MODEL SZYNY INTEGRACYJNEJ DANYCH I ONTOLOGII PROCESÓW *SMART CITIES*

Cezary Orłowski[1], ***Tomasz Sitek***[1]
Artur Ziółkowski[1], ***Paweł Kapłański***[1]
Aleksander Orłowski[1], ***Witold Pokrzywnicki***[1]

Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję modelu szyny integracyjnej wykorzystywanego w projektowaniu architektur systemów *Smart Cities*. Model takiej szyny staje się niezbędny przy projektowaniu architektur wysokopoziomowych (ang. *high level architecture*), w ramach których procesy silosowe organizacji powinny być widziane z pespektywy jej ontologii. Aby taka szyna mogła być wykorzystywana przez dowolne miasta zaproponowano rozwiązanie generyczne, które może być implementowane w całości lub części w zależności od wymagań miast stawianych w stosunku do konstrukcji takich szyn. Artykuł został podzielony na cztery główne części. W części pierwszej został przedstawiony model procesów projektowania architektury wysokopoziomowej z wykorzystaniem ontologii i szyny integracyjnej danych, który jest uogólnieniem doświadczeń autorów wyniesiony z procesów projektowania systemów *Smart Cities*. Część druga zawiera opis środowiska wytwarzania systemów *Smart Cities* zobrazowany dwoma wytycznymi oraz procesami implementacji tych wytycznych. W części trzeciej wyodrębniono dwie składowe stanu tego środowiska: szynę integracyjną danych oraz ontologię procesów miasta dla zobrazowania sposobu projektowania systemów *Smart Cities* i pokazania procesów przenikania się danych i ontologii procesów miasta w budowie architektury wysokopoziomowej. Część czwarta zawiera opis zastosowania proponowanego modelu do budowy wspólnej szyny integracyjnej danych i ontologii. Artykuł podsumowują rekomendacje dotyczące możliwości zastosowania proponowanego modelu.

Słowa kluczowe: Smart Cities, ontologies, Ontology Driven Architecture.

https://doi.org/10.34808/reme.2015.02.004

[1] Politechnika Gdańska, Wydział Zarządzania i Ekonomii/ Gdańsk University of Technology, Faculty of Management and Economics

1. Wprowadzenie

Architektury systemów informatycznych stanowią podstawowe źródło wiedzy o procesach i danych (podejście strukturalne) lub klasach i obiektach (podejście obiektowe) projektowanego systemu informatycznego. W architekturach tych ma miejsce podział systemu na poszczególne warstwy, które w zależności od stawianych wymagań zawierają ich mniej lub więcej. Najbardziej rozpowszechnioną wersją tej architektury jest architektura trójwarstwowa (*Three-Tier Architecture*), w której fizycznie wyodrębnione są warstwy danych, logiki i prezentacji. Ostatnio coraz częściej projektuje się architektury zorientowane na usługi (ang. *Service-Oriented Architecture*) lub mikrousługi, w której każda funkcjonalność dostarczana jest jako reużywalna usługa lub mikrousługa, dostępna zarówno dla odbiorcy, jak i pomiędzy samymi usługami (IBM, 2013a). Projektowanie usług bądź mikrousług zależy od złożoności systemu, strategii funkcjonowania organizacji i jej skłonności do ponoszenia ryzyka oraz dostępności/braku dostępności szyny integracyjnej (ang. *integration services buses*) (IBM, 2013b). Zależy także od stopnia złożoności procesów organizacji oraz możliwości jej implementacji w ramach realizowanych projektów informatycznych.

Szyny integracyjne pojawiły się w momencie wprowadzenia paradygmatu projektowania opartego na usługach (ang. *software as a service*), w ramach którego funkcjonalności silosowe organizacji – tu: komórek oraz wydziałów, jak i jego partnerów – mogą być zintegrowane (Czarnecki i inni, 2009). W artykule rozszerza się znaczenie szyny integracyjnej, opisanej tu nie tylko jako zorientowaną na usługi platformę łączącą zarówno aplikacje tworzone za pomocą zróżnicowanych technologii, niekompatybilne formaty i zasoby danych oraz protokoły komunikacyjne, ale też poddane implementacji procesy organizacji. Zaletą tego rozwiązania jest przede wszystkim dynamiczna konwersja i transformacja danych (ang. *dynamic data transformation and conversion*), rozproszona komunikacja (ang. *distributed communication*) oraz inteligentny *routing* usług (ang. *intelligent service routing*). Niezbędne wydaje się także, by model szyny integracyjnej był rozwiązaniem na tyle generycznym, aby przy tworzeniu kolejnych architektur dla kolejnych organizacji/grup procesów możliwe było wykorzystanie zarówno całości, jak i części zaprojektowanych usług.

W przypadku złożonych systemów oraz ich realizacji w ramach projektów informatycznych projektowane są architektury wysokopoziomowe, prezentujące obraz funkcjonalności systemów niezbędne dla kierowników takich projektów. Architektura wysokopoziomowa staje się wówczas zbiorem procesów i potencjalnych funkcjonalności, na podstawie której priorytetowane są zadania projektowe (Orłowski i inni, 2011). Proces przyporządkowania priorytetów bazuje wówczas na wiedzy o takiej architekturze i pozwala kierującemu projektem na decydowanie, które z funkcjonalności realizowane są jako pierwsze np. w pierwszym sprincie. Projektowanie takich architektur albo wymaga pełnej wiedzy od organizacji, albo zaangażowania w proces projektowy analityka biznesowego. Autorzy artykułu proponują, aby proces projektowania architektur wysokopoziomowych wesprzeć ontologiami oraz w procesie

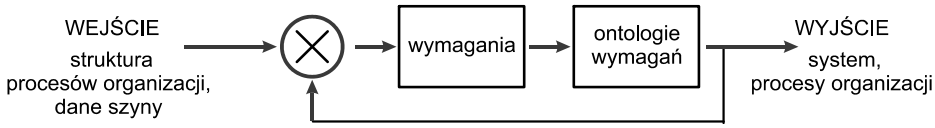
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

projektowania wykorzystać wiedzę dotyczącą szyny integracyjnej dla wsparcia procesów wytwarzania ontologii oraz projektowania architektury wysokopoziomowej. Ontologie są w tym przypadku rozumiane jako formalna reprezentacja zapisanej wiedzy o procesach organizacji w postaci zbiorów bytów i relacji pomiędzy nimi. Stworzenie przenikającej się hybrydy projektowej pozwala wówczas, aby proces projektowania architektur wysokopoziomowych miał wymiar komponentowy, niezależny od wiedzy analityków biznesowych oraz wiedzy kierowników projektów o stanie procesów organizacji (Czarnecki i Orłowski, 2009).

W artykule zaproponowano połączenie funkcjonalności szyny integracyjnej danych dla wsparcia procesów projektowania wysokopoziomowych architektur projektowanych z wykorzystaniem ontologii. Połączenie to pojawiło się ono w trakcie procesów projektowania systemu *Smart Cities*. Włączone zostało ono w proces projektowania architektury wysokopoziomowej (ang. *high level architecture*) w projektach zarządzanych podejściami lekkimi. Dzięki stworzonej architekturze z wykorzystaniem ontologii oraz wiedzy o szynie integracyjnej danych zaistniała możliwość aby w procesach projektowania generować modele procesów zachodzących w organizacji lub obowiązujące procedury miasta. Ponieważ szyna integracyjna agregowała nie tylko dane i procesy organizacji, ale także technologie, dlatego stosunkowo często pojawiało się pytanie, na ile wiedza o składnikach szyny integracyjnej wpływa na proces projektowy wykorzystujący ontologie. Artykuł prezentuje te zależności, aby wspomóc projektantów zarówno szyn integracyjnych, ale także ontologii w doborze technologii i wykorzystaniu wiedzy eksperckiej w procesach projektowania systemów złożonych.

2. Model procesu projektowania architektury wysokopoziomowej z wykorzystaniem ontologii i szyny integracyjnej danych

Punktem wyjścia do prezentacji proponowanego podejścia jest model procesów projektowania architektur wysokopoziomowych z wykorzystaniem ontologii i szyny integracyjnej. Na rysunku 1. przedstawiono zarówno wymagania, ontologie wymagań oraz dane szyny integracyjnej. Przez pryzmat ontologii można ocenić spójność procesów dla ich późniejszego przetwarzania. W ten sposób można dobierać właściwe technologie do modelowania wymagań. Wówczas wymagania i procesy organizacji można łatwo przedstawić w postaci systemu ze sprzężeniem zwrotnym, w którym ontologie wymagań stroją ten system z punktu widzenia wydajności systemu procesów organizacji. Schemat systemu ze sprzężeniem zwrotnym przedstawiono na rys. 1



Rys. 1. Model procesów projektowania architektury wysokopoziomowej z wykorzystaniem danych szyny integracyjnej

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

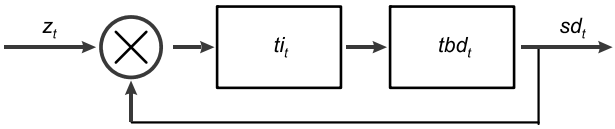
Ponieważ architektura wysokopoziomowa zawiera informacje tylko o procesach organizacji, a jej projektowanie wymaga stosowania zintegrowanych (z wykorzystaniem szyny danych) technologii informatycznych obecnie zostanie przedstawiony proces projektowania szyn integracyjnych. Wówczas będzie można uogólnić możliwości agregacji projektowania szyn integracyjnych i architektur wysokopoziomowych. Należy przyjąć, że w projektowaniu szyn integracyjnych dobór technologii, jest pochodną dojrzałości organizacji, ale też nie ma bezpośredniego związku pomiędzy dojrzałością zespołu a typem stosowanych technologii (Pastuszak i inni, 2008). Zespoły dojrzałe mogą bowiem wykorzystywać mniej zaawansowane technologicznie rozwiązania (narzędzia informatyczne bądź języki programowania), ale mogą także stosować bardzo zaawansowane narzędzia CASE (*Computer Aided Software Engineering*) (Czarnecki i inni, 2009). Również w przypadku zespołów o niskiej dojrzałości można zaobserwować podobne tendencje. Niestety takie podejście do wykorzystania technologii informatycznych przekłada się także w prostą relację. Stosuje się technologie informatyczne, w której zespół się specjalizuje i zmienia je bardzo ostrożnie. Gama dostępnych technologii pozwala jednak na wybór zarówno typu (języki, narzędzia, środowiska wytwarzania), jak i konkretnych technologii (Java, .Net, Eclipse, J2EE, innych).

Stosowane przez zespół wytwórczy technologie informatyczne wytwarzania przekładają się w prosty sposób na wykorzystywane technologie baz danych. O ile jednak w przypadku projektowania prostych systemów dostawca narzuca standard baz danych, o tyle w przypadku systemów heterogenicznych (zróżnicowane standardy baz danych) narzucenie jednolitego standardu może w znaczny sposób ograniczyć zarówno proces projektowania, jak też i rozwoju systemu. Dlatego też coraz częściej stosowane są hurtownie danych jako metoda integracji danych, zaś właściwie zaprojektowane procesy ETL (*extract, transform, loading*) umożliwiają wprowadzanie i przetworzenie dowolnych danych do systemu. Pojawia się jednak pytanie: na ile hurtownie danych będą w stanie umożliwiać wprowadzania dowolnych standardów baz danych w zmieniających się (w długiej perspektywie czasu) typowej dla projektowania systemów *Smart Cities*? Podobne pytania pojawiają się przy określaniu funkcjonalności projektowanego systemu. Czy jego funkcjonalności ograniczają się tylko do monitorowania zdarzeń, czy zakres tych funkcjonalności jest niski (miara lingwistyczna), obejmujący zarówno definiowanie zdarzeń i incydentów (grup zdarzeń), czy też średni obejmujący projektowanie kluczowych wskaźników wydajności? Można założyć także, że zakres funkcjonalności jest wysoki, co oznacza, że oprócz tych podanych uprzednio system powinien także generować powiadomienia, alerty i reguły zdarzeń dzięki budowie standardowych procedur operacyjnych (SOP), jak też prowadzenie analiz na poziomie *Business Intelligence*.

Jeżeli uwzględnimy w tak pojętym procesie projektowania funkcjonalności projektowanie architektur wysokopoziomowych wraz z szyną integracyjną, hurtownie danych lub zwykłą integrację baz danych, to (wraz z informacjami o produktach) posiadamy kompendium wiedzy o technologiach integracyjnych oraz ontologie wymagań organizacji. Wówczas pozostaje nam już tylko dobór odpo-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wiednich technologii dla potrzeb procesów implementacji wymagań. W takim przypadku istnieje możliwość uogólnienia przedstawionego na rys. 1 procesu do ogólnego projektowania architektur wysokopoziomowych z wykorzystaniem szyny integracyjnej. Taki ogólny model przedstawiono na rys. 2. Dla opisu zakresu i wartości poszczególnych zmiennych można zastosować również opis lingwistyczny poprzedzony ekspercką oceną przynależności technologii do określonych dojrzałości/wysokości.



Rys. 2. Uogólniony model projektowania architektury wysokopoziomowej z wykorzystaniem danych szyny integracyjnej

Do opisu tego modelu zastosowano opis skalarny (jako prostszy) i potraktowano jak poprzednio (rys. 1) model ogólny, jako układ sterowania, któremu przyporządkowano funkcje sterowania f_t

$$sd_t = f_t(ti_t, tbd_t) \tag{1}$$

gdzie: f_t – funkcja sterowania (proponowana w artykule funkcja regułowa)
sd_t – odpowiedź obiektu na wyjściu (poziom użyteczności projektowanego system), $sd_t \in \langle 1, 5 \rangle$
ti_t – dojrzałość regulatora sterowania (poziom wymagań), $ti_t \in \langle 1, 5 \rangle$
tbd_t – oznacza dojrzałość obiektu sterowanego (złożoność projektowanych ontologii), $tbd_t \in \langle 1, 5 \rangle$
z_t – wartość zadana (struktura procesów i dane szyny integracyjnej), $z_t \in \langle 1, 5 \rangle$
t – czas

Można także w ramach prac nad uogólnieniem modelu zastosować opis wektorowy uwzględniający kompendium wiedzy, jaki posiadamy o budowanym modelu. Wówczas wektor złożoności projektowanych ontologii można wyrazić za pomocą wzoru (2)

$$\mathbf{tbd}_t = \begin{bmatrix} mtbd_t \\ ntbd_t \end{bmatrix} \tag{2}$$

gdzie: $\mathbf{tbd_t}$ – wektor złożoności projektowanych ontologii
$mtbd_t$ – oznacza zmienną metod projektowania ontologii, $mtbd_t \in \langle 1, 5 \rangle$
$ntbd_t$ – oznacza zmienną narzędzi projektowania ontologii, $ntbd_t \in \langle 1, 5 \rangle$

Pełny opis skalarny i wektorowy (częściowo zaprezentowany w artykule) stwarza warunki do implementacji modelu. Funkcja f_t może (zarówno dla opisu skalarnego, jak i wektorowego) mieć swoją reprezentację w postaci regułowej. W przypadku opisu skalarnego opis regułowy zawierać będzie dwie zmienne wejściowe i jedną wyjściową. Przyjmując zastosowany w pracy opis lingwistyczny

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

i późniejszy (rozważany do zastosowania) rozmyty, kompletny model procesów projektowania architektur wysokopoziomowych zawierać będzie $2^5 = 32$ reguły (WebSphere Business Process Management, 2010). Przykład implementacji modelu za pomocą opisu regułowego przedstawiono równaniem (3)

$$\text{IF the requirements level} < ti_t > \text{is at } <1> \text{ and the ontology complex as} < tbd_t > \text{is at } <1>\text{, then the usability of the system} < sd_t > \text{is at } <1> \tag{3}$$

Możliwość zastosowania opisu skalarnego i wektorowego oznacza także, że model ogólny (rys. 2) może (z uwagi na kompendium wiedzy o stanie technologii integracji) być stosowany do doboru tych technologii w procesach wytwarzania systemów *Smart Cities*. W takim przypadku dysponujemy bowiem zarówno wiedzą o typach, jak i rodzajach danych technologii. Jeżeli jeszcze jesteśmy w stanie przedstawić strukturę modelu (rys. 1 i 2) to może być zasadny replikatywnie jak i predykcyjnie. Dlatego też kolejnym etapem prezentacji modelu jest wykazanie tych zasadności prezentując środowisko badania tej zasadności.

3. Środowisko projektowe do badania zasadności modelu

Procesy badania zasadności opracowanego modelu projektowania architektury wysokopoziomowej przeprowadzono w zespole projektowym pracującym z systemem IOC (ang. *Intelligent Operations Center*). Zespół ten realizuje dwa projekty badawcze (*Eureka i SASD*), których głównym celem jest wytworzenie systemu wspierającego podejmowanie decyzji w sytuacji przekraczania pyłu i hałasu w Gdańsku. Stąd też prezentację środowiska projektowego rozpoczęto od omówienia wytycznych i wymagań systemu w stosunku do systemów decyzyjnych będących głównym celem realizacji obu projektów, a następnie możliwości ich implementacji. Ze względu na ograniczony dostęp do wiedzy o funkcjonowaniu wszystkich procesów, a także przy ograniczonym czasie, podjęto decyzję, by projektowanie modelu architektury wysokopoziomowej oprzeć na analizie i implementacji dwóch procesów zachodzących w sytuacjach awaryjnych w Gdańsku.

Na wstępie zespół projektowy, korzystając z wiedzy ekspertów dziedzinowych, a także bazując na doświadczeniu zdobytym we wcześniejszych fazach realizacji obu projektu, zebrał wymagania w postaci wytycznych (Program ochrony powietrza dla strefy pomorskiej, 2013):

— operacyjne, dotyczące decyzji na podstawie monitorowania poziomu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM10 (wysłania karetek do przedszkoli w przypadku znacznego przekroczenia poziomu pyłu)
— strategiczne, dotyczące decyzji na podstawie zgłoszenia awaryjnego lądowania samolotu na lotnisku im. Lecha Wałęsy w Gdańsku (wysłania karetek na lotnisko).

Dobór obu wytycznych postępowań wynikał z potrzeby podjęcia decyzji (budowy złożonego KPI) przy ograniczonych zasobach (liczbie karetek). Prezentując wytyczne eksperci zespołu wykorzystywali dokument jakim był „Plan działań krótkoterminowych dla Gdańska". W dokumencie tym wyznaczono dwa poziomy

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

alarmowe. W przypadku pierwszego poziomu alarmowego (stężenie 24-godzinne 50 μg/m^3), operator ma obowiązek poinformować następujące jednostki:
— centra zarządzania kryzysowego miast,
— Zarząd Województwa Pomorskiego,
— Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Gdańsku,
— urzędy miast objętych alarmem,
— lokalne rozgłośnie radiowe i telewizyjne.

W przypadku drugiego poziomu alarmowego (alarm smogowy), gdy stężenie przekroczy 300 μg/m^3, a wartość stężenia 24-godzinnego będzie wyższa niż 200 μg/m^3 operator ma obowiązek informowania poza omówionymi powyżej jednostkami, także dwie kolejne:
— dyrektorów zakładów opieki zdrowotnej i szpitali;
— dyrektorów placówek oświatowych i opiekuńczych.

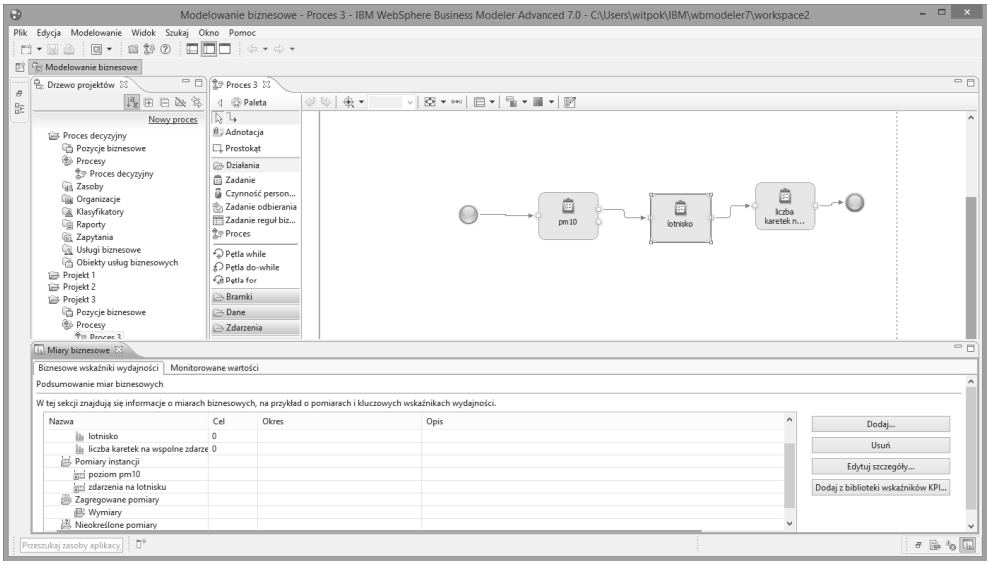
Przedstawiciel klienta zadecydował, że do realizacji zostaną wykorzystane dane dotyczące drugiego poziomu alarmowego, a centrum zarządzania kryzysowego podejmie decyzje dotyczące wysłania karetek do przedszkola. Druga wytyczna obejmowała procedurę, która uruchamiana jest przez pilota samolotu zbliżającego się do lotniska przy zaistniałej awarii, np. z wysuwaniem podwozia i spodziewanych problemów przy lądowaniu. Pilot informuje wieżę kontroli lotów, ta z kolei, w zależności od wielkości samolotu, wzywa jednostki straży pożarnej i karetki lotniskowe lub także służby miejskie. Niezależnie od wielkości samolotu informowana jest linia lotnicza i centrum zarządzania kryzysowego. Przedstawiciel klienta zadecydował także, że w procesach projektowania zostaną wykorzystane standardowe dane awaryjnego lądowania samolotu w Gdańsku, a centrum zarządzania kryzysowego podejmie decyzje dotyczące wysłania karetek na lotnisko.

Z uwagi na to, że obie wytyczne uwzględniają w procesach decyzyjnych te same zasoby (liczba karetek) stąd też dla graficznej reprezentacji obu wytycznych zostały one sformalizowane przy użyciu języka znaczników BPML (*ang. Business Processes Modelling Language*). Zastosowano narzędzie projektowe *IBM WebSphere Business Modeler* w wersji Basic. Pozwala ono, przy użyciu znaczników (podobnych do standardu BPML) (IBM, 2013b, 2013c) na tworzenie zarówno basenów (ang. *pools*), które należą do odpowiednich jednostek operacyjnych, jak też węzłów, pętli i warunków (rys. 3). Taka prezentacja stwarza warunki do eksportu danych do systemu IOC. Dzięki zastosowaniu *Bussines Modelera* możliwe stało się widzenie procesów tworzących obie wytyczne, odpowiedzialne podmioty w ramach tych wytycznych oraz miary procesów z wykorzystaniem KPI.

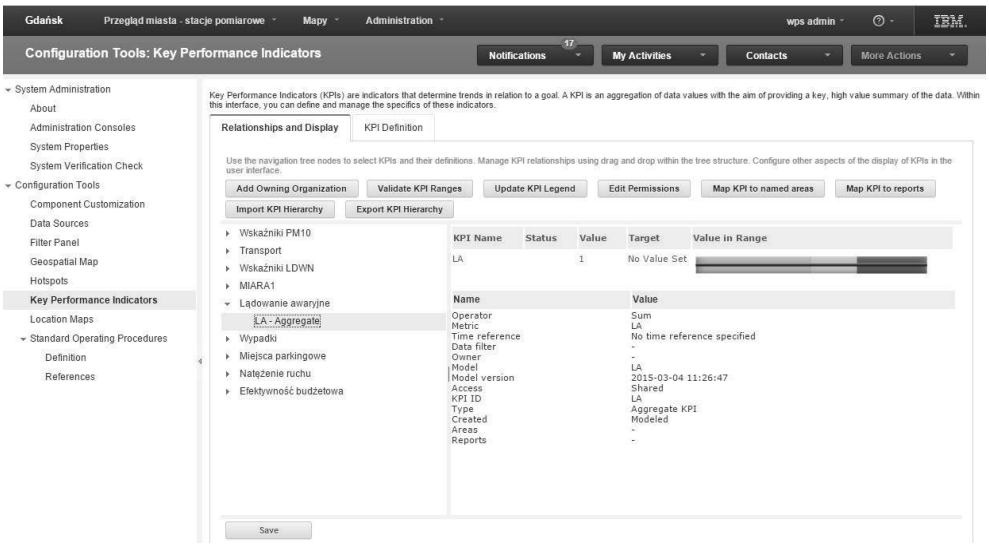
Znając metody tworzenia miar procesów kolejnym etapem procesu projektowania było zdefiniowanie wymaganych wskaźników KPI i ich prezentacja w systemie IOC. Po stworzeniu odpowiednich miar wskaźników KPI określono poziomy graniczne dla zanieczyszczenia powietrza pyłem PM10 (Program ochrony powietrza dla strefy pomorskiej, 2013): 0–49 μg/m^3 – poziom prawidłowy, 50–299 μg/m^3 poziom ostrożności dla pierwszego poziomu alarmowego, 300$^+$ μg/m^3 – poziom krytyczny dla alarmu smogowego. Ponadto każdemu wskaźnikowi przypisano ko-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

lory: zielony – brak uwag, żółty – ostrzegawczy, czerwony – krytyczny. Oprócz projektowania wskaźników KPI zespół projektowy uruchomił także procesy projektowania standardowych procedur operacyjnych SOP (ang. *standard operating procedures*). Ich zadaniem było uruchamianie procesów wysyłania wiadomości email zdefiniowanym wcześniej adresatom, lub też uruchamianie kolejnych KPI. Przykład procesu definiowania KPI przedstawiono na rys. 4.



Rys. 3. Przykład modelowania procesów miasta z wykorzystaniem WebSphere Business Modeler



Rys. 4. Opracowane wskaźniki KPI w IBM Intelligent Operations Center

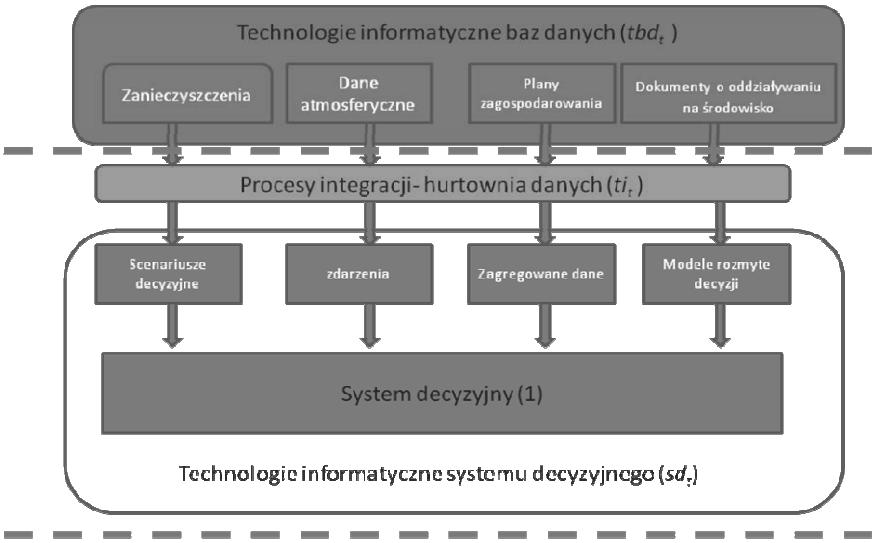
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Po implementacji czterech wskaźników KPI (miar hałasu, PM10, dostępnej liczby karetek oraz stworzenia wskaźnika zagregowanego uprzednich trzech) stwierdzono, że dopiero wersja Advanced WebSphere Modeller, a nie dotychczas używana wersja Basic stwarza warunki do tworzenia modeli procesów biznesowych, które następnie mogą wspomagać proces ich tworzenia na poziomie Business Monitora. Stwierdzono także, że takie wykorzystanie Business Modellera wymaga każdorazowego, indywidualnego odwzorowywania istniejącej infrastruktury, procedur i wytycznych, co zajmuje stosunkowo dużo czasu i zasobów (Ontology Driven Architectures, 2013). Mając na uwadze jak największe uproszczenie tego procesu, a także próbę wprowadzenia zasady reużywalności tworzonych komponentów i ich modułowości rozważano podejście odmienne. Zaproponowano zapisanie dostępnej wiedzy na temat miasta, infrastruktury, procesów i jednostek operacyjnych za pomocą ontologii, a następnie wykorzystanie ontologii w procesach projektowania systemu.

4. Szyna integracyjna oraz ontologia procesów środowiska

Prezentowany w poprzedniej części opis środowiska projektowego nie uwzględniał stanu parametrów kluczowych dla weryfikacji modelu parametrów: stanu szyny integracyjnej danych oraz zaawansowania opisu procesu miasta z wykorzystaniem ontologii. Stąd też dla umożliwienia badania zasadności modelu w tej części na wstępie został opisany stan szyny integracyjnej danych, a następnie procesy miasta oraz środowisko implementacji tych procesów z wykorzystaniem ontologii wspierającej wykorzystanie szyny integracyjnej. Punktem wyjścia do rozważań na temat stanu szyny integracyjnej była wersja szyny w IOC 1.5 *WebSpere Message Broker* (*WMB*), której integracji podlegały dane pozyskiwane z wielu zróżnicowanych zasobów baz danych. Rolę danych szyny pełniła hurtownia danych opracowana na podstawie WMB. Przygotowano procesy zasilania zarówno hurtowni, jak i systemu decyzyjnego. Analizowano także (punktu widzenia przydatności modelu opracowanego w punkcie 2) standard hurtowni baz danych. Brano pod uwagę dwa standardy plików *.SQL oraz *.DB2. Z punktu widzenia systemu decyzyjnego lepszym (spełniającym wymagania miasta) rozwiązaniem był standard baz danych DB2. Brano jednak pod uwagę doświadczenie członków zespołu, dla którego standard DB2 nie był znany. Dlatego też zdecydowano się na standard SQL, mimo że bardziej rozwojowym wydawał się DB2 (Pokrzywnicki, 2013). Decyzja dotycząca wyboru standardu bardziej znanego niż bardziej prognostycznego wynikała z potrzeby ograniczenia ryzyka projektowego. Schemat procesów integracji danych z wykorzystaniem opracowanej na podstawie WMB (zgodnych z sugestiami opisem formalnym modelu przedstawionego w punkcie 2 artykułu) szyny integracyjnej przedstawiono na rys. 5. Prezentowana na rys. 6 WSB uwzględniała konwersję zasobów baz zarówno *.db2 jak i *. SQL do protokołu CAP (ang. *common alerting protokol*) za pośrednictwem *xml*.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

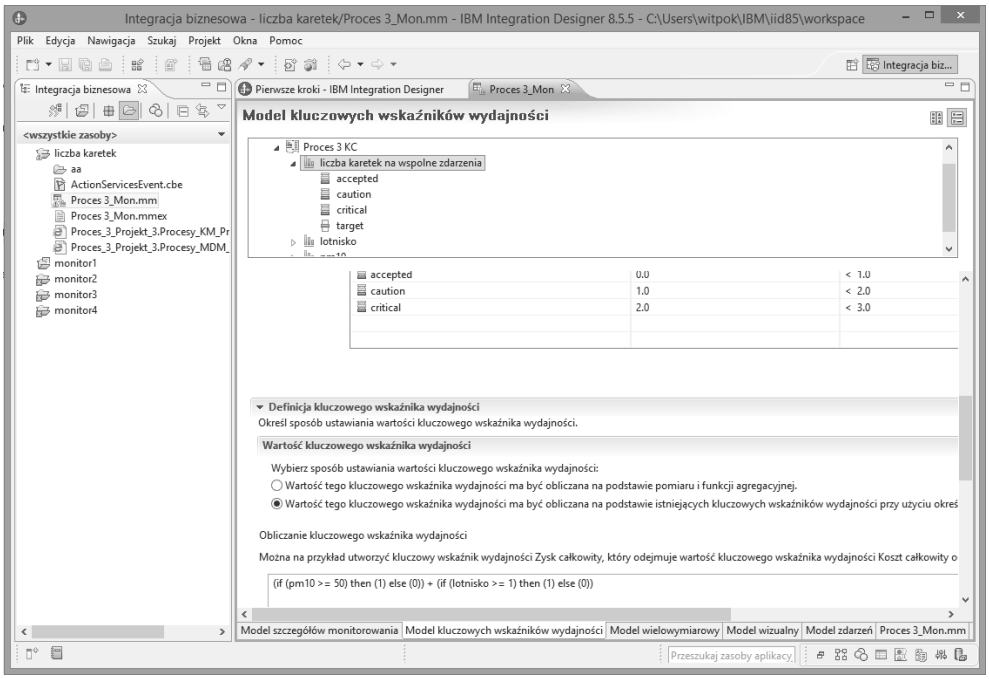


Rys. 5. Hurtownia danych jako integracyjna szyna danych

Taka konstrukcja szyny integracyjnej tylko jako szyny danych wynikała z doświadczenia członków zespołu projektowego. Przy przejściu z wersji 1.5. na 1.6 narzędzie WMB zostało zastąpione bezpośrednim odwzorowaniem danych bez potrzeby ich kolejkowania na CAP, dlatego zespół projektowy wykorzystywał IOC jako środowisko stwarzające warunki do bezpośredniego zasilania danymi o standardzie *.sql. W konsekwencji udostępnione na potrzeby procesu projektowania narzędzia Webshere Business Modeler i Webshere Business Monitor były niezależnymi aplikacjami wykorzystywanymi w procesie projektowania (Stanford Center for Biomedical Informatics Research, 2015).

W takiej sytuacji tworzenie modeli wskaźników wydajności za pomocą narzędzia *WebSphere Business Monitor,* było niezależnym procesem wynikającym z niezależnego od IOC instalowania *IBM Integration Designer*. Takie rozwiązanie umożliwiło odwzorowywanie istniejących zasobów informatycznych w formie uniwersalnych komponentów usługowych. W przypadku prowadzonej przez zespół projektowy implementacji wskaźników, narzędzie to mogło być wykorzystane wyłącznie jako baza dla Business Monitora – środowiska implementacji wskaźników KPI. Wówczas można było zapewnić bezpośredni eksport modeli wskaźników KPI z *WebSphere Business Modeler* do *WebSphere Business Monitor*. Okazało się jednak że możliwe jest to wyłącznie w wersji *Advanced*. Konieczna się stała potrzeba włączenia tego narzędzia do środowiska projektowego. Po instalacji wersji *Advanced* i imporcie stworzonych uprzednio modeli KPI w wersji Basic Bussines Modellera do wersji *Advanced*, udało się je wyeksportować do formatu *.mm i wykorzystać w Business Monitor dla definiowania wskaźników KPI. Przykład definiowania wskaźników w wersji *Advanced* przedstawiono na rys. 6.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 6. Przykład modelowania wskaźników KPI w WebSphere Business Monitor

Po zdefiniowaniu danych szyny integracyjnej przystąpiono do projektowania ontologii procesów miasta. Rozpoczęto od zdefiniowania słownika pojęć w celu ustandaryzowania używanych terminów i ich określeń. Wówczas możliwe było określenie aktorów, czynności oraz przynależności czynności do aktorów. Poniżej przedstawiono przykład ontologii wytycznych awaryjnego lądowania samolotu (jednego z analizowanych i opisywanych w części 3 przypadków projektowania systemów *Smart Cities*).

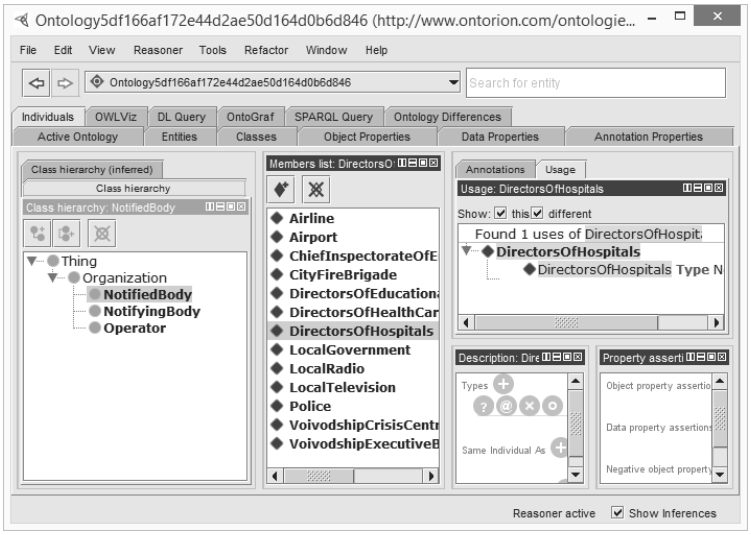
— Pilot is a notifying-body.
— Airport is a notified-body.
— Airline is a notified-body.
— Airport-Fire-Brigade is-part-of Airport.

Pojęcia te zostały zapisane w bazie reguł narzędzia projektowego Protégé. Przykład zapisu reguł przedstawiono na rys. 7.

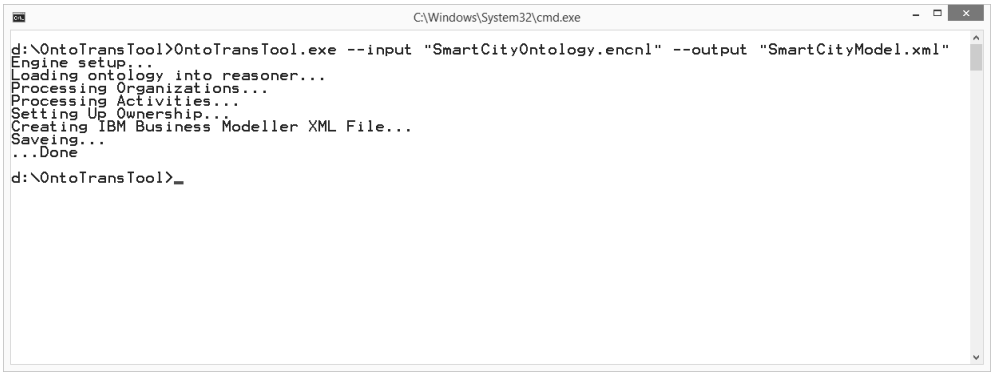
Pliki, które powstały przy zapisywaniu podanych powyżej ontologii w formacie .entcl, mają strukturę czysto tekstową, z podstawową obsługą komentarzy. Nie były jednak one spójne ze strukturą plików .mm używanych przez WebSphere Business Monitor opartej na XML, w którym zapisane były procesy miasta. Aby umożliwić dla wspomagania opisu procesów miasta zastosowanie podanych powyżej ontologii, konieczna była konwersja zapisanych w ten sposób informacji z jednego formatu na drugi. Aby tego dokonać, a także wspierać projektowanie innych procesów miasta ontologiami, podjęto decyzję o napisaniu własnego narzędzia,

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

które nazwano OntoTransTool. Szczegółowy opis przedstawiono w artykule poświęconym ontologiom. Na podstawie zdekodowanego pliku .mm, wygenerowanego przez WebSphere Business Modeler możliwe stało się określenie wymaganej struktury XML. Dzięki takiemu rozwiązaniu można było przetłumaczyć reguły tekstowe na wymagany format. Przykład implementacji reguł z wykorzystaniem opracowanego dla potrzeb procesu projektowania narzędzia OntoTransTool przedstawiono na rys. 8.



Rys. 7. Okno wprowadzania reguł w Protégé



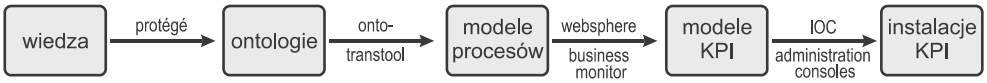
Rys. 8. Przykład przetwarzania reguł z wykorzystaniem opracowanego dla potrzeb procesu projektowania narzędzia OntoTransTool

Zastosowanie ontologii w procesach projektowania, szyny integracyjnej danych jak też w procesach projektowania opisanych w części 3 stworzyło warunki do opracowania sekwencji generycznych procesów projektowych. Stanowią one podstawę do budowy modelu wspólnej szyny integracyjnej danych i ontologii dla

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

projektowania wysokopoziomowej architektury systemu *Smart Cities*. Procesy te obejmują:
— tworzenie ontologii procesów miasta (słowniki, relacje, aktorzy, podmioty) oraz ich otoczenia,
— transformacja zapisanej ontologii do definiowania wstępnych modeli procesów (procesów głównych obrazujących funkcjonowanie aglomeracji),
— modelowanie procesów miasta (procesów szczegółowych odzwierciedlających funkcjonowania wydziałów oraz implementację procedur postępowań),
— tworzenia modeli wskaźników KPI (dla danych i procedur postępowań),
— prezentacja wskaźników w systemie IOC (dla danych w procedurach postępowań).

Wówczas proces projektowania szyny integracyjnej (jej wskaźników KPI) można przedstawić jako sekwencje opisanych powyżej procesów projektowania. Na rys. 9 przedstawiono sekwencje procesów projektowania KPI, w której zidentyfikowane są procesy miasta, których analiza, modelowanie i implementacja jest wspomagania ontologiami tych procesów. Takie ujęcie procesów tworzy podstawę do ich komponentowego traktowania.



Rys. 9. Sekwencja procesów projektowania KPI i ich wsparcie ontologiami

Analiza rys. 10 wskazuje, że we wsparciu procesów projektowania można zdefiniować trzy grupy procesów i technologii ich implementacji: modelowania procesów dla wprowadzania danych, integracji technologii modelowania procesów i wprowadzania danych oraz ontologii dla wsparcia procesów modelowania. Wizja takiej sekwencji procesów (w sytuacji w której nie ma ich technicznej implementacji w postaci szyny) powinna być widoczna u projektanta systemu. Taka sytuacja miała miejsce w trakcie projektowania systemu IOC (opisywanego w punktach 3 i 4 w tym artykule) i stanowiła podstawę do przyszłej implementacji tych procesów w postaci zintegrowanej szyny danych i ontologii. Wydaje się, że opisywana sekwencja procesów może być typowa w procesach projektowania systemów *Smart Cities* i stanowić podstawę w projektowaniu architektur wysokopoziomowych.

5. Zmiany ontologii procesów i rozbudowa szyny integracyjnej danych środowiska projektowego

Opisane w poprzednich częściach: model procesu projektowania architektury wysokopoziomowej z wykorzystaniem ontologii i szyny integracyjnej danych (punkt 2), środowisko projektowe do badania zasadności modelu (punkt 3) oraz szyna integracyjna wraz z ontologiami procesów środowiska stanowiły podstawę do opracowania modelu wspólnej szyny danych i ontologii procesów i jej implementacji dla potrzeb procesu projektowania. Biorąc pod uwagę procesy implementacji jako pierwsze rozważano możliwości zmiany miejsca i roli ontologii i trakto-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wanie jej jako usługi w procesach projektowania w oparciu o doświadczenia nabyte przy implementacji rozwiązania dla Gdańska. Takie podejście było konsekwencją pytania na ile przyjęty model projektowania i implementacji ontologii do wsparcia procesów projektowania IOC może być ponownie wykorzystany? Czy zróżnicowane procedury i procesy modelowania dla innych miast mogą być wspierane wcześniejszymi doświadczeniami i projektowanym na podstawie tych doświadczeń usługami? By móc odpowiedzieć na te pytania, musimy zidentyfikować doświadczenia, które łączą wdrożenia systemów *Smart Cities*.

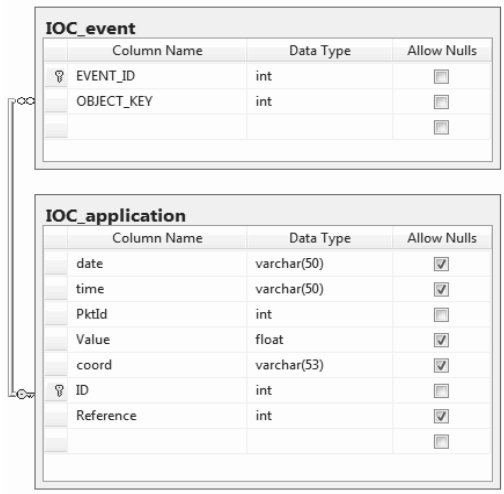
Pierwszą grupę doświadczeń stanowią te, które łączą zróżnicowane procesy projektowania miasta traktowanego jako organizacja, wraz z zasobami, które się na nie składają. Zróżnicowane struktury i zasoby, takie jak centrum zarządzania kryzysowego, wydziały urzędów, lotniska, szpitale jednostki edukacyjne można przedstawić jako jednolity dla dowolnych miast lub zróżnicowany dla poszczególnych miast układ powiązań i ich hierarchii. Stąd też możliwe staje się zastosowanie wspólnych, bądź zróżnicowanych ontologii i ich traktowania jako grupy lub pojedynczych usług wspierających proces projektowania miasta. Możliwym jest także połączenie procesów projektowania/ontologii dla zrozumienia idei i znaczenie tych procesów z technologiami informatycznymi do modelowania procesów i implementacji ontologii. Te byty (ontologie, procesy, technologie) mogą być traktowane także jako usługi wykorzystywane w procesach projektowania i podpinane do szyny integracyjnej

Drugą grupą doświadczeń stanowią te, które wynikają z analizy i możliwości wykorzystania dostępnych danych miasta. Każdy projektowany dla potrzeb miasta system opiera się na monitorowaniu podpiętych pod szynę bądź niezależnych danych. Są one wykorzystane do przepływów oraz prostych transformacji i działań, umożliwiające standaryzowanie i normalizowanie danych oraz dodanie prostych procesów przetwarzania. Przykład wykorzystania szyny integracyjnej jako szyny danych przedstawiono w części 4 artykułu. Próba zagregowania doświadczeń dotyczących wykorzystania danych sprowadza się do znajomości standardów wykorzystywanych w implementacji wskaźników KPI. Zdobyte w trakcie projektowania KPI doświadczenia sugerują stosowanie standardu *.db2 lub *.sql lub budowy konwerterów. Proces budowy mechanizmów konwersji *.xml do sql okazał się procesem stosunkowo prostym. Zdobyte w trakcie procesów wykorzystania danych doświadczenia koncertowały się także na budowie triggerów-wyzwalaczy procesów pozyskiwania danych z zewnętrznych baz danych do zasilania KPI. Przykład budowy triggera przedstawiono na rys. 10 a.

Przepływ danych rozpoczyna sie od węzła *Input*. Sprawdzane jest czy w tabeli *IOC_application* w bazie danych Akwilon2 znajdują się wiersze zawierające dane z 85 stacji pomiarowych hałasu (rys. 10). Jeżeli tak to uruchamiany jest wyzwalacz *IOCAPPL* nowych rekordów (polecenie insert), który tworzy rekordy z tym samym ID w tabeli *IOC_Event* Tabele *IOC_event* i *IOC_application* połączone są relacją poprzez klucz główny ID. Na rys. 10b przedstawiono fragment kodu wyzwalacza umożliwiającego operacje na wierszach obu tabel.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

a)



b)

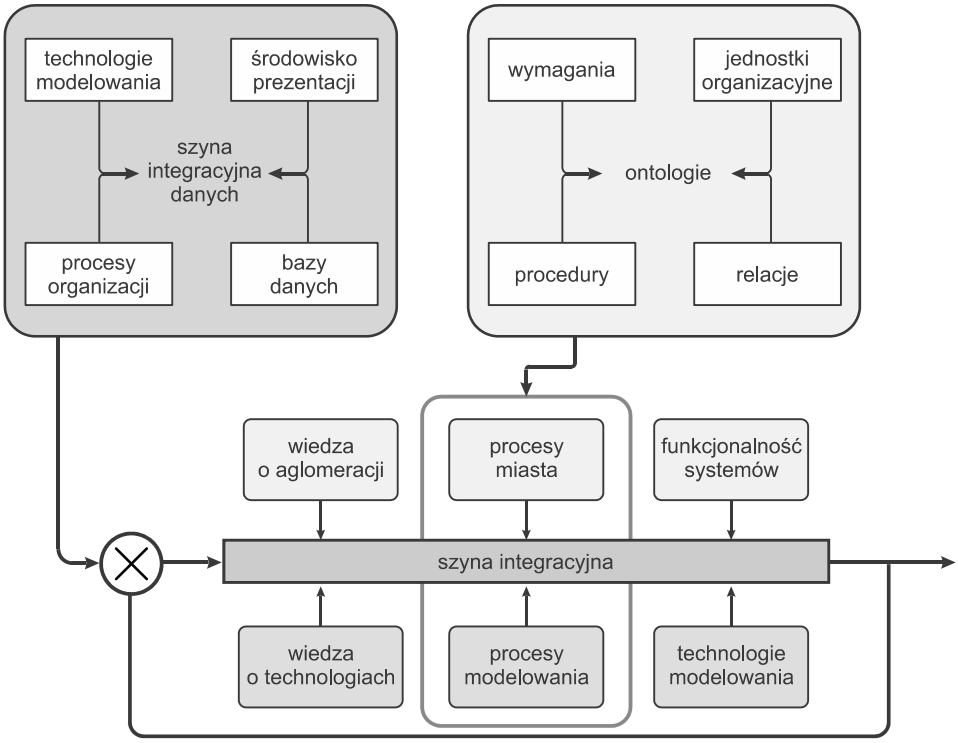
```
USE [AkwilonData]
GO
/****** Object:  Trigger [dbo].[IOCAPPL]
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
ALTER TRIGGER [dbo].[IOCAPPL]
   ON  [dbo].[IOC_application]
   AFTER  INSERT
AS
BEGIN

    SET NOCOUNT ON;

 DELETE FROM dbo.IOC_event
    INSERT INTO [dbo].IOC_event
           ([OBJECT_KEY])
     select INSERTED.id from INSERTED

END
```

Rys. 10. Tabele bazy danych Akwilon: a) oraz wyzwalacz danych, b) umożliwiający operacje na obu tabelach jako przykład projektowania zróżnicowanych dziedzinowo baz danych

Trzecia grupa doświadczeń koncentruje się na wykorzystaniu danych szyn integracyjnych. Wykorzystano oświadczenia z projektowani systemu IOC w wersji 1.5, gdzie konstrukcja szyny integracyjnej w oparciu o WSB była niezbędna. Żródłem doświadczeń były także szyny generyczne ESB (ang. *Enterprise Service Bus*) prezentowane przez IBM a integrujące zarówno usługi infrastrukturalne jak też usługi developerskie dla wsparcia konstrukcji tej szyny, usługi dostępowe, aplikacji biznesowych czy usługi procesowe. Zakres tych usług, sposób podłączenia do szyny ESB oraz sekwencja procesów podłączenia stanowi źródło wiedzy o sposobie konstrukcji takiej szyny na potrzeby projektowania systemów inteligentnych miast. Jeżeli dodatkowo założymy, że dane szyny mogą stanowić podstawę do projektowania ontologii szyny (dla usprawnienia procesów projektowania) to zespół takich doświadczeń poparty wiedzą o szynach integracyjnych stanowi podstawę do konstrukcji szyny na potrzeby projektowania systemów dla inteligentnych miast.

Uwzględniając wszystkie trzy grupy doświadczeń, które są wspólne dla większości, jeśli nie wszystkich systemów *Smart Cities*, a które wynikają z przyjętego przez zespół modelu szyny integracyjnej, możemy przyjąć, że możemy tworzyć modele generyczne takich szyn. Wówczas zapisywanie wiedzy w postaci ontologii dla potrzeb procesu projektowania kolejnego miasta może opierać się na wcześniej stworzonym słowniku pojęć, a także może być on rozwijany w postaci usługi szyny integracyjnej. Użyte technologie informatyczne mogą być podobne, co oznacza, że procesy i ich ontologie mogą być reużywalne. Można także dla wspólnego słownika pojęć wykorzystać dowolne technologie jak Protégé, np. FluentEditor, WFLEditor. Wówczas wystarczy aby mechanizm podłączenia do szyny opracowanej usługi spełniał kryteria łączności z szyną.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 11. Model szyny integracyjnej projektowanej na podstawie doświadczeń projektowych i ontologii procesów miast

Na rys. 11 przedstawiono konstrukcję szyny integracyjnej jako wynik doświadczeń wynikających z procesów projektowania oraz wykorzystania ontologii do wsparcia projektowania procesów miast. Rysunek ten został podzielony na trzy części. W górnej lewej części zaprezentowano dane dotyczące szyny integracyjnych, które stanowią podstawę w konstrukcji dowolnych szyn integracyjnych (w tym projektowanych wcześniej szyn integracyjnych dla miast, które je wykorzystują). Obejmują one dane dotyczące mechanizmów integracji i późniejszego wykorzystania technologii modelowania procesów miasta, środowisk prezentacji procesów oraz wskaźników KPI, procesów miasta oraz danych oraz mechanizmów dostępowych baz danych. Górna prawa część rysunku zawiera dane dotyczące konstrukcji ontologii procesów miasta dla wsparcia procesów projektowania. Projektowanie ontologii jest zintegrowanym procesem pozyskiwania wymagań o systemach miasta, danych dotyczących podmiotów miasta, występujących tam procedur oraz relacji zarówno pomiędzy procedurami, jak i jednostkami. W dolnej części rysunku przedstawiona jest konstrukcja szyny uwzględniająca rolę danych i wiedzy o konstrukcji takich szyn oraz miejsca i roli ontologii. Takie hybrydowe rozwiązanie jest efektem pracy i doświadczeń zespołu projektującego systemy *Smart Cities*.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

6. Wnioski

Artykuł stanowi teoretyczne i praktyczne studium konstrukcji szyn integracyjnych. Połączenie teorii i praktyki projektowej stworzyło warunki do opracowania modelu szyny integracyjnej uwzględniającej zarówno doświadczenia projektowe, jak też ontologie procesów miast, modelowanych z wykorzystaniem technologii informatycznych podłączonych do szyny integracyjnej. Wykazano że połączenie danych szyn integracyjnych oraz ontologii procesów ułatwia projektowanie/widzenie wysokopoziomowych architektur systemów *Smart Cities* tak ważnych dla projektujących te systemy z wykorzystaniem lekkich podejść do zarządzania projektami.

Podział pracy na część teoretyczną, w ramach której omówiono architektury systemów i szyną oraz praktyczną, stanowiącą zbiór doświadczeń z projektowani systemów *Smart Cities* z wykorzystaniem ontologii, stanowił podstawę do prezentacji modelu ogólnego (część 2) oraz modeli szczegółowych zawierających grupy usług podpiętych pod szynę integracyjną (część 3 i 4).

Model ogólny wykazał znaczenie obu obiektów: zbioru doświadczeń o projektowaniu szyn oraz ontologii procesów jako regulatorów rozwoju szyn integracyjnych. Takie podejście staje się konieczne przy traktowaniu konstrukcji szyn integracyjnych jako rozwiązań komponentowych, które mogą być stosowane dla dowolnych miast wdrażających systemy *Smart Cities*. W pracach nad konstrukcją modelu szyny integracyjnej wykazano, że podejście do budowy systemów *Smart Cities* powinno koncentrować się na analizie i wykorzystaniu modeli stworzonych przez miasta partnerskie (komponentowe ontologie). Z kolei na podstawie budowanych modeli KPI za pomocą dedykowanych narzędzi IBM wykazano uznano, że proponowany model szyny integracyjnej może być wykorzystywany dla kolejnych systemów *Smart Cities* (komponentowe szyny).

Proces projektowania modelu szyny integracyjnej wykazał ze względu na złożoność prac projektowych, miasta rozpoczynające prace związane z budową systemów *Smart Cities* nie będą mogły konsekwentnie ich wdrażać, jeśli nie będą wykorzystywać doświadczeń i wiedzy zdobytej przy wcześniejszych tego typu projektach (komponentowość szyn i ontologii). Z tego też powodu celowe wydaje się rozważenie przypadku, w którym kilka miast będzie wdrażać systemy *Smart Cities* jednocześnie (wykorzystanie wspólnych komponentów danych szyn i ontologii procesów miast). Takie podejście wymusza współpracę pomiędzy kilkoma miastami. Z tego też powodu wydaje się rozsądne, aby proces projektowania systemów *Smart Cities* miał charakter *bottom up* zarówno w przypadku projektowania modelu szyny integracyjnej, jak i implementacji procesów miasta.

Opis przypadku projektowania szyny integracyjnej dla Gdańska dotyczył procesów modelowania i implementacji dwu wytycznych z wykorzystaniem koncepcji szyny integracyjnej w systemie IOC. Pojawiające się problemy głównie w procesach modelowania oraz integracji procesów i wskaźników KPI, wykazały jak ważną rolę pełni szyna oraz ontologie wspierające procesy projektowania. Świadomość przejawiająca się potrzebą zmiany wersji technologii modelowania i dążeniem do

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

instalacji integratora usprawniła procesy projektowania. Proces projektowania był krótszy, a liczba błędów w definiowaniu procesów miasta mniejsza. Wydaje się, że po implementacji szyny integracyjnej proces projektowania (dzięki zastosowaniu ontologii) nie będzie obarczony tak znaczną liczbą błędów, a konwersja miar tych procesów na wskaźniki KPI nie będzie tak redundantna jak w przypadku konwersji danych z *Business Modeler* do *Business Monitor*.

Źródła

1. Czarnecki A., Orłowski C., Sitek T., Ziółkowski A.: (2009). Information technology assessment using a functional prototype of the agent based system. *Foundations of Control and Management Sciences* (7–28).
2. Czarnecki A., Orłowski C.: (2009). Ontology as a tool for the IT management standards support Agent and Multi-Agent Systems. *Technologies and Applications* (330–339).
3. *IBM Intelligent Operations Center 1.6 Programming Guide* (2014). International Business Machines Corporation.
4. *IBM Intelligent operations center Information Center* (2013). Pobrano z lokalizacji: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/wasinfo/v6r0/index.jsp [data dostępu: 5.09.2015].
5. *IBM Intelligent Operations Center KPI Implementers Guide* (2011). International Business Machines Corporation.
6. *IBM WebSphere application server information center* (2013). Pobrano z lokalizacji: http://publip.boulder.ibm.com/infocenter/cities/v1r5m0/index.jsp [data dostępu: 5.09.2015].
7. *IBM WebSphere Broker Message Broker Information Center* (2013). Pobrano z lokalizacji: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/wmbhelp/v7r0m0/index.jsp [data dostępu: 5.09.2015].
8. *Ontology Driven Architectures and Potential Uses of the Semantic Web in Systems and Software Engineering* (2013). W3C. Pobrano z lokalizacji: http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/SE/ODA/ [data dostępu: 5.09.2015].
9. Orłowski C., Ziółkowski A., Czarnecki A.: (2011). Validation of an agent and ontology-based information technology assessment system. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, Vol. 41 (1) (62–74).
10. Pastuszak J., Stolarek M., Orłowski C.: (2008). Concept of generic IT organization evolution Model. *Faculty of ETI Annals, Information Technologies*, Vol. 18 (235–40).
11. Pokrzywnicki W.: (2013). *Proces instalacji oraz wdrożenia systemu IBM Intelligent Operations Center na Wydziale Zarządzania i Ekonomii Politechniki Gdańskiej*. Diploma Dissertation, Gdańsk.
12. *Program ochrony powietrza dla strefy pomorskiej* (2013). Gdańsk. Pobrano z lokalizacji: http://www.wfosigw.gda.pl/biura/wfos/article_download/93/10%20%20Program%20ochrony%20powietrza%20dla%20strefy%20pomorskiej.pdf [data dostępu: 5.09.2015].
13. *Stanford Center for Biomedical Informatics Research* (2015). Protégé. Pobrano z lokalizacji: http://protege.stanford.edu/ [data dostępu: 5.09.2015]
14. *WebSphere Business Process Management V7 Production Topologies* (2010). International Business Machines Corporation.
15. Zadeh L.: (1978). Fuzzy Sets as a Basis for Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems 1*. London.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

MODEL OF AN INTEGRATION BUS OF DATA AND ONTOLOGIES OF SMART CITIES PROCESSES

This paper presents a model of an integration bus used in the design of Smart Cities system architectures. The model of such a bus becomes necessary when designing high-level architectures, within which the silo processes of the organization should be seen from the perspective of its ontology. For such a bus to be used by any city, a generic solution was proposed which can be implemented as a whole or in part depending on the requirements posed by those cities with respect to the construction of such buses. The work is divided into four main parts. The first part presents a model of high-level architectural design processes, using ontologies and a data integration bus, which constitutes the generalized experiences of the authors drawn from the design processes of Smart Cities systems. The second part contains a description of the environment in which Smart Cities systems are developed, illustrated with two guidelines and the implementation processes of these guidelines. In the third part, two components of that environment are identified: the data integration bus and the ontologies of city processes. This is done to demonstrate how Smart Cities systems are designed and to show the processes of the permeation of data and the ontologies of city processes in the creation of a high-level architecture. The fourth section contains a description of how the proposed model is applied in the construction of a common integration bus for data and ontologies. The paper summary presents recommendations concerning the applicability of the proposed model.

Key words: Smart Cities, ontologies, Ontology Driven Architecture.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl