

DĄBROWSKI Włodzimierz¹
KOWALCZUK Przemysław¹
AMBORSKI Krzysztof¹
KRUCZKOWSKI Paweł¹

STRUKTURY GUI DO BAZ DANYCH W ZASTOSOWANIU DO STEROWANIA RUCHEM ULICZNYM

Problem efektywnego sterowania ruchem ulicznym jest ciągłym przedmiotem badań. Badania te mają też bezpośrednie przełożenie na praktyczne zastosowania w regulacji ruchem aglomeracjach miejskich. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki badań dotyczące modelu struktur danych oraz interfejsu GUI do bazy danych dla systemu wspomagającego projektowanie planów świateł z wykorzystaniem programowania urządzeń sterujących zainstalowanych na skrzyżowaniach. Projekt badawczy realizowany był przez Politechnikę Warszawską wraz z francuską firmą Dynalogic w ramach grantu projektu DynaSignal Eureka nr E!4492 wspieranego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

GUI STRUCTURES FOR TRAFFIC CONTROL DATABASES

Effective traffic control still actual and attractive problem on the research field. Practical results usually have a direct influence on agglomerations traffic control systems. This paper presents results of part of research project DynaSignal Eureka nr E!4492 realized by Warsaw University of Technology and company Dynalogic from France supported by National Center for Research and Development. Results are focused on structures of data model and GUI interface for traffic control system database.

1. WSTĘP

Sterowanie ruchem ulicznym jest przedmiotem ciągłego zainteresowania ośrodków badawczych i komercyjnych firm wdrożeniowych. Zagadnienie sterowania ruchem ulicznym z jednej strony ma bardzo duże znaczenie praktyczne, z drugiej zaś strony jest związane z dużą liczbą trudnych i często nierozwiązanych problemów. Jednym z projektów badawczych związanych ze sterowaniem ruchem ulicznym jest projekt *DynaSignal* realizowany wspólnie przez Politechnikę Warszawską i komercyjną firmę francuską Dynalogic w ramach grantu projektu *DynaSignal* Eureka nr E!4492.

¹Politechnika Warszawska, Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75, tel. +48 22 234 7075, {w.dabrowski; p.kowalczuk; k.amborski}@ee.pw.edu.pl

Projekt Eureka *DynaSignal* dotyczy regulacji ruchu ulicznego. W ruchu tym występują elementy sygnalizacyjne, układy świateł, ręcznie regulowane strumienie ruchu. Sygnalizacja powinna być skoordynowana zarówno w skali skrzyżowania jak i w skali rejonu sterowania ruchem. Celem projektu jest opracowanie oprogramowania projektowego planów świateł ukierunkowanego na programowanie urządzeń sterujących. Rozwiązanie to umożliwi użytkownikowi dysponowanie układem Pomocy Decyzyjnej pozwalającym na skuteczne opracowywanie części obliczanie planów świateł.

Niezbędnym elementem tego oprogramowania jest baza danych, która będzie zapewniać trwałe przechowywanie bieżących danych związanych z projektowymi artefaktami oraz dane historyczne z działania systemów. Dane historyczne mogą być wykorzystywane do badania trafności decyzji projektowych oraz predykcji sterowań.

Osobnym problemem związanym ściśle z budową tego typu aplikacji jest problem przechowywania i zarządzania danymi przestrzennymi. Dane przestrzenne opisują położenie, kształt i orientację obiektów w przestrzeni.

Dane przestrzenne zyskują w ostatnim czasie coraz większą popularność w związku z rozwojem technologii [1]. Wykorzystywane są do tworzenia wielu systemów i usług sieciowych takich jak *Google Maps* czy systemy GPS (ang. *Global Positioning System*). Dzięki danym przestrzennym możliwe jest nie tylko stworzenie mapy terenu, ale także umiejscowienie i przetwarzanie obiektów na tej mapie. Ze względu na łatwość przetwarzania i analizy warto przechowywać dane przestrzenne w bazie danych. Daje to nowe możliwości nie tylko dostępu do danych, ale również ich eksploracji. Kilka przykładów operacji na danych przestrzennych przechowywanych w bazach danych to:

- Znajdowanie najkrótszej ścieżki pomiędzy punktami.
- Wykonywanie m.in. sumowania, różnicy czy ilorazu obszarów.
- Obliczanie długości, pola powierzchni, obwodu obiektów, znajdowanie środka symetrii.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono struktur danych dla omawianego projektu oraz zaprezentowane wybrane wyniki prac nad interfejsem GUI do zaprojektowanej bazy danych.

2. SKŁADOWA ZARZĄDZANIA DANymi

Niemal każda aplikacja musi w sposób trwały przechowywać dane. Projekt składowej zarządzania danymi jest więc praktycznie nieodzownym elementem projektu systemu [2].

Dane w sposób trwały mogą być przechowane na dwa podstawowe sposoby:

- w pliku;
- w bazie danych (relacyjnej, obiektowej lub innej).

Poszczególne elementy danych - zestawy obiektów lub krotek - mogą być przechowywane w następującej postaci:

- w jednej relacji lub pliku;
- w odrębnym pliku dla każdego rodzaju obiektów lub krotek.

Jak wiadomo dane są przetwarzane w pamięci operacyjnej. Dlatego też w czasie pracy oprogramowania muszą być sprowadzone z pamięci trwałej do pamięci operacyjnej. Sprowadzenie danych do pamięci operacyjnej oraz zapisanie do trwałej pamięci może odbywać się na bieżąco, kiedy program zażąda dostępu i kiedy następuje zapełnienie bufora lub na zlecenie użytkownika.

Najprostszą metodą składowania danych w sposób trwały jest zapisanie ich na nielotnym nośniku (np. dysku magnetycznym lub optycznym) w pliku. Niestety zapis danych w pliku nie jest w stanie spełnić wymagań stawianych między innymi ochronie, wydajności czy spójności zapisanych w nim danych.

Ze względu na liczne ułomności systemu plików w zastosowaniu do trwałego przechowywania danych powstały bazy danych. Bazy danych są systemami specjalnie zaprojektowanymi i przystosowanymi do przechowywania, udostępniania i zarządzania danymi.

2.1 Dane przestrzenne

Dane przestrzenne opisują położenie, kształt i orientację obiektów w przestrzeni. Dane przestrzenne zyskują w ostatnim czasie coraz większą popularność w związku z rozwojem technologii. Wykorzystywane są do tworzenia wielu systemów i usług sieciowych takich jak *Google Maps* czy systemy *GPS* (ang. *Global Positioning System*). Dzięki danym przestrzennym możliwe jest nie tylko stworzenie mapy terenu, ale także umiejscowienie i przetwarzanie obiektów na tej mapie. Ze względu na łatwość przetwarzania i analizy warto przechowywać dane przestrzenne w bazie danych. Daje to nowe możliwości nie tylko dostępu do danych, ale również ich eksploracji. Kilka przykładów operacji na danych przestrzennych przechowywanych w bazach danych to:

- Znajdowanie najkrótszej ścieżki pomiędzy punktami
- Wykonywanie m.in. sumowania, różnicy czy ilorazu obszarów.
- Obliczanie długości, pola powierzchni, obwodu obiektów, znajdowanie środka symetrii.

2.2 Zastosowanie danych przestrzennych.

Dzięki przechowywaniu danych przestrzennych w bazach danych możliwe jest przetwarzanie danych przestrzennych i geograficznych. Są to systemy informacji geograficznej - Systemy *GIS* (ang. *Geographical Information System*). Dane przestrzenne mają swoje zastosowanie również w systemach nawigacji *GPS*. Przechowywanie mapy dla urządzenia *GPS* w postaci obrazu ma szereg wad. Po pierwsze taka mapa zajmuje więcej miejsca niż odpowiednio przechowywane dane przestrzenne. Ponadto nie byłoby możliwe wyszukiwanie drogi, więc bez użycia danych przestrzennych urządzenie *GPS* w zasadzie mogłoby tylko pokazać, w którym miejscu znajduje się użytkownik. Przechowywanie informacji o umiejscowieniu obiektów w postaci danych przestrzennych nie tylko umożliwia znajdowanie drogi na kilka sposobów (np. najkrótszej, najszybszej, niepłatnej), ale również pokazywanie informacji o zakazach wjazdu, korkach czy innych utrudnieniach w ruchu. Zastosowań biznesowych może być jeszcze więcej.

2.3 Standardy

Tworzeniem standardów z zakresu przechowywania i przetwarzania danych przestrzennych zajmuje się konsorcjum *Open Geospatial Consortium (OGC)* [3]. W skład tego konsorcjum wchodzi szereg organizacji komercyjnych, rządowych, badawczych i innych z całego świata. Dziełem tego konsorcjum są standardy takie jak: *WMS*, *WFS*, *WCS*, *GML*, *KML* i wiele innych. Standardy dotyczące przechowywanie i dostępu do danych przestrzennych w relacyjnych i obiektowo-relacyjnych bazach danych opisują dokumenty zatytułowane „*Simple Features*” i „*Simple Features SQL*”. Standardy te opisują

zarówno sposoby przechowywania danych przestrzennych w bazach danych jak również definiują zbiór operacji, które służą do tworzenia i przetwarzania danych przestrzennych. Metody operujące na danych przestrzennych zazwyczaj mają przedrostek „ST” np. *STDifference*, która reprezentuje różnicę, czy *STUnion* reprezentująca sumę. Baza Microsoft SQL Server 2008 [4] jest zgodna z tymi standardami.

2.4 Zastosowane typy danych

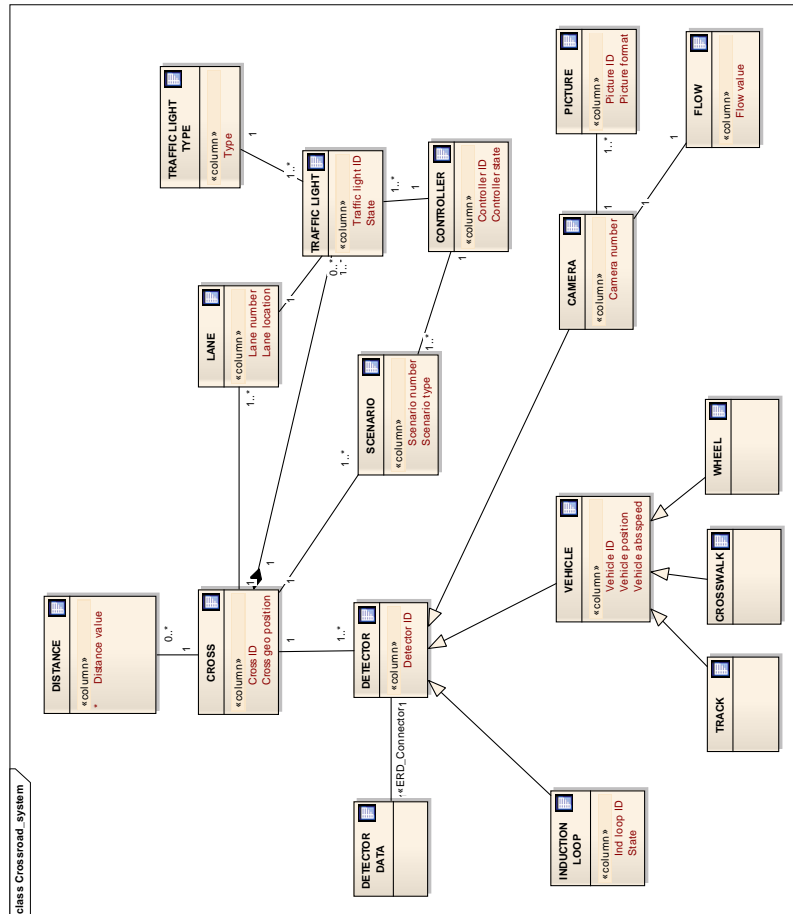
Na potrzeby projektu wykorzystano w strukturze danych następujące typy danych przestrzennych:

- Dane geometryczne

Dane geometryczne są to dane umieszczone w euklidesowym układzie współrzędnych - w tzw. „układzie płaskiej ziemi”. W bazie MS SQL 2008 ten typ danych opisuje typ *GEOMETRY*, który należy stosować do opisanego obiektów, dla których z punktu widzenia ich wielkości i zastosowania nie jest istotna krzywizna Ziemi.

- Dane geograficzne

Dane geograficzne są używane do umiejscowienia obiektów na kuli ziemskiej. Obiekty, które można opisać danymi geograficznymi są obiektami, dla których można określić długość i szerokość geograficzną.



Rys.1. Ogólna struktura danych dla systemu sterowania ruchem DynaSignal

Można wyróżnić trzy podstawowe typy danych przestrzennych: punkt (POINT), linia łamana (LINESTRING) i wielokąt (POLYGON). Dodatkowo istnieją typy służące do przechowywania wielu danych powyższych typów. Są to odpowiednio MULTIPOINT, MULTILINESTRING i MULTIPOLYGON. Ostatnim typem danych przestrzennych w MS SQL Server 2008 jest, GEOMETRYCOLLECTION, który służy do przechowywania danych wszystkich powyższych typów.

Dane przestrzenne przechowywane są w bazie danych w jednym z trzech formatów, zaproponowanych przez konsorcjum OGC (ang. *Open Geospatial Consortium*):

- WKB (ang. *Well Known Binary*) - binarny format reprezentacji danych przestrzennych
- WKT (ang. *Well Known Text*) - tekstowy format reprezentacji danych przestrzennych

- *GML* (ang. *Geographical Markup Language*) - format reprezentacji danych przestrzennych oparty o *XML*

Rys.1 przedstawia ogólną strukturę danych uwzględniającą następujące założenia :

- Skrzyżowanie składa się z wielu pasów ruchu
- Na skrzyżowaniu znajduje się co najmniej jeden sygnalizator świetlny
- Kontroler zarządza jednym lub wieloma sygnalizatorami świetlnymi
- Każdy kontroler zawiera co najmniej jeden scenariusz
- Na skrzyżowaniu znajduje się co najmniej jeden detektor
- Pomiedzy dwoma skrzyżowaniami mamy ściśle określoną odległość

3. INTERFEJS GUI

Zgodnie z wytycznymi scenariusza systemu GUI projektu Eureka – *DynaSignal* dotyczącego regulacji ruchu ulicznego zaprojektowano i zaimplementowano graficzny interfejs użytkownika (ang. *Graphical User Interface*, GUI) z pełnym wsparciem procesów CRUD [5] (ang. *Create Read Update Delete*), tj.:

- a) wstawianie danych do bazy projektu *TrafficLight* (baza projektu *DynaSignal*);
- b) czytanie wraz ze stronicowaniem danych z bazy *TrafficLight*;
- c) modyfikowanie danych przechowywanych w bazie *TrafficLight*;
- d) usuwanie danych z bazy *TrafficLight*.

GUI projektu *DynaSignal* zostało zaimplementowane w oparciu o najnowsze środowisko programistyczne Visual Studio 2010 oraz .NET Framework 4.0 z wykorzystaniem technologii webowej ASP.NET 4.0. Aplikacja webowa [6] dostarcza m.in. następujące funkcjonalności dla systemu do wprowadzania danych i ich zarządzania:

- prostą i intuicyjną dla użytkownika końcowego nawigację po obiektach bazy *TrafficLight*;
- stronicowanie wyświetlanych danych z tabel w celu szybszego i wydajniejszego ich przeglądania oraz zarządzania;
- wiele gotowych i intuicyjnych wyszukiwarek po odpowiednich predykatkach, aby ułatwić pracę z danymi bazy *TrafficLight*;
- możliwość łatwego uzyskania szczegółów danych bazy;
- prostota wstawiania nowych danych, modyfikacja już istniejących lub usuwania nieaktualnych;
- formularze do wstawiania danych geograficznych.

GUI projektu składa się z trzech części:

- a) listy wszystkich tabel bazy *TrafficLight* z możliwością pełnego CRUD na owych obiektach;
- b) czterech formularzy do wprowadzania danych geograficznych
- c) interfejsu do zarządzania raportami

Przykład zaprojektowanego elementu GUI stanowi raport z lokalizacji świateł sygnalizacyjnych przedstawiony na rys.2.

Nazwa	Średnica	Źródło światła	Współrzędne geograficzne
R11	300	LED	POINT (-73.971 40.7699)
R12	300	BULB	POINT (-14.971 17.7699)
R11	300	LED	POINT (-15.976 17.7699)
R13	300	LED	POINT (-15.976 17.7699)
R14	300	BULB	POINT (-73.971 40.7699)
R11	300	LED	POINT (-73.971 40.7699)
R11	300	LED	POINT (-73.971 40.7699)

Rys.2. Raport z lokalizacji świateł sygnalizacyjnych

Raport z rys.2 składa się z nazwy światła sygnalizacyjnego, jego średnicy, źródła oraz współrzędnych geograficznych przedstawiających jego lokalizację.

Grupa	Sygnalizatory	Minimalny sygnał zielony	Czas sygnału żółtego	Czas sygnału czerwono-żółtego
1K	R11	6	3	1
1K	R12	6	3	1
2K	R11	6	3	1
3K	R13	8	3	1
4K	R14	6	3	1
4K	R11	6	3	1

Rys. 3 Raport z listą sygnałów drogowych

Parametrem, po którym następuje wyszukiwanie danych na potrzeby tego raportu jest nazwa skrzyżowania, którą można wybrać z listy wszystkich nazw skrzyżowań przechowywanych w ramach bazy projektu Eureka – DynaSignal.

Na rys.3 przedstawiono raport z listą sygnałów drogowych. Raport ten składa się z nazwy grupy, nazwy sygnalizatorów świetlnych w grupie, minimalnego czasu sygnału zielonego, czasu sygnału żółtego oraz czasu sygnału czerwono-żółtego.

Raport można filtrować w oparciu o nazwę skrzyżowania.

Interesującym elementem jest też raport przedstawiony na rys.4. Przedstawia on macierz minimalnych czasów międzyzielonych

Tablica minimalnych czasów międzyzielonych

Grupa kończąca	Grupa rozpoczynająca			
	1K	2K	3K	4K
1K				7
2K			6	
3K		7		
4K	6			

Rys 4. Tablica minimalnych czasów międzyzielonych

Raport z rys.4 przedstawia macierz składającą się z grup rozpoczynających oraz kończących. W macierzy tej przechowywane są wartości (w przeciwieństwie do raportu fazowego, w którym używa się „X”), a jeśli czas nie występuje, wówczas nie wpisuje się w takim raporcie zera, tylko pozostawia się puste pole.

Parametrem, po którym następuje wyszukiwanie danych na potrzeby tego raportu, jest nazwa skrzyżowania, którą można wybrać z listy skrzyżowań.

Rys 5. Diagram programu sygnalizacji

Raport sygnalizacji pokazany na rys.5 składa się z poszczególnych grup sygnałowych, dla których prezentowane są czasy przełączeń sygnalizacji świetlnej. Programów takich może być wiele dla skrzyżowania (raport filtrowany jest poprzez nazwę skrzyżowania oraz typ programu – wybierany poprzez długość cyklu programu). Dodatkowo, dla każdego programu wyświetlany jest jego offset.

4. WNIOSKI

W materiale zaprezentowano model koncepcyjny struktury danych spełniającej wymagania do przechowywania danych dla systemu wspomagającego sterowanie ruchem z uwzględnieniem przechowywania danych przestrzennych. Przedstawiono też zaprojektowane i zaimplementowane raporty, które spełniają wymagania postawione przez francuskiego partnera w ramach projektu. Do implementacji przedstawionych rozwiązań wykorzystano najnowszy silnik serwera SQL Server 2008 R2 oraz najnowsze środowisko programistyczne (.NET 4.0). Pozwoliło to na zaimplementowanie wysoce skalowalnych i wydajnych raportów, a sam system raportujący dostarcza dzięki temu czytelne - z wieloma innowacyjnymi dodatkami - rozwiązania raportowe dla użytkownika końcowego.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych, Dz. U. 2000 nr 70 poz. 821 (<http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20000700821>)
- [2] Raghu Ramakrishnan, *Database Management Systems*, McGraw-Hill International Editions, 1997
- [3] Lance McKee, Cliff Kottman, *Inside the OpenGIS Specification*, Open GIS Consortium, Inc. 1999
- [4] Robert Muller, *Designing Databases with Object-Oriented Methods*, IEEE Computer Society 2005
- [5] Heller M, *REST and CRUD: the Impedance Mismatch*, January 29, 2007
- [6] Hancock J.C., Toren R.: *Practical Business Intelligence with SQL Server 2005*, Crawfordsville, Addison Wesley Professional, 2006