

**Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej
Polskiej Akademii Nauk**

Mgr inż. Paweł Buchwald

Symulacja informacyjno – decyzyjnych systemów zarządzania

Autoreferat rozprawy doktorskiej

Promotor

Dr hab. inż. Mirosław Zaborowski.

Gliwice 2011

Plan autoreferatu

1. Wprowadzenie.....	3
2. Problem symulacji informacyjno-decyzyjnych systemów zarządzania.....	4
3. Zakres i wyniki pracy.....	5
4. Literatura.....	11

Problem symulacji informacyjno-decyzyjnych systemów zarządzania

Symulacja systemów jest techniką rozwiązywania problemów polegającą na śledzeniu w czasie zmian zachodzących w dynamicznym modelu systemu. Symulacyjne modele matematyczne nie służą do tego, aby za ich pomocą uzyskać rozwiązanie metodami analitycznymi i z tego względu mogą być tworzone bardziej swobodnie [8]. Dyskretny w czasie model symulacyjny nie musi być zbudowany w oparciu o zestaw równań stanu i równań wyjść. Zamiast tego mogą być zastosowane dowolne procedury, za pomocą których można wyznaczyć stan następny systemu na podstawie jego stanu poprzedniego [10]. W przypadku relacyjnych modeli symulacyjnych, gdzie współrzędne stanu są atrybutami pewnych bytów (np. procesów, zasobów, systemów organizacyjnych itp.), procedury te mogą nie tylko zmieniać wartości tych atrybutów, ale też tworzyć te byty lub je kasować [10].

Celem symulacji systemów informacyjno-decyzyjnych za pomocą uniwersalnego symulatora tych systemów jest porównywanie zachowania się tych systemów, badanych w odrębnych eksperymentach symulacyjnych, przy takich samych warunkach początkowych i takich samych pobudzeniach zewnętrznych. Uniwersalnym modelem symulacyjnym informatycznych systemów zarządzania jest szkieletowy system EPC II pracujący w trybie „co jeśli”. Współzrędnymi stanu są atrybuty elementów informacji, czyli pola w wierszach tabel relacyjnej bazy danych, a procedury decyzyjne z najniższej warstwy funkcjonalnej są zastąpione przez procedury symulacyjne. Na przykład, w przypadku systemów zgodnych ze standardem MRP II [9], w których najniższą warstwą jest warstwa centrów roboczych, procedury modelujące odbiór decyzji dotyczących centrów roboczych mogą generować prognozy ich działania, czyli przewidywane skutki wykonania najbardziej szczegółowych decyzji. We wszystkich wyższych warstwach rolę procedur symulacyjnych pełnią procedury przetwarzania danych działające tak, jak w normalnym trybie pracy. Inaczej niż w przypadku analizy „what if” z systemów komercyjnych, stan prognoz po pierwszym kroku nie jest stanem końcowym, lecz stanem początkowym dla następnego okresu planistycznego.

Główną tezą pracy jest twierdzenie iż

korzystając ze współcześnie dostępnych technologii informatycznych można zbudować uniwersalny symulator informacyjno-decyzyjnych systemów zarządzania o strukturze szkieletowego systemu EPC II.

Celem pracy doktorskiej jest sformułowanie problemów projektowania uniwersalnego symulatora informacyjno-decyzyjnych systemów zarządzania i pokazanie sposobów ich rozwiązania. Problemy te dotyczą

- 1) transformacji diagramów procesów biznesowych i diagramów systemów sterowania procesami biznesowymi, wprowadzanych przez projektantów za pomocą odpowiedniego narzędzia graficznego, na zapis struktury systemu informacyjno-decyzyjnego w relacyjnej bazie danych szkieletowego systemu EPC II,
- 2) sprzężeń między tranzycjami systemu EPC II i zewnętrznym repozytorium procedur tranzycyjnych,

- 3) utrzymywania związków między atrybutami elementów informacji w szkieletowym systemie EPC II i polami w wierszach tabel bazy danych użytkownika,
- 4) pokazania mechanizmów, które mogą posłużyć do budowy podsystemu synchronizacyjnego do sterowania kolejnością faz przetwarzania danych, oraz mechanizmów sterowania kolejnością wykonań tranzycji,
- 5) selektywnego wykorzystania tych wyników symulacji, które posłużą do oceny podejmowania decyzji w wykonanych eksperymentach symulacyjnych poprzez śledzenie zmian konkretnych miejsc informacji.

Tak sformułowana teza może zostać udowodniona poprzez dyskusję wszystkich wymienionych wyżej problemów implementacji symulatora o strukturze szkieletowego systemu EPC II i wykazanie, że problemy te można rozwiązać za pomocą współcześnie dostępnych technologii informatycznych.

Zakres pracy i uzyskane wyniki.

Zakres pracy wynika z celu pracy. Problemy implementacji symulatora systemów zarządzania, wymienione wyżej w punktach (1) ... (5), są omawiane kolejno w rozdziałach od 2 do 6 pracy. Dodatkowo w rozdziale 7 dokonano porównania projektowanego symulatora o strukturze szkieletowego systemu EPC II ze znanym symulatorem procesów biznesowych ARIS Business Simulator firmy IDS Scheer.

Zanim dokonanie symulacji sterowania procesami biznesowymi będzie możliwe należy wpisać dane opisujące symulowany system w strukturę relacyjnego modelu EPC II. Udostępnienie funkcjonalności zapisu może być dokonane za pomocą narzędzi graficznych, których budowa jest możliwa w oparciu o istniejące i ogólnie dostępne środowiska projektowania aplikacji. Większość z dostępnych narzędzi wspomagających projektowanie aplikacji wspiera paradygmat programowania obiektowego [2]. Jednym z popularnych narzędzi projektowania oprogramowania jest środowisko Enterprise Architect [7]. Narzędzie to pozwala na zapisanie utworzonych w języku UML diagramów projektowanego systemu w postaci danych zapisanych w relacyjnej bazie danych lub w plikach XML. Wybór narzędzia Enterprise Architect jako środowiska pracy projektanta modeli systemów informacyjno-decyzyjnych jest uzasadniony szeroko rozpowszechnionym wykorzystaniem symboli języka UML w wielu zastosowaniach [5].

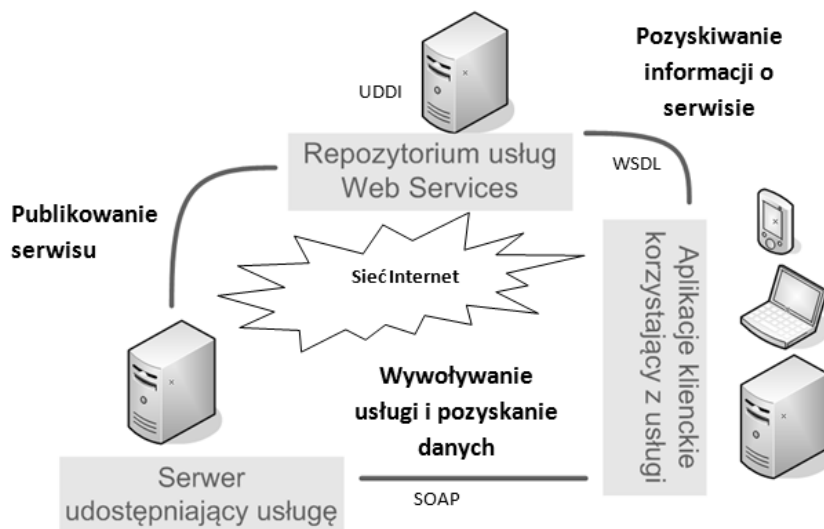
W pracy pokazano sposób na wykorzystanie standardowych mechanizmów umożliwiających dostęp do relacyjnych danych, które są stosowane w inżynierii programowania, w celu wpisania informacji o symulowanym obiekcie do szkieletowego systemu EPC II. Na przykładzie zaczerpniętym z materiałów [16] przedstawiono scenariusz postępowania umożliwiający użycie narzędzia Enterprise Architect do budowy modelu, jak również scenariusz translacji modelu zaprojektowanego z wykorzystaniem dostępnych w wymienionym narzędziu diagramów języka UML do postaci bazy danych systemu EPC II. Przykład scenariusza translacji oparto o mechanizmy dostępne w narzędziu SQL Server [1].

Zastosowana metoda uszczegółowienia modelu symulacyjnego wymaga przetwarzania danych w bazie szkieletowego systemu EPC II. Struktura danych systemu EPC II umożliwia

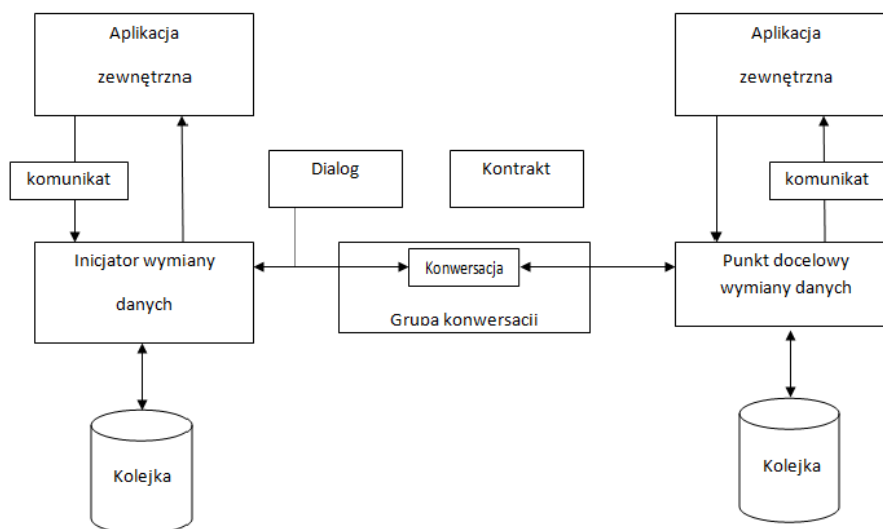
nie tylko zapis struktury procesów, lecz również przetwarzanie danych o zmiennych parametrach procesów [6]. Zestaw skończonej liczby atrybutów kluczowych może być użyty do identyfikacji każdego rekordu w bazie danych EPC II. Użyte w tabelach bazy danych kolumny kluczowe są niezbędne do wykonania operacji złączenia tabel w celu pozyskania pełnej wiedzy o symulowanym obiekcie. W przypadku zautomatyzowanego tworzenia wpisów w bazie danych narzędzia Enterprise Architect konieczne jest wielokrotne wyszukiwanie miejsc informacji na podstawie wartości atrybutów kluczowych zdefiniowanych przez model EPC II. W pracy pokazano możliwość poprawy wydajności dostępu do danych podczas wyszukiwania konkretnych miejsc informacji.

Wiele z obecnych systemów informatycznych jest zrealizowanych w oparciu o rozproszoną architekturę zorientowaną serwisowo. Zastosowanie luźno powiązanych komponentów tej architektury bardzo często pozwala na użycie funkcjonalności udostępnionych przez inne systemy. Daje to możliwość powiązania procedur tranzycyjnych szkieletowego systemu EPC II z usługami zgodnymi z koncepcją architektury SOA, a tym samym realizację architektury symulacyjnej w sposób rozproszony. Możliwe jest tym samym częściowe użycie funkcjonalności oferowanych przez istniejące systemy informatyczne zbudowane w oparciu o architekturę zorientowaną serwisowo, np. na bazie komponentów Web Services, do wykorzystania w systemie EPC II. W celu powiązania zewnętrznych danych i metod usługowych udostępnianych przez obiekty rozproszone użyto mechanizmów dostępnych w warstwie bazy danych oraz logiki biznesowej, oferowanych przy implementacji aplikacji do rozwiązania problemu komunikacji i wykorzystania danych rozproszonego środowiska informatycznego. Do mechanizmów mogących służyć do komunikacji międzyprocesowej należą mechanizmy usług Web Services. Umożliwiają one różnym systemom wymianę danych oraz przetwarzanie danych rozproszonych w obrębie różnych lokalizacji udostępnianych sieciowo. Ta metoda komunikacji pomiędzy systemami przetwarzania danych jest niezależna od zastosowanej technologii, systemu operacyjnego czy architektury sprzętowej. Umożliwia to powiązanie metod rozproszonych obiektów webowych z tranzycjami szkieletowego systemu EPC II. Klasyczny przykład współpracy systemu informatycznego z wykorzystaniem usług Web Services przedstawiono na rysunku 2.

Oprócz mechanizmów dostępnych w warstwie logiki biznesowej do integracji z zewnętrznymi źródłami danych możliwe jest użycie mechanizmów samej bazy danych. Jednym z nich jest przedstawiony mechanizm Service Broker. Za pomocą SQL Server Service Broker można zrealizować dwukierunkową implementację przesyłania komunikatów pomiędzy procesami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Przesyłanie komunikatów jest realizowane w sposób transakcyjny, a do ich przechowywania w elementach takich jak kolejki są wykorzystywane tabele relacyjnej bazy danych. Użycie mechanizmów zaimplementowanych w bazie danych służących do wymiany danych z zewnętrznymi systemami informatycznymi można potraktować jako praktyczny przykład pokazujący możliwość zapewnienia odwzorowania danych z systemów zewnętrznych w bazie danych EPC II. Zastosowanie mechanizmów Service Broker umożliwia również uzyskanie spójności danych pomiędzy systemem zewnętrznym, a implementowanym modelem. Schemat działania usług Service Broker użytych w pracy przedstawia rysunek 3.



Rysunek 2 Architektura wymiany danych z użyciem Web Services.



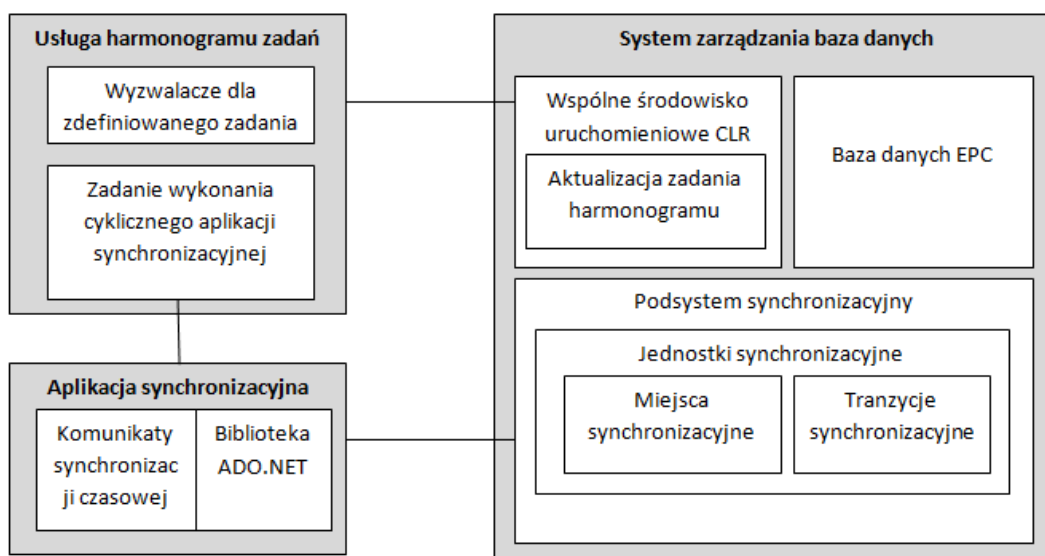
Rysunek 3. Schemat wymiany danych z użyciem relacyjnej bazy danych za pośrednictwem usługi Service Broker

Jednym z problemów występujących przy integracji danych zewnętrznych z modelem utworzonym za pomocą bazy danych EPC II jest sposób identyfikacji poszczególnych danych. W pracy pokazano mechanizmy dostępne w popularnych systemach bazodanowych umożliwiające dokonanie takiej identyfikacji za pomocą predefiniowanych mechanizmów relacyjnych baz danych.

Zastosowanie szkieletowego systemu EPC II do symulacji wymaga zaprojektowania podsystemu sterowania kolejnością wykonań tranzycji [11,16] za pomocą mechanizmów kompatybilnych z systemami zarządzania relacyjną bazą danych. Mechanizm sterowania

kolejnością wykonań powinien pozwalać na wyznaczanie momentów zakończenia kolejnych faz przetwarzania danych. Jego implementacja jest możliwa w oparciu o komponenty pełniące funkcje kontroli harmonogramowania zadań oraz kontroli warunków wykonania poszczególnych procedur administracyjnych. Nowoczesne narzędzia relacyjnych baz danych oprócz typowych funkcji zarządzania systemem składowania danych zapewniają bogaty zestaw mechanizmów pozwalających na sterowanie logiką biznesową aplikacji bazodanowych. Są to zarówno mechanizmy używane przy czynnościach administracyjnych, takie jak mechanizmy „jobów” w SQL Server 2008, jak też pakiety DTS oraz SSIS, stosowane do opisu i sterowania logiką biznesową transformacji danych [4]. Wymienione mechanizmy pozwalają na zapisanie warunkowych przejść pomiędzy poszczególnymi krokami wykonywanych czynności oraz na zastosowanie rozgałęzień, co umożliwi zapisanie za ich pomocą każdego algorytmu przetwarzania danych. W przypadku zapisu logiki biznesowej za pomocą SSIS jest możliwe zastosowanie zarówno notacji graficznej jak i notacji kodu dla środowiska .NET wykonywanego pod kontrolą środowiska CLR. Bogaty zestaw możliwości zapisu logiki sterowania może być zintegrowany z wywołaniami na poziomie języka T-SQL. Pozwala to na uruchomienie logiki biznesowej wyznaczającej warunki sterowania kolejnością tranzycji zarówno przy pomocy procedur wbudowanych jak i triggerów nałożonych na typowe operacje aktualizacji i wstawiania rekordów do bazy danych szkieletowego systemu EPC II.

Jednym z mechanizmów pozwalających na cykliczne wykonywanie zaplanowanych zadań jest usługa harmonogramu zadań systemu operacyjnego. Pozwala ona na określenie zdarzeń zewnętrznych, które muszą mieć miejsce, aby dany proces został uruchomiony. Usługa harmonogramowania zadań systemu operacyjnego jest często wykorzystywana do automatyzacji cyklicznych zadań administracyjnych lub okresowego generowania raportów. Może być również wykorzystana jako generator zdarzeń synchronizacyjnych występujących przy symulacji z wykorzystaniem modelu EPC II. Atrybuty definiowania cyklicznych zadań dla celów synchronizacji szkieletowego systemu EPC II muszą być określone dynamicznie na podstawie danych opisujących czas uruchamiania tranzycji zegarowej. Zewnętrzny proces uruchamiany przez harmonogram zadań powinien z bazy danych szkieletowego systemu EPC II wyselekcjonować informacje potrzebne do wyznaczenia warunków przejścia do kolejnej fazy przetwarzania danych. Za pomocą biblioteki ADO.NET aplikacja cyklicznie uruchamianego zadania może odczytywać i aktualizować miejsca informacji odpowiedzialne za sterowanie tranzycją zegarową. Na podstawie danych o przewidywanym czasie zakończenia danej fazy przetwarzania danych można wyznaczyć nowy czas uruchomienia zadania synchronizacyjnego i dokonać jego aktualizacji przy pomocy prezentowanej biblioteki dla środowiska uruchomieniowego .Net. Ze względu na użycie tego środowiska uruchomieniowego moduł aktualizacji zadania harmonogramu może być obiektem zarządzanym bazy danych. Pozwala to na wywołanie logiki biznesowej aktualizacji harmonogramu zadań z poziomu bazy danych. Konceptyjny schemat współpracy bazy danych szkieletowego systemu EPC II z usługą harmonogramu zadań przy pomocy aplikacji warstwy pośredniczącej przedstawia rysunek 4.



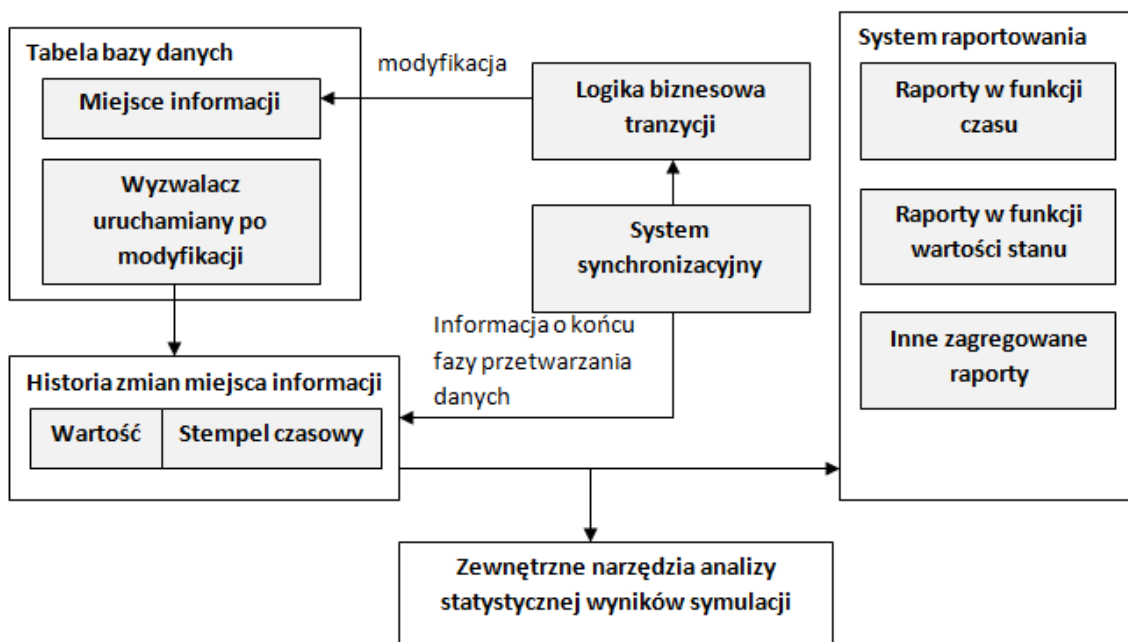
Rysunek 4. Schemat współpracy usługi harmonogramu zadań z bazą danych EPC II

Przeprowadzenie symulacji za pomocą konstruowanej metody symulacyjnej polega na wykonaniu funkcji tranzycyjnych zmieniających stan poszczególnych miejsc informacyjnych. Stan odwzorowanego w systemie EPC II modelu jest zdeterminowany poprzez stan poszczególnych miejsc informacji. Istotne jest, aby umożliwić zapamiętywanie zmian w poszczególnych miejscach informacji oraz zapewnić możliwość powrotu do zapamiętanego wcześniej stanu modelu symulacyjnego. Pozwala to na pełne śledzenie zmian modelu jakie mają miejsce pod wpływem zewnętrznych bądź też symulowanych wymuszeń i powrót do konkretnego stanu modelu. Stan modelu może być odtworzony poprzez przywrócenie wartości w każdym miejscu informacji z odtworzenia ich z kopii tych wartości sporządzonej na podstawie mechanizmów udostępnionych poprzez system zarządzania relacyjną bazą danych.

Każdy zintegrowany system sterowania procesami biznesowymi posiada również funkcjonalność umożliwiającą symulowanie zachowania procesów biznesowych. Z tego względu należy przedstawić możliwości rozwiązania opartego o szkieletowy system EPC II w zakresie śledzenia zmian i raportowania wyników symulacji. Podstawowym mechanizmem bazy danych pozwalającym na śledzenie zmian wartości zapisanych w polach rekordów tabeli są wyzwalacze. Wyzwalacze są uruchamiane w przypadku wystąpienia operacji wstawiania, aktualizacji lub kasowania rekordu w tabeli bazy danych. Za ich pomocą można zaprojektować nie tylko możliwość śledzenia zmian, ale również zapamiętywanie wartości, które zostały zmodyfikowane. W bazie danych SQL Server możliwe jest posługiwanie się kopią rekordu, która zawiera uprzednie wartości pól zastąpione wartościami nowymi, w wyzwalaczu uruchamianym przy wystąpieniu operacji modyfikowania danych. Uprzednie wartości mogą być wczytywane do przygotowanego wcześniej miejsca w bazie danych lub umieszczone w zewnętrznym źródle danych. Pozwoli to na zachowanie historii zmian tych miejsc informacyjnych, które są interesujące pod względem przeprowadzanej symulacji. Zmiana zawartości miejsca informacyjnego jest realizowana w wyniku wykonania logiki biznesowej umieszczonej w procedurze tranzycyjnej. Dlatego w tej samej chwili czasu

dyskretne jest możliwe kilkakrotne zmodyfikowanie zawartości miejsca informacji, jeśli jest ono powiązane z kilkoma tranzycjami.

Wykorzystanie wyzwalaczy pozwala na zapamiętanie wszystkich zachodzących modyfikacji. Skojarzenie zapamiętanych modyfikacji ze znacznikiem czasu modyfikacji, wyznaczonym w odniesieniu do początku lub końca fazy przetwarzania danych, daje możliwość zapamiętywania zmian każdego miejsca informacyjnego z dokładnością wystarczającą do odzwierciedlenia nawet najmniejszej zmiany stanu symulowanego systemu. Rozwiązanie problemu zapamiętywania zmian stanu modelu może być realizowane poprzez automatyczne wygenerowanie odpowiednich wyzwalaczy dla tabel systemu EPC II jak również rozszerzenie bazy danych o dodatkowe miejsca informacji pozwalające na zapis zmian. Przy realizacji tego zapisu trzeba uwzględnić również czas wystąpienia zmiany, który powinien być wyznaczony odpowiednim komunikatem synchronizacyjnym. Koncepcja architektury śledzenia zmian została przedstawiona na rysunku 5.



Rysunek 5. Architektura modułu zapisywania zmian stanu systemu EPC II

Zmiany wykryte w systemie, skorelowane ze stemplami czasowymi wyznaczonymi na podstawie komunikatów z systemu synchronizacyjnego, mogą stanowić podstawę do wykonania raportów za pomocą klasycznych usług raportowania lub wykonania analizy statystycznej uzyskanych w ten sposób danych. Korzysta się przy tym z zewnętrznych narzędzi statystycznych, posiadających możliwości odczytu danych umieszczonych w bazie danych lub w zewnętrznych źródłach wykorzystywanych do przechowywania informacji o zmianie atrybutów miejsc informacji.

Mechanizmy używane przy konstrukcji oprogramowania pozwalają na wykorzystanie modelu EPC II do celów symulacyjnych [3]. Przydatność tego rozwiązania w celach symulacyjnych została ponadto zaprezentowana przez porównanie symulacji z zastosowaniem systemu EPC II z symulacją za pomocą symulatora ARIS. W zastosowaniach

do modelowania i symulacji procesów możliwości obu systemów są podobne, ale w systemie EPC II można zamodelować nie tylko procesy, lecz także systemy sterowania procesami. Ponadto symulacja przy zastosowaniu systemu EPC II pozwala na wymuszenie dowolnego spośród możliwych stanów początkowych systemu poprzez wprowadzenie odpowiednich danych w miejsca informacji. Co do integracji z istniejącymi informatycznymi systemami zarządzania oba systemy wykazują podobne możliwości.

Literatura

1. Aschwani N.: SQL Server 2005 Integration Services, McGraw-Hill Publ. comp., 2006.
2. Bennett S., McRobb S., Farmer R.: Object – Oriented System Analysis and Design using UML McGraw-Hill 2003.
3. Buchwald P.: Koncepcja architektury symulatora modeli informacyjno-decyzyjnych systemu zarządzania w (red) Grzywak A.: Internet w Społeczeństwie Informacyjnym ,Wydawnictwo WSB, Dąbrowa Górnicza 2007.
4. Buchwald P.: Zastosowanie wybranych mechanizmów transformacji danych dla potrzeb symulacyjnych na przykładzie SQL Server. W Kozielski S. (red): Studia Informatica, Gliwice 2009.
5. Buchwald P.: Zastosowanie diagramów aktywności języka UML w przygotowaniu symulacji projektu logiki biznesowej rozwiązania za pomocą sterownika przemysłowego rodziny Moeller. W: A. Grzywak (red.) „Zastosowania Internetu”, Wydawnictwo WSB Dąbrowa Górnicza 2009.
6. Buchwald P., Heczko M., Zaborowski M.: Struktura danych do obliczania zmiennych parametrów procesu w modelu informacyjno – decyzyjnym systemów zarządzania w (red) Kozielski S.: Bazy danych. Modele, technologie, narzędzia. Analiza danych i wybrane zastosowania, WKŁ Gliwice 2006.
7. Enterprise Architect User Guide.
http://www.sparxsystems.com/enterprise_architect_user_guide/
8. Gordon G.: Symulacja systemów, PWN Warszawa 1974.
9. Landvater D., Gray Ch. „MRP II Standard System. A Handbook for Manufacturing Software Survival” Oliver Wight Limited Publications, Inc., Essex Junction, Vermont, USA, 1989
10. Zaborowski M.: Sterowanie nadążne zasobami przedsiębiorstwa Wyd. PK Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2008.
11. Zaborowski M.: Model informacyjno-decyzyjny zarządzania zasobami. w M. Gruz, M. Lisiński (red.), P. Markiewicz, H. Walica, M. Zaborowski „Zarządzanie zasobami w przedsiębiorstwie”. Wyd. WSB, Dąbrowa Górnicza 2006.
12. Zaborowski M.: The EPC theory. Basic Notions of Enterprise Process Control, Management and Production Engineering Review, Vol. 1, No 3, September 2010.
<http://www.review.univtech.eu/images/archiwum/nr3/8-zaborowski.pdf>
13. Zaborowski M.: The EPC theory. Couplings between Transitions in Enterprise Process Control Systems, Management and Production Engineering Review, Vol.

- 1, No 4, December 2010. <http://www.review.univtech.eu/images/archiwum/nr4/9-zaborowski.pdf>
14. Zaborowski M.: The EPC II theory. The Structure of Business Process Control Systems, Management and Production Engineering Review, Vol. 2, No 1, March 2011.
15. Zaborowski M.: Ogólny opis i zakres zastosowań szkieletowego systemu sterowania procesami przedsiębiorstwa. W: Knosala R. (red.) „Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie”, Oficyna Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2011.
16. Zaborowski M.: Materiały pomocnicze do wykładu „Zintegrowane Systemy Zarządzania”, Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, nie publikowane.