Gutachten zu verschiedenen Bewerbungen. Durch Auflösung der Attribute mit Referenzen auf andere Objektinstanzen können die zugehörige Bewerbung, die Ausschreibung und der Mitarbeiter, dem dieses Gutachten zugeordnet ist, angezeigt werden. Die Werte weiterer Attribute sowie genauere Informationen über die referenzierten Objektinstanzen (z.B. Bewerbung, Ausschreibung und Mitarbeiter) können anhand einer optionalen Aktivität eingesehen werden. Diese kann in der Abbildung anhand des Lupen-Symbols aufgerufen werden.

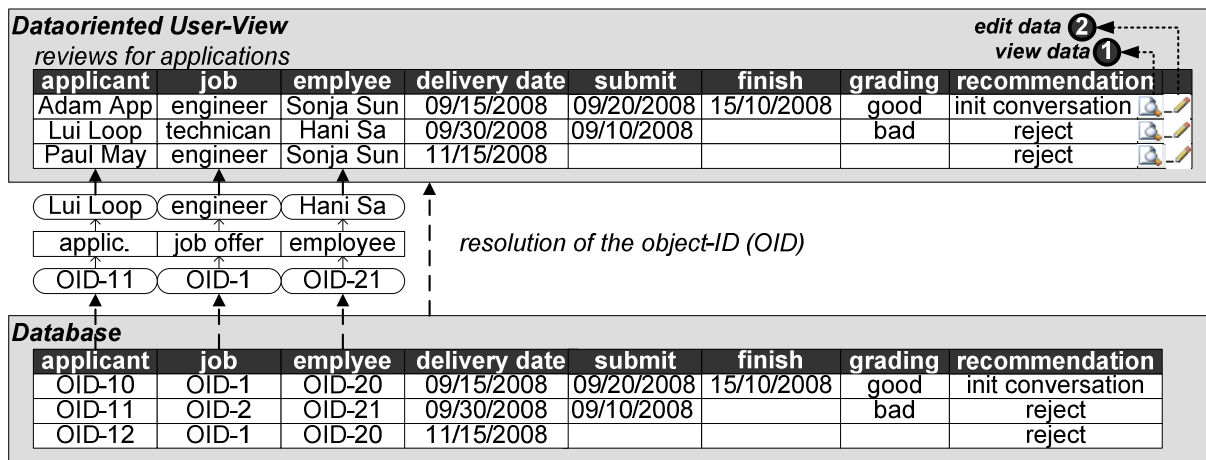


Abbildung 3: Datensicht in datenorientierter Anwendungssoftware

Ausgehend von dieser datenorientierten Sicht können die Attributwerte der einzelnen Objektinstanzen bearbeitet werden. Diese Aktivität kann jederzeit für alle Objektinstanzen von allen Objekttypen, unabhängig vom Prozess, aufgerufen werden. Im Vergleich zu den Aktivitäten innerhalb des Prozesses, die obligatorisch ausgeführt werden müssen, ist diese Aktivität optional. In Abbildung 3 ist der Aufruf dieser Aktivität anhand des Stift-Symbols möglich. Dadurch können Informationen genau zu dem Zeitpunkt erfasst werden, zu dem sie im Prozessverlauf zur Verfügung stehen.

Probleme

Innerhalb vieler WfMS können nur atomare Datenelemente verwaltet werden. Diese speichern jeweils einfache Daten aus den Datenverwaltungen der eingebundenen Anwendungen, die für die Steuerung und Ausführung des Prozesses benötigt werden (sog. prozessrelevante Daten). Alle anderen Anwendungsdaten sind dem WfMS nicht bekannt. Durch die Trennung der Anwendungsdaten von der Prozesslogik ist kein integrierter Zugang zu Geschäftsprozessen und -informationen möglich. D.h. der Zugang zu detaillierten Informationen ist nur innerhalb der eingebundenen Anwendungen im Zusammenhang mit der Ausführung einer Aktivität möglich. Welche Informationen jeweils angezeigt werden, kann innerhalb herkömmlicher WfMS deshalb nicht oder nur eingeschränkt gesteuert werden. Dazu können die Objekt-IDs der benötigten Objektinstanzen in Datenelementen verwaltet und den entsprechenden Aktivitäten als Übergabeparameter zur Verfügung gestellt werden. Wie sich in der Praxis gezeigt hat, führen fehlende oder unvollständige Kontextinformationen jedoch häufig zu ineffizientem Arbeiten und fehlerhaften Ergebnissen [AWG05].

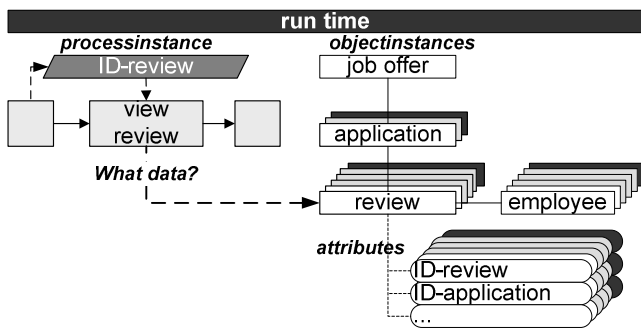


Abbildung 4 zeigt eine Aktivität zur Einsicht einer Bewerbung. Welche Bewerbung eingesehen werden soll kann durch Übergabe der entsprechenden Objekt-ID gesteuert werden. Es kann jedoch nicht kontrolliert werden, welche Attributwerte der Objektinstanz für die Bewerbung angezeigt werden. Des Weiteren kann der Zugriff auf referenzierte Objektinstanzen (z.B. Bewerbung) nicht beeinflusst werden.

Abbildung 4: Zugriff auf Kontextinformationen

Eine Integration von optionalen Aktivitäten (z.B. für die Eingabe zusätzlicher Informationen) in den Prozess ist anhand von parallelen Pfaden zwar prinzipiell möglich, führt aber zu künstlich aufgeblähten und dadurch komplexen und unübersichtlichen Prozessmodellen.

Außerdem können solche optionalen Aktivitäten mangels fehlender Differenzierbarkeit vom Bearbeiter innerhalb seiner Arbeitsliste nicht von den für den Prozessfortschritt zwingend erforderlichen Aktivitäten unterschieden werden. Abbildung 5 zeigt den Prozess einer Bewerbung mit integrierten optionalen Aktivitäten zur Bearbeitung der Daten.

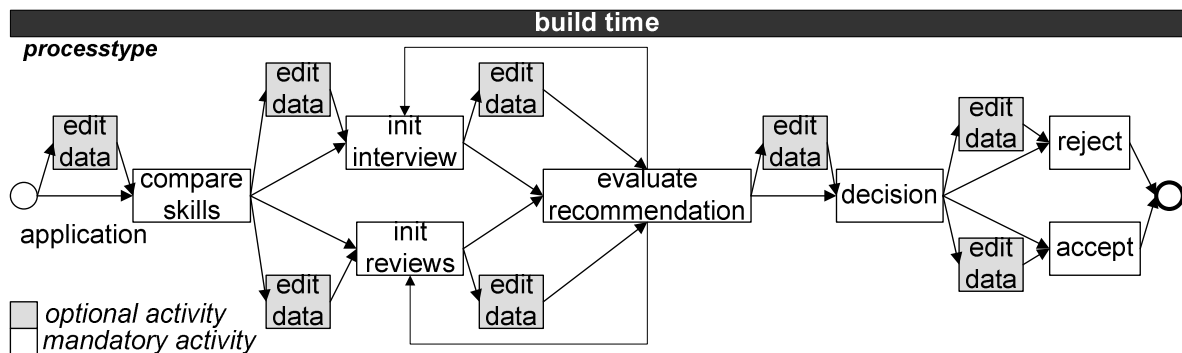


Abbildung 5: obligatorische und optionale Aktivitäten in konventionellen WfMS

Ohne die Integration optionaler Aktivitäten in das WfMS werden die eingebundenen Anwendungen aber oft parallel zum WfMS gestartet. Dadurch können auch Datenelemente verändert werden, die innerhalb des Datenflusses redundant vom WfMS verwaltet werden. Die entstehenden Inkonsistenzen zwischen Daten- und Prozesszustand führen zu Laufzeitfehlern beim Aufruf der Anwendungen oder zu einer fehlerhaften Prozesssteuerung.

Anforderungen

Anwendungsdaten sollen in einem datenorientierten Prozess-Management-System vollständig integriert werden. Dazu müssen Daten anhand von Objekttypen und nicht nur auf Basis atomarer Datenelemente verwaltet werden [NC03]. Das System muss weiter mit einer zur Laufzeit variablen und dynamischen Anzahl von Objektinstanzen umgehen können. Dabei müssen auch die Beziehungen der Objektinstanzen zueinander transparent sein. Informationen müssen zu jedem Zeitpunkt, unabhängig vom Prozess, eingesehen und bearbeitet werden können [AWG05].

Herausforderung 2: Wahl der Granularität von Prozessen und Aktivitäten

Beobachtungen

Für viele Objekttypen existieren jeweils eigene Bearbeitungsprozesse [MRH07]. Die Instanziierung eines Prozesses ist unmittelbar mit der Anlage eines Objekts des entsprechenden Typs verbunden.

Dadurch existiert zur Laufzeit für jede Objektinstanz genau eine Prozessinstanz. Diese 1:1-Zuordnungen zwischen Objekt- und Prozesstyp bzw. zwischen Objekt- und Prozessinstanz werden in

Abbildung 6 illustriert. Dem Objekttyp einer Bewerbung ist ein eigener Prozessstyp zugeordnet. Zur Laufzeit existieren mehrere Objektinstanzen einer Bewerbung. Für jede Objektinstanz einer Bewerbung wird automatisch eine entsprechende Prozessinstanz erzeugt.

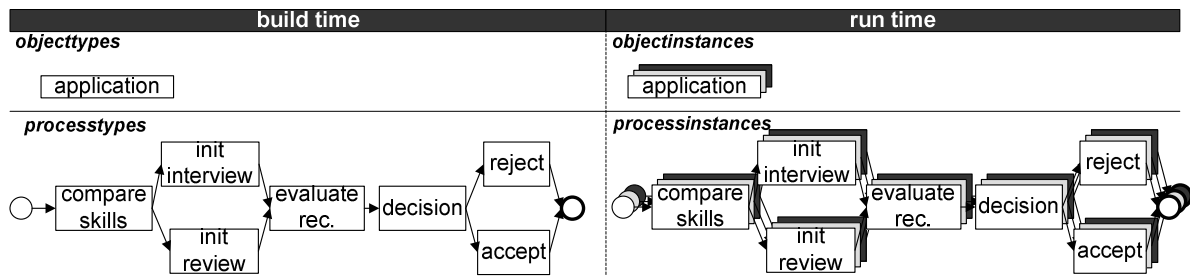


Abbildung 6: Analogie zwischen Objekt und Prozess

Innerhalb des Prozesses für einen spezifischen Objekttyp beziehen sich die einzelnen Aktivitäten jeweils auf ein oder mehrere Attribute des Objekttyps.

Für jedes Attribut existiert eine Aktion zur Anzeige oder zur Bearbeitung des dem Attribut zugeordneten Werts. Eine Aktivität setzt sich jeweils aus einer oder mehrerer dieser Aktionen zusammen. Abbildung 7 zeigt den Objekttyp eines Gutachtens sowie den zum Gutachten gehörenden Prozessstyp. Jede Aktivität einer Prozessinstanz liest oder schreibt mindestens ein Attribut der zugehörigen Objektinstanz.

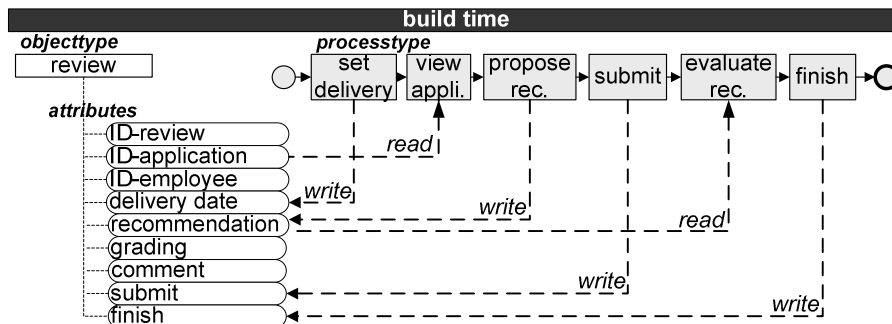


Abbildung 7: Granularität von Aktivitäten

Innerhalb eines Prozesses werden oft weitere, untergeordnete Prozesse angestoßen. Ergebnisse, die bei der Ausführung der Prozessinstanzen untergeordneter Prozessstypen gesammelt werden, sind für die weitere Ausführung der jeweils übergeordneten Prozessinstanz relevant. Die Instanziierung erfolgt auch bei untergeordneten Prozessstypen durch Anlage einer Objektinstanz. Diese untergeordnete Objektinstanz muss die Objektinstanz der übergeordneten Prozessinstanz referenzieren.

Die Zuordnung der Prozessstypen zueinander entspricht somit der Zuordnung der Objekttypen innerhalb der Datenstruktur [MRH07].

Die Anzahl der untergeordneten Prozessinstanzen ist abhängig von der Anzahl der Objektinstanzen des untergeordneten Objekttyps.

Abbildung 8 verdeutlicht die Analogie zwischen Daten- und Prozessstruktur am Beispiel von Bewerbungen mit einer jeweils unterschiedlichen Anzahl an zugehörigen Gutachten.

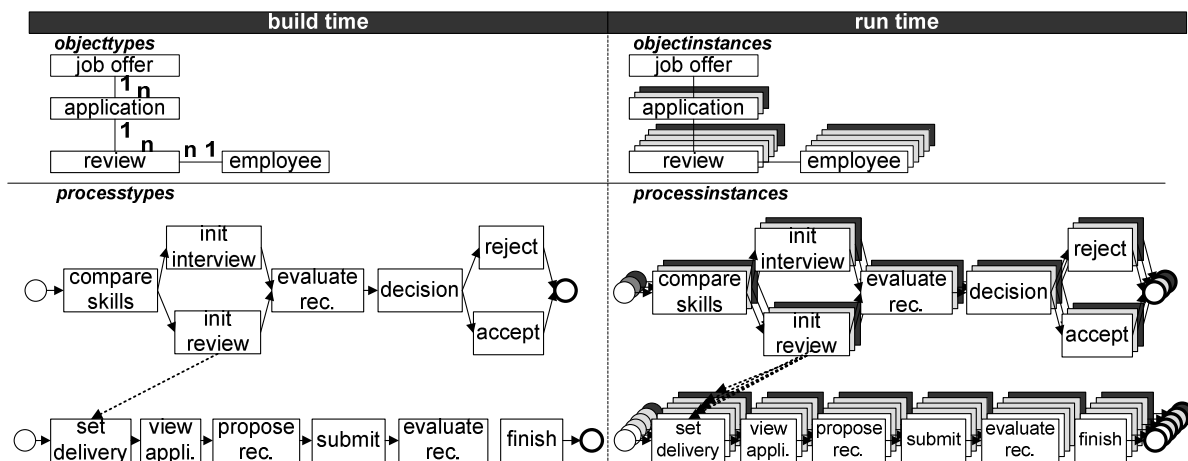


Abbildung 8: Analogie zwischen Daten- und Prozessstruktur

Probleme

Bei der Modellierung der Prozesse innerhalb konventioneller WfMS ist die Granularität von Prozess und Aktivitäten nicht klar vorgegeben. D.h. Aktivitäten, Prozesse und Sub-Prozesse können im Prinzip frei gewählt und modelliert werden. Es existieren weder eine einheitlich Methodik noch konkrete Richtlinien für die Wahl der Granularität [RLA03]. Dies führt in der Praxis zu uneinheitlichen und nur schwer vergleichbaren Modellen für ein und denselben Prozess.

Bei der Modellierung kann die zugrundeliegende Datenstruktur nur manuell, d.h. ohne Systemunterstützung, berücksichtigt werden. Untergeordnete Prozesse können in Form von Sub-Prozessen modelliert werden. Zur Laufzeit treten jedoch zwei Probleme auf. Prozessinstanzen müssen explizit, unabhängig von der Anlage einer Objektinstanz, erzeugt werden. Des Weiteren muss in einigen der herkömmlichen WfMS die Anzahl der benötigten Prozessinstanzen schon zur Modellierzeit feststehen [ABEW00].

Anforderungen

Die Modellierung von Prozessen muss systemunterstützt in Synchronität mit der Definition der Datenstruktur erfolgen [RLA03]. Hierbei muss zwischen Objekt- und Strukturebene differenziert werden. Das bedeutet, einzelne Prozesstypen müssen mit Bezug auf einen Objekttyp modelliert werden [NC03]. Dabei müssen sich die einzelnen Aktivitäten auf die Attribute des Objekttyps beziehen können. Des Weiteren sollte die Hierarchie der Prozesse der Hierarchie der Objekttypen innerhalb der Datenstruktur entsprechen. Die Instanziierung eines Prozesses muss unmittelbar mit der Anlage einer Objektinstanz gekoppelt sein.

Herausforderung 3: Datenbasierte Modellierung

Beobachtungen

Der Fortschritt einer Prozessinstanz ist innerhalb der Attributwerte der zugehörigen Objektinstanz erkennbar.

Abbildung 9 zeigt die Prozessinstanz für eine Objektinstanz des Objekttyps Gutachten. Dabei werden die jeweiligen Attributänderungen innerhalb der Objektinstanz für jede Aktivität verdeutlicht.

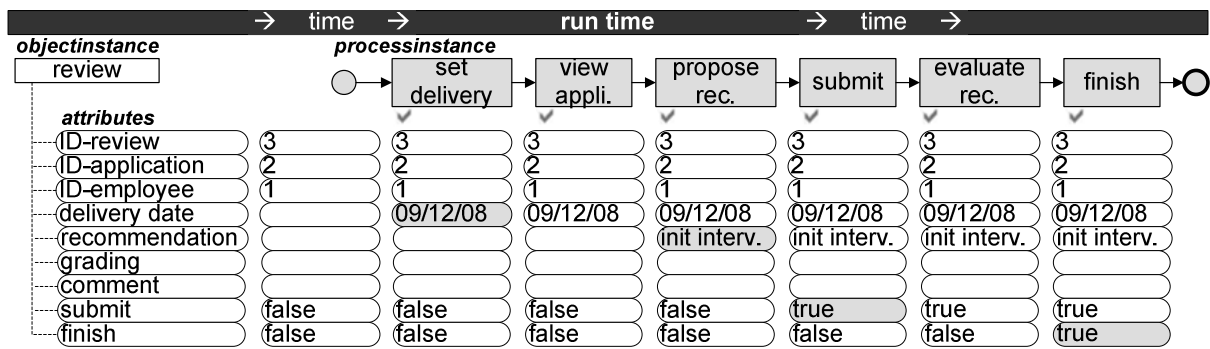


Abbildung 9: Prozessfortschritt innerhalb der Daten

Die einzelnen Prozessschritte sind hier weniger anhand von Aktivitäten, sondern vielmehr anhand von Datenbedingungen definiert.

D.h. der Prozess wird durch Vorgabe von Bearbeitungszielen definiert. Diese werden anhand von Bedingungen mit Bezug auf die Attributwerte beschrieben. Die prozessrelevanten Aktivitäten bestehen aus Aktionen zur Änderung der Attributwerte die für die Erfüllung der Datenbedingung des jeweils nächsten Prozessschritts geändert werden müssen [AWG05].

Abbildung 10 zeigt dieselbe Prozessinstanz wie Abbildung 9. Die einzelnen Prozessschritte werden nun anhand von Datenbedingungen mit Bezug auf die Attribute der Objektinstanz eines Gutachtens definiert.

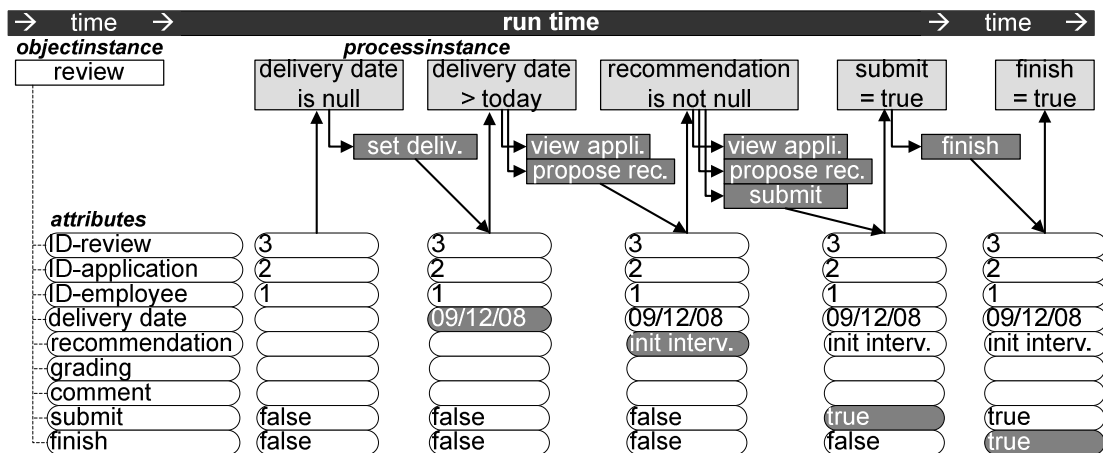


Abbildung 10: Datenbasierte Prozessmodellierung

Durch diese Art der Prozessdefinition sind Daten- und Prozesszustand per Konstruktion zu jedem Zeitpunkt synchron.

Probleme

Bei der aktivitätsbasierten Modellierung in WfMS wird festgelegt, welche Aktivitäten in welcher Reihenfolge durchgeführt werden sollen. Ob sich mit diesen Aktivitäten auch das gewünschte Bearbeitungsziel erreichen lässt, kann systemseitig weder überprüft noch sichergestellt werden [RKG06, RDHI07, GS07].

Manche Ansätze definieren Vor- und Nachbedingungen für einzelne Aktivitäten in Bezug auf die Anwendungsdaten. Können diese Bedingungen jedoch zur Laufzeit nicht erfüllt werden, ist eine weitere Ausführung des Prozesses nicht mehr möglich. Es ist nicht ausreichend, bestimmte Attributwerte für die Ausführung einer Aktivität zu fordern. Zur Laufzeit muss dynamisch auf die aktuellen Attributwerte der jeweiligen Objektinstanzen reagiert werden können.

Anforderungen

Die Modellierung von Prozessen darf nicht auf Basis von Aktivitäten erfolgen. Die einzelnen Schritte eines Prozesses müssen anhand von Bedingungen in Bezug auf die Attribute des zum Prozesstyp gehörenden Objekttyps definiert werden.

Herausforderung 4: Synchronisation von Prozessen

Beobachtungen

Die Instanziierung einer untergeordneten Prozessinstanz erfolgt innerhalb der übergeordneten Prozessinstanz [ABEW00]. Dazu wird eine Objektinstanz eines untergeordneten Objekttyps angelegt. Auch dieser Prozessschritt ist anhand einer Datenbedingung definiert.

Die Anlage einer untergeordneten Objektinstanz ist daher abhängig vom Fortschritt der Prozessinstanz des übergeordneten Objekts.

Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 11 veranschaulicht. Es kann erst dann ein Gutachten für eine Bewerbung angelegt werden, wenn die Kenntnisse des Bewerbers mit den Anforderungen der offenen Stelle verglichen wurden.

Innerhalb der übergeordneten Prozessinstanz werden Informationen aus untergeordneten Prozessinstanzen ausgewertet.

Dazu muss die Menge der untergeordneten Objektinstanzen aggregiert werden [ABEW00]. Das heißt, es müssen verschiedene Werte der jeweils gleichen Attribute aus einer Menge von untergeordneten Objektinstanzen zusammengefasst werden können. Welche untergeordneten Objektinstanzen bei der Aggregation berücksichtigt werden, ist hierbei abhängig vom Fortschritt der jeweils zugehörigen Prozessinstanz.

Abbildung 11 verdeutlicht die Aggregation von Informationen. Innerhalb der Prozessinstanz für eine Bewerbung werden die Ergebnisse aus den zur Bewerbung gehörenden Gutachten ausgewertet. Hierbei werden jedoch nur die an die Personalabteilung zurückgegebenen Gutachten berücksichtigt.

Neben der Erzeugung untergeordneter Prozessinstanzen durch Anlage untergeordneter Objektinstanzen und der Zusammenfassung untergeordneter Prozess- bzw. Objektinstanzen können weitere Abhängigkeiten zur Synchronisation objektspezifischer Prozessinstanzen beschrieben werden [MRH07].

Dazu werden die Datenbedingungen, anhand derer die einzelnen Prozessschritte definiert sind, um Bedingungen an die Attribute anderer Objektinstanzen erweitert.

In Abbildung 11 kann beispielsweise ein Gutachten erst dann als "erledigt" gekennzeichnet werden, wenn eine Entscheidung über die Bewerbung getroffen wurde.

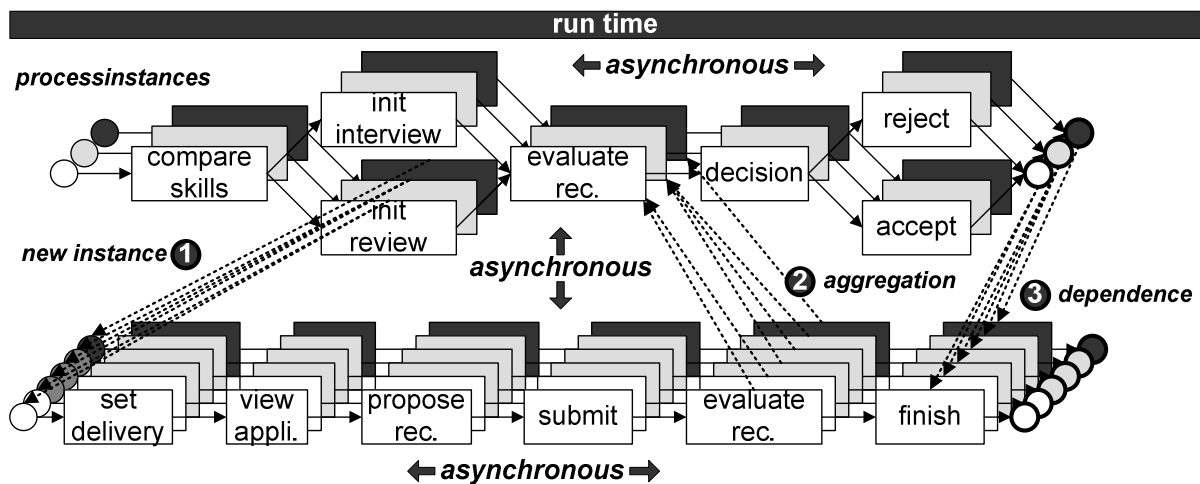


Abbildung 11: Synchronisation von Prozessen

Zusätzlich zu den Abhängigkeiten für die Synchronisation von Prozessinstanzen unterschiedlicher Prozesstypen können auch Prozessinstanzen desselben Prozesstyps miteinander synchronisiert werden [ABEW00, MRH07]. Beispielsweise kann eine Bewerbung nur dann zugesagt werden, wenn noch keine andere Bewerbung für dieselbe offene Stelle zugesagt wurde.

Probleme

Innerhalb konventioneller WfMS wird jede Prozessinstanz isoliert ausgeführt. Das bedeutet, es können weder Abhängigkeiten zwischen Prozessinstanzen verschiedener Prozesstypen noch zwischen Prozessinstanzen desselben Prozesstyps definiert werden. Oft wird versucht, die fehlende Möglichkeit zur Synchronisation durch die Modellierung von Sub-Prozessen zu umgehen. Instanzen der Sub-Prozesse können dabei untereinander asynchron ausgeführt werden. Problematisch ist jedoch, dass die untergeordneten Prozessinstanzen nur synchron zur übergeordneten Prozessinstanz ausgeführt werden können. Dies bedeutet, dass die Ausführung der übergeordneten Prozessinstanz solange blockiert ist, bis alle untergeordneten Prozessinstanzen beendet sind. Dadurch können weder aggregierte Aktivitäten noch weitere Abhängigkeiten definiert werden [ABEW00]. Aggregierte Aktivitäten müssen anhand der eingebunden externen Anwendungen realisiert werden.

Anforderungen

Sowohl die Prozessinstanzen desselben Prozesstyps als auch Prozessinstanzen unterschiedlicher Prozesstypen müssen asynchron zueinander ausgeführt werden können. Allerdings müssen einzelne Prozessinstanzen eines Prozesstyps sowohl untereinander als auch mit Prozessinstanzen anderer Prozesstypen koordiniert werden können. Mehrere Prozessinstanzen eines untergeordneten Prozesstyps sind jeweils einer übergeordneten Prozessinstanz zugeordnet. Diese Mengenbeziehung muss bei der Koordination der Prozesse berücksichtigt werden können.

Herausforderung 5: Flexibilität

Beobachtungen

Neben optionalen Aktivitäten zur Erfassung von Informationen an beliebiger Stelle im Prozessverlauf gibt es Aktivitäten, die für den Fortschritt des Prozesses obligatorisch ausgeführt werden müssen. Diese Aktivitäten beinhalten Aktionen für genau die Attribute, die zur Definition eines Prozessschritts verwendet wurden.

Eine prozessrelevante Aktivität kann jedoch mehreren Prozessschritten zugeordnet werden.

Die Aktivierung einer Aktivität ist im Prinzip unabhängig von anderen Aktivitäten. Eine Aktivität kann ausgeführt werden, sobald ihre zugehörige Datenbedingung erfüllt ist.

Dadurch ist auch eine wiederholte Ausführung von Aktivitäten möglich. Je nach Definition der Prozessschritte ergibt sich eine asynchrone Ausführungsreihenfolge für die einzelnen Aktivitäten. Diese wird exemplarisch in Abbildung 12 verdeutlicht.

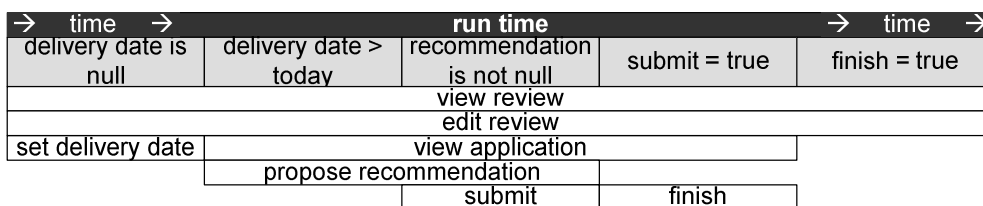


Abbildung 12: Asynchronität von Aktivitäten

Nicht nur die prozessrelevanten Aktivitäten sondern auch die optionalen Aktivitäten zur Bearbeitung der Attributwerte von Objektinstanzen sind von den Datenbedingungen für die einzelnen Prozessschritte abhängig.

Welche Attributwerte bei der Bearbeitung der Daten einer Objektinstanz jeweils gelesen und geschrieben werden können, ist abhängig vom Fortschritt der zur Objektinstanz gehörenden Prozessinstanz.

Abbildung 13 verdeutlicht die einzelnen Aktionen die zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der optionalen Aktivität zur Bearbeitung der Attributwerte einer Objektinstanz eines Gutachtens zur Verfügung stehen.

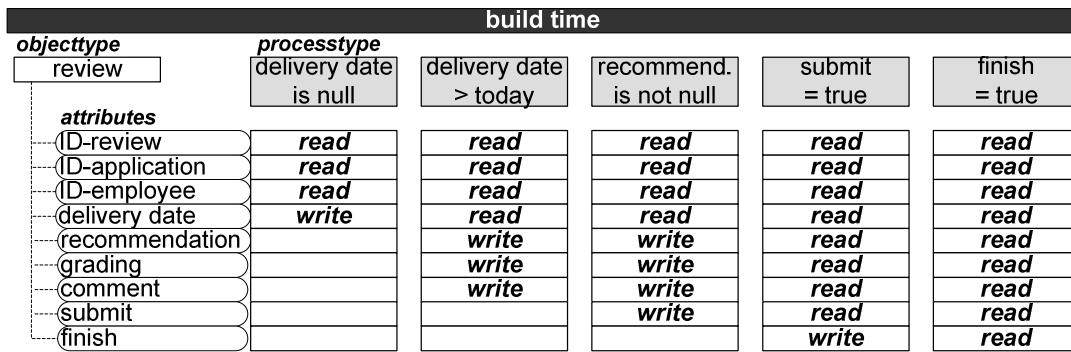


Abbildung 13: Horizontale dynamische Granularität von Aktivitäten

Die zur Erreichung des nächsten Prozessschritts erforderlichen Attributänderungen können prinzipiell auch innerhalb der optionalen Aktivität für die Bearbeitung der Attributwerte der betreffenden Objektinstanz durchgeführt werden. Innerhalb der optionalen Aktivität können die einzelnen Aktionen auf Grund ihrer Prozessrelevanz unterschieden werden.

Abbildung 14 zeigt die jeweils relevanten Aktionen die innerhalb einer Prozessinstanz für ein Gutachten obligatorisch ausgeführt werden müssen.

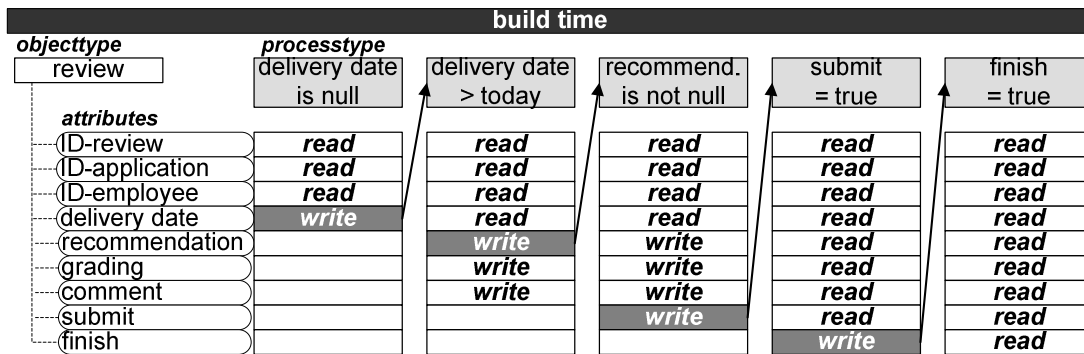


Abbildung 14: Obligatorische und optionale Aktionen

Optionale Aktivitäten zur Bearbeitung der Attributwerte einzelner Objektinstanzen passen sich somit dynamisch an den Prozessfortschritt an. D.h. in Abhängigkeit vom Fortschritt des Prozesses stehen unterschiedliche Aktionen zur Verfügung. Dies bezeichnen wir als *horizontale dynamische Granularität* von Aktivitäten. Bei der Erfassung von Informationen für ein Gutachten hat ein Mitarbeiter der Fachabteilung beispielsweise die Möglichkeit, einen Vorschlag anzugeben, eine Bewertung zu machen und eine Bemerkung einzugeben. Nach der Rückgabe des Gutachtens an die Personalabteilung können beim Aufruf derselben Aktivität diese Felder jedoch nicht mehr editiert werden.

Obligatorische Aktivitäten können auch für verschiedene Prozessinstanzen desselben Prozesstyps gemeinsam durchgeführt werden. Dazu kann der Benutzer alle Aktivitäten, für die er dieselben Daten eingeben möchte, gruppieren und gleichzeitig ausführen [SO5]. Dementsprechend muss er die gleichen Angaben nur einmal für mehrere Objektinstanzen eingeben. Dies bezeichnen wir als *vertikale dynamische Granularität* von Aktivitäten (siehe Abbildung 15). Mitarbeiter der Personalabteilung verwenden jeweils die Informationen aus mehreren zurückgegeben Gutachten bei der Entscheidungsfindung. Im Anschluss müssen alle verwendeten Gutachten von der Personalabteilung als "erledigt" gekennzeichnet werden. Diese Aktivität sollte nicht für jedes einzelne Gutachten sondern für alle verwendeten Gutachten gleichzeitig ausgeführt werden können.

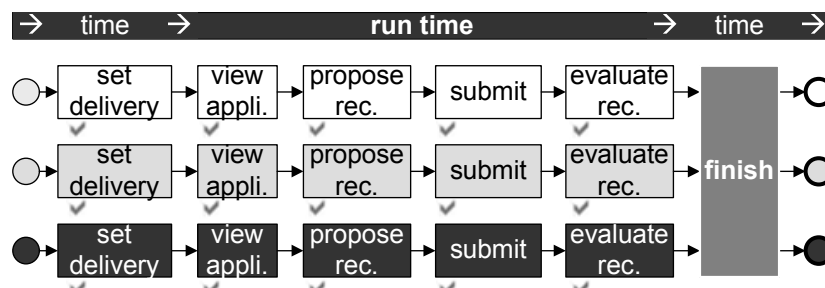


Abbildung 15: Vertikale dynamische Granularität

Probleme

Neben der aktivitätsbasierten Modellierung führt auch die aktivitätsgetriebene Ausführung der Prozesse in herkömmlichen WfMS zu Flexibilitätsproblemen. Abgesehen von Schleifen kann jede Aktivität genau einmal in einem eng festgelegten Kontext aktiviert werden. In der realen Arbeitspraxis müssen manche Aktivitäten jedoch wiederholt ausgeführt werden, während andere dynamisch vorgezogen oder zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt werden sollten [AWG05].

Jede aktuelle Aktivität, für deren Bearbeitung ein Benutzer autorisiert ist, wird innerhalb seiner Arbeitsliste aufgeführt. Da ein Bearbeiter oft an mehreren Instanzen eines Prozesses beteiligt ist, sind oft viele gleiche Aktivitäten in einer Arbeitsliste enthalten. Auch hier führt die isolierte Betrachtung einzelner Prozessinstanzen zu Problemen, da jede Aktivität separat gestartet und durchgeführt werden muss [SO05]. Dieses Vorgehen stimmt nicht immer mit der realen Arbeitspraxis überein und führt zudem zu höheren Bearbeitungszeiten.

Anforderungen

Die Ausführung und Steuerung der Prozesse darf sich nicht an Aktivitäten orientieren, sondern muss auf den jeweiligen Bearbeitungsfortschritt der Objektinstanzen ausgerichtet sein. Dadurch können ein flexibleres Ausführungsverhalten und optionale Aktivitäten realisiert werden.

Die Granularität der Aktivitäten muss sich dynamisch an den Zustand der Prozessinstanzen anpassen. Hierzu müssen sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Dynamik möglich sein. Dies bedeutet, Anzahl und Art der Aktionen in optionalen Aktivitäten muss auf den Fortschritt der zugehörigen Prozessinstanz reagieren. Des Weiteren müssen gleiche obligatorische Aktivitäten für verschiedene Prozessinstanzen bei Bedarf variabel zusammengefasst werden können.

Anhand der beschriebenen Herausforderung werden die Limitierungen derzeitiger WfMS deutlich. Es ist nicht ausreichend Daten nur anhand von Attributen bzw. atomaren Datenelementen innerhalb eines Prozess-Management-Systems zur Verfügung zu stellen. Eine vollständige Datenintegration muss auf Attribut-, Objekt- und Strukturebene erfolgen. Diese Ebenen spiegeln sich in der Granularität der Prozesse wieder. Aktivitäten sollten im Bezug auf Attribute und Prozesse im Bezug auf Objekte modelliert werden. Die Hierarchie und Synchronisation der Prozesse sollte analog zur Struktur der Daten definiert werden. Eine Modellierung der Prozesse im direkten Bezug auf Daten anstatt anhand von fest vorgegebenen Aktivitäten, ermöglicht eine sehr viel flexiblere Auswahl und Ausführung von Aktivitäten zu Laufzeit.

4 Verwandte Arbeiten

Die beschriebenen Herausforderungen wurden teilweise bereits von anderen Autoren adressiert. Diese stellen Teillösungen für einzelne Problematiken bereit. Eine Gesamtlösung ist derzeit jedoch nicht zu finden. Abbildung 16 verdeutlicht, welcher Ansatz auf welche Herausforderungen eingeht bzw. Teillösungen dafür zur Verfügung stellt. Diese Einordnung wird innerhalb dieses Kapitels nun genauer erläutert.

		Artifact Centric Modelling <i>IBM Research USA</i>	Production Based Support <i>University of Eindhoven</i>	Data Driven Coordination <i>University of Twente / Ulm</i>	Case Handling <i>University of Eindhoven</i> <i>Hasso Plattner Institute Potsdam</i>	Proplets <i>University of Eindhoven,</i> <i>Colorado, Campinas</i>	Batch activities <i>University of Queensland</i>
integration of data	atomic elements / attributes	X	X		X	X	X
	objects	X		X	O		
	relations between data	X	X	X			
	flexible quantity			O			
	access beyond activities				X		
granularity	activity	X	X		X		
	process		O	X	O	X	
databased modelling		O	X	O	X		
synchronisation				X		X	
flexibility	horizontal dynamic granul.				X		
	vertical dynamic granularity						X
	data-driven execution		X	O	X		

Abbildung 16: Einordnung verwandter Arbeiten

Herausforderung 1: Datenintegration

Konzepte für eine stärkere Integration von Prozessen und Daten werden in den Ansätzen "Artifact-Centric-Modeling" (ACM) [NC03, IBW07], "Production-Based-Workflow-Support" (PBWD) [RLA03, VRA08], "Data-Driven-Process-Coordination" (Corepro) [MRH06, MRH07] and "Case Handling" [AWG05] beschrieben.

Der Ansatz PBWS [RLA03, VRA08] integriert Beziehungen zwischen atomaren Datenelementen. Eine Kapselung zu Objekten ist jedoch genauso wenig möglich wie die Berücksichtigung von variablen Objektmengen zur Laufzeit. Eine Verwaltung von Objekten sowie von deren Beziehungen zueinander sind in Corepro [MRH06, MRH07] möglich. Des Weiteren können hier Beziehungen zwischen Objekten beschrieben werden. Die Definition der Objekte erfolgt jedoch abstrahiert von einzelnen Attributen anhand von Zuständen. Da Objekte anhand von Objekttypen definiert werden sind zur Laufzeit mehrere Objektinstanzen möglich. Die Anzahl der jeweiligen Objektinstanzen eines Typs sollte jedoch bei der Modellierung festgelegt werden. Zur Laufzeit können zwar Objektinstanzen hinzugefügt werden, für diese müssen dabei jedoch auch die benötigten Transitionen manuell "nachmodelliert" werden [MRH08]. In ACM [NC03, IBW07] werden vor der Erstellung eines operationalen Modells so genannte "Artifakte" identifiziert. Wie Objekte bestehen diese zwar aus verschiedenen Attributen, werden jedoch nicht auf Typebene definiert. Eine mehrfache Instanziierung ist dadurch nicht möglich. Auch die Beschreibung von Beziehungen wird nicht unterstützt. Der Zugriff auf Daten ist bei allen diesen Ansätzen nur im Kontext der Ausführung von Aktivitäten (d.h. an einer bestimmten Stelle im Prozessverlauf) möglich. Der einzige Ansatz, der einen Zugriff auf Daten außerhalb von Aktivitäten erlaubt, ist Case Handling [AWG05]. Allerdings können hier wiederum nur atomare Datenelemente verwaltet werden. Betrachtet man den "Case" jedoch als Objekt, so kann von einer indirekten Kapselung der Attribute gesprochen werden. Eine Definition von Beziehungen zwischen den Datenelementen ist beim Case Handling allerdings nicht möglich.

Herausforderung 2: Wahl der Granularität von Aktivitäten und Prozessen

Daten und Datenstruktur schaffen Richtlinien für die Wahl der Granularität von Aktivitäten, Prozessen und Sub-Prozessen. Prozesse definieren sich im Bezug auf Objekte und Aktivitäten dienen zur Bearbeitung der zugehörigen Attribute. Des Weiteren können Prozesse zueinander in eine Hierarchie gestellt werden. Diese ergibt sich anhand der Beziehungen zwischen den Objekten. Die vier oben genannten Ansätze sowie der "Proclets"-Ansatz [ABEW00] gehen auf die Granularität von Aktivitäten oder Prozessen ein. Eine vollständige Definition der Prozesse in Analogie zu Attributen, Objekten und Beziehungen ist jedoch in keinem dieser Ansätze möglich. In ACM [NC03, IBW07] findet eine Modellierung von Aktivitäten jeweils in Bezug auf ein oder mehrere Artefakte statt. Auf die Granularität des Prozesses wird dagegen nicht eingegangen. Proclets [ABEW00] wiederum sind leichtgewichtige Prozesse, die untereinander mittels Nachrichten kommunizieren. Hierbei können unterschiedliche Mengen von Prozessinstanzen der verschiedenen Prozesstypen berücksichtigt werden. Die Granularität eines Prozesses wird nicht explizit definiert. Durch die Berücksichtigung der Mengenbeziehungen ergibt sich jedoch implizit eine Analogie zwischen Prozess und Objekt. Des Weiteren kann der Nachrichtenaustausch zwischen den Prozessen auf die Datenstruktur zurückgeführt werden. Über die Granularität der Aktivitäten eines Prozesses wird allerdings keine Aussage gemacht. Corepro [MRH06, MRH07] beschreibt eine explizite Koordination einzelner Prozesse in direktem Bezug auf die zugrundeliegende Datenstruktur. Die Granularität dieser Prozesse sowie die der einzelnen Aktivitäten kann weiterhin frei gewählt werden. Der in PBWS [RLA03, VRA08] beschriebene Ansatz bezieht sich sowohl auf die Granularität von Aktivitäten als auch auf die Granularität von Prozessen. Aktivitäten beziehen sich jeweils auf eine oder mehrere atomare Datenelemente. Die Struktur des Prozesses ergibt sich 1:1 aus den Beziehungen der Datenelemente. Durch die fehlende Kapselung der Datenelemente zu Objekten entsteht jeweils ein Gesamtprozess. Sub-Prozesse spielen in diesem Ansatz somit keine Rolle. Auch beim Case Handling werden die einzelnen Aktivitäten in Bezug auf atomare Datenelemente beschrieben. Durch deren implizite Kapselung zu einem "Case" ist auch die Granularität eines Prozesses eindeutig. Allerdings ist keine Berücksichtigung der Datenbeziehungen möglich. Es können keine Abhängigkeiten zwischen einzelnen Cases in expliziten Bezug auf die Datenstruktur modelliert werden.

Herausforderung 3: Datenbezogene Modellierung

In ACM [NC03, IBW07] findet zwar keine datenbezogene Modellierung statt, jedoch werden einzelne Aktivitäten in direktem Bezug auf die identifizierten Artefakte modelliert. Auch in Corepro [MRH06, MRH07] werden Aktivitäten und Prozesse auf konventionelle Art modelliert. Die Koordination von Prozessen erfolgt jedoch datenbasiert mit Bezug auf Objekte und deren Beziehungen. Die Objekte sind hierbei anhand von Zuständen und Übergängen zwischen Zuständen definiert. Durch die Zuordnung der Prozesse zu Zustandsübergängen wird für die Prozesse eines Objekts eine Reihenfolge festgelegt. Prozesse, die unterschiedlichen Objekten zugeordnet sind, können anhand von sogenannten externen Transitionen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Externe Transitionen beschreiben Bedingung für den Zustandswechsel eines Objekts in Abhängigkeit von den Zuständen anderer Objekte. Im Bezug auf eine datenbasierte Modellierung geht der Case Handling-Ansatz [AWG05] und PBWS [RLA03, VRA08] am weitesten. Hier findet eine datenbezogene Modellierung von Aktivitäten in Bezug auf atomare Datenelemente statt. Für jeden Prozessschritt wird jedoch nach wie vor auch eine Aktivität definiert. Von einer echten datenbasierten Modellierung kann deshalb auch hier nur eingeschränkt die Rede sein.

Herausforderung 4: Synchronisation

Wie erwähnt, können bei Proclets [ABEW00] die Prozesse anhand von Nachrichten miteinander synchronisiert werden. Hierbei kann eine zur Laufzeit variable Menge von Prozessinstanzen berücksichtigt werden. Ein Nachteil ist, dass die Synchronisation nicht explizit auf der Basis der Datenstruktur definiert werden kann. Der mit Abstand stärkste Ansatz in Bezug auf diese Herausforderung ist die datengetriebene Koordination von Prozessen [MRH06, MRH07]. Die Synchronisation erfolgt hier explizit mit Bezug auf die zugrunde liegende Datenstruktur. Eine variable Menge von Instanzen kann zur Laufzeit jedoch nur indirekt durch Ad-hoc-Änderungen am Prozess gehandhabt werden.

Herausforderung 5: Flexibilität

Eine horizontale dynamische Granularität ist nur beim Case Handling [AWG05] möglich. Ein Datenelement kann innerhalb von mehreren Aktivitäten gelesen und geschrieben werden. Dabei können die Datenelemente jeweils entweder als frei, obligat oder optional gekennzeichnet werden. Ein Datenelement, das für eine Aktivität obligat ist, kann in vorausgehenden Aktivitäten optional zur Verfügung ge-

stellt werden. Der in [SO05] beschriebene Ansatz geht auf die vertikale dynamische Granularität von Aktivitäten ein. Der Benutzer hat die Möglichkeit, innerhalb seiner Arbeitsliste gleichartige Aktivitäten aus verschiedenen Prozessinstanzen zu gruppieren, um diese dann gemeinsam auszuführen. Eine datengetriebene Ausführung von Prozessen beschreiben [AWG05] und [RLA03, VRA08]. Die Steuerung der Prozesse erfolgt hier in Abhängigkeit von den vorliegenden Daten bzw. den vorliegenden Werten der Daten. In Corepro [MRH06, MRH07] werden die einzelnen Prozesse zwar nach wie vor aktivitätsbasiert ausgeführt, es findet jedoch eine datengetriebene Koordination statt. Alle bisherigen Ansätze beziehen jeweils nur auf wenige Teilaspekte der in diesem Aufsatz diskutierten Herausforderungen. Eine Gesamtlösung für ein datenorientiertes Prozess-Management-System steht nicht zur Verfügung.

5 Vision und Ausblick

Unser Ziel ist die Entwicklung eines Rahmenwerks für ein datenorientiertes Prozess-Management-System. Dadurch soll die generische Unterstützung von datenorientierten Prozessen mit einer integrierten Sicht auf Informationen und Prozesse möglich sein. Das System soll die Funktionalität von datenorientierten Anwendungen abbilden können und gleichzeitig die Vorteile bieten, die konventionelle Workflow-Management-Systeme mit sich bringen. Um dies zu erreichen, müssen nicht nur Daten und Prozesse besser integriert werden. Auch in Bezug auf die Einbindung des Benutzers entstehen neue Herausforderungen. Anwendungsdaten und Organisationsmodell können nicht mehr getrennt verwaltet werden. Des Weiteren ist die Vergabe von Berechtigungen in Bezug auf einzelne Aktivitäten nicht mehr ausreichend. Zusätzlich ist entscheidend, auf welche Daten ein Benutzer innerhalb einer Aktivität Zugriff hat. Dies kann nicht mehr allein auf Typebene definiert werden. Durch die direkte Zuordnung von Benutzern zu einigen Objektinstanzen entstehen Beziehungen zwischen Objekten und Benutzern die bei der Autorisierung berücksichtigt werden müssen.

Aktuell entwickeln wir deshalb eine grundlegend neue Architektur für ein datenorientiertes Prozess-Management-System. Weitere Arbeiten werden die detaillierte Beschreibung der einzelnen Komponenten und deren Zusammenhänge umfassen.

Literatur

- [RD00] M. Reichert, P. Dadam: *Geschäftsprozessmodellierung und Workflow-Management - Konzepte, Systeme und deren Anwendungen*. GITO-Verlag, Industrie Management, Vol. 16, No. 3, pp. 23-27.
- [AH04] W. M. P. van der Aalst, K. van Hee: *Workflow-Management - Models, Methods and Systems*. MIT Press, 2004.
- [AHKB03] W.M.P van der Aalst, A.H.M. ter Hofstede, B. Kiepuszewski, and A.P. Barros: *Workflow Patterns*, Distributed and Parallel Databases, 14(3), pages 5-51, July 2003.
- [NC03] A. Nigam, N.S.Caswell: *BusinessArtifactsAnApproachToOperationalSpecification*. IBM Systems Journal, Vol 42, No3, 2003.
- [IBW07] R.Liu, K.Bhattacharya, F.Y.Wu: *ModelingBusinessContextureAndBehaviorUsingBusinessArtifacts*. Proc. CAiSE 2007, LNCS 4495, pp.324-339.
- [GS07] C. E. Gerede, J. Su: *Specification and Verification of Artifact Behaviors in Business Process Models*. Proc. ICSSOC 2007, LNCS 4749, pp. 181-192.
- [AWG05] W. M. P. van der Aalst, M. Weske, D. Grünbauer: *Case Handling: A new paradigm for business process support*. Data & Knowledge Engineering 53 (2005) 129-162.
- [MRH06] D. Müller, M. Reichert, J.Herbst: *Flexibility of Data-Driven Process Structures* Proc. BPM 2006 Workshops, pp. 179-190. LNCS 4103.
- [MRH07] D. Müller, M. Reichert, J. Herbst: *Data-Driven Modeling and Coordination of Large Process Structures*. Proc. CoopIS 2007, pp. 131-149.
- [MRH08] D. Müller, M. Reichert, J. Herbst: *A New Paradigm for the Enactment and Dynamic Adaptation of Data-driven Process Structures*. Proc. CAiSE'08, Montpellier, France. Springer, LNCS 5074, pp. 48-63.
- [G05] K. Göser: *Plug & Play - Aspekte und Integration Zustandsbehafteter Daten in Prozess-Management-Systeme*. Diplomarbeit, Universität Ulm, Abteilung DBIS.
- [RKG06] K. Ryndina, J. M. Kuester, H. Gall: *Consistency of Business Process Models and Object-Life-Cycles*. Proc. MoDELS 2006 Workshops, LNCS 4364, pp. 80-90.
- [KRG07] J. M. Kuester, K. Ryndina, H. Gall: *Generation of Business Process Models for Object-Life-Cycle-Compliance*. Proc. BPM 2007, LNCS 4714, pp. 165-181.
- [RDHI07] G. Redding, M. Dumas, A. H. M. ter Hofstede, A. Iordachescu: *Transforming Object-oriented Models to Process-oriented Models*. Proc. BPM 2007 Workshops, LNCS 4928, pp. 132-143.
- [RLA03] H. A. Reijers, S. Limam, W. M. P. van der Aalst: *Product-Based Workflow Design*. Journal of Management Information Systems 2003, Vol. 20, No 1, pp. 229-262.
- [VRA08] I. Vanderfeesten, H. A. Reijers, W. M. P. van der Aalst: *Product-Based Workflow Support: Dynamic Workflow Execution*. Proc. CAiSE 2008, LNCS 5074, pp. 571-574.
- [SO05] S. Sadiq, M. Orłowska: *When workflows will not deliver - The case of contracting work practice*. Proc. BIS 2005, Poland.
- [ABEW00] W. M. P. van der Aalst, P. Barthelmess, C. A. Ellis, J. Wainer: *Workflow Modeling Using Proclots*. Proc. CoopIS 2000, volume 1901 of Lecture Notes in Computer Science, pages 198-209.