

Adam PIÓRKOWSKI, Andrzej LEŚNIAK
AGH, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA STRUMIENIOWYCH BAZ DANYCH W REALIZACJI SYSTEMU MONITORUJĄCEGO STAN OBWAŁOWAŃ PRZECIWPOWODZIOWYCH¹

Streszczenie. Artykuł stanowi analizę możliwości wykorzystania strumieniowych baz danych w konstrukcji systemów nadzorowania stanu obwałowań przeciwpowodziowych. Rozpatrzono cechy charakterystyczne budowy systemów opartych na strumieniowych bazach danych, szczególnie w kontekście sieci czujników. Zwrócono uwagę na zagadnienie składowania danych oraz ich przetwarzania. Zamieszczony przegląd rozwiązań uwypukla projekty stworzone specjalnie dla sieci czujników. Przeanalizowano aktualność aplikacji systemów strumieniowych baz danych i ich dostępność w aspekcie projektów akademickich.

Słowa kluczowe: strumieniowe bazy danych, obwałowania przeciwpowodziowe

USING DATA STREAM MANAGEMENT SYSTEMS IN THE DESIGN OF MONITORING SYSTEM FOR FLOOD EMBANKMENTS

Summary. The article is an analysis of the possibilities of using streaming data bases in the design of systems monitoring the status of flood embankments. The authors considered a construction of systems based on the streaming data bases in the context of sensor networks. There is an attention paid to the issue of data storage and processing drawn. Overview of the solutions featuring designs created especially for sensor networks is presented. There are analyzed states of streaming systems database applications and their availability in terms of academic projects.

Keywords: stream databases, flood embankments

¹ Praca finansowana w ramach grantu NCBiR nr PBS1/B9/18/2013 (180535).

1. Wprowadzenie

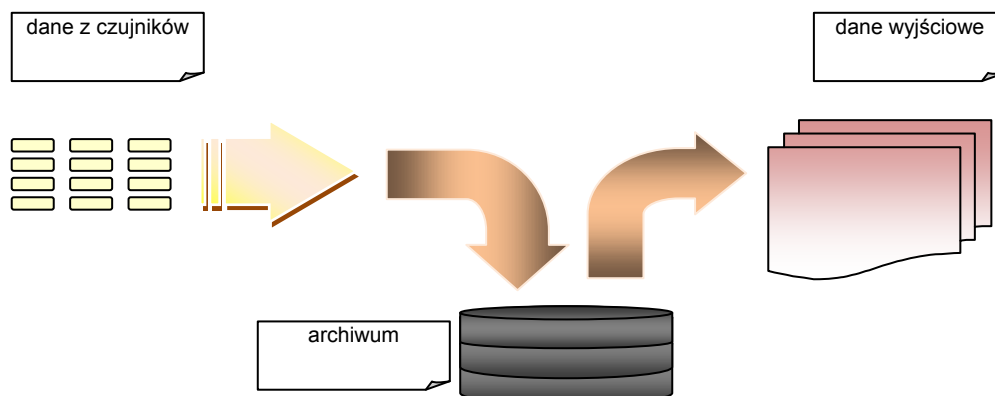
Każdy system nadzoru, a tym bardziej system oparty na narzędziach informatycznych, dostarcza znacznych ilości danych, które powinny być składowane w celach archiwalnych oraz analizowane na bieżąco w celu ostrzeżenia przed zagrożeniami. Standardowe aplikacje tego typu systemów zakładają na ogół konstrukcję opartą na relacyjnej bazie danych do ich składowania oraz specjalnie tworzony, dedykowany moduł aplikacyjny, realizujący obliczenia i generujący informację o stanie obiektu. Takie zadania można powierzyć także systemowi opartemu na strumieniowej bazie danych, czego analiza jest celem niniejszego artykułu.

Oparcie konstrukcji systemu nadzoru ciągłego na relacyjnych bazach danych wiąże się z pewnymi problemami natury zarówno wydajnościowej, jak i konstrukcyjnej. Relacyjne bazy danych, gromadzące opis faktów (stanów mierzonych sygnałów) w tabelach, będą miały tendencje do zwiększenia rozmiaru bazy, a co za tym idzie – stanowi to źródło następujących problemów:

- wpis każdej następnej krotki będzie zajmować coraz więcej czasu – zakładając, że dane będą gromadzone ze stałą prędkością z wielu punktów pomiarowych, w pewnym momencie może dojść do konieczności konserwacji zapisu tabeli, przegrupowania danych (choćby ręcznego przesunięcia starych danych do tabeli zapasowej), a to może wiązać się z okresem przestoju, uniemożliwiającym pracę ciągłą,
- zwiększający się rozmiar tabeli będzie wydłużał czas wykonywania analizy przez moduły diagnostyczne; nawet jeśli będzie to dotyczyło tylko wybranych danych, to czas pełnego dostępu do tabeli może być dłuższy niż akceptowalny; może także uniemożliwić jednoczesne aktualizowanie nadchodzących danych (przez blokadę),
- wykorzystanie indeksacji pozwoli na przyspieszenie odczytu danych, jednak w przypadku stałego dodawania pojedynczych krotek i aktualizowania indeksu można natrafić na niekorzystne opóźnienia związane z konserwacją mechanizmu indeksu; w najgorszym wypadku aktualizacja (wyważanie) całego B-drzewa może być kosztowna, zakłada się bowiem, że indeks byłby tworzony dla atrybutu wskazującego kolejne chwile, stąd proponowany wybór rodzaju indeksu,
- wykonywanie analizy, jeśli jest długotrwałe, może nie obejmować danych nadchodzących w trakcie wykonywania obliczeń.

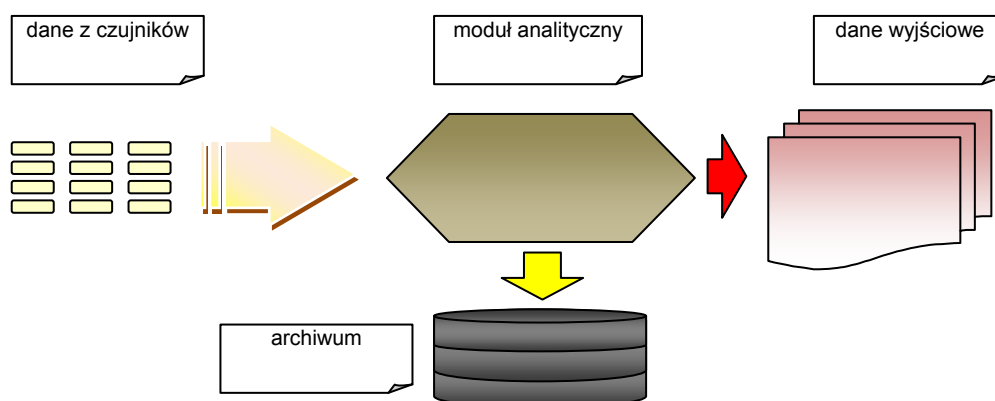
Podstawą konstrukcji aplikacji nadzorującej jest system zarządzania, który zbiera dane z czujników pomiarowych i zapisuje je na bieżąco w bazie (rys. 1). Wszelka analiza danych przez oprogramowanie odbywa się po podłączeniu do bazy. Można zatem stwierdzić, że system zarządzania bazą danych pełni funkcję pośrednika. Zaletą takiego rozwiązania jest

niezależność oprogramowania akwizycji danych od oprogramowania analitycznego. Niestety, przy uwzględnieniu wcześniej postawionych problemów, omawiana konstrukcja może być nieefektywna.



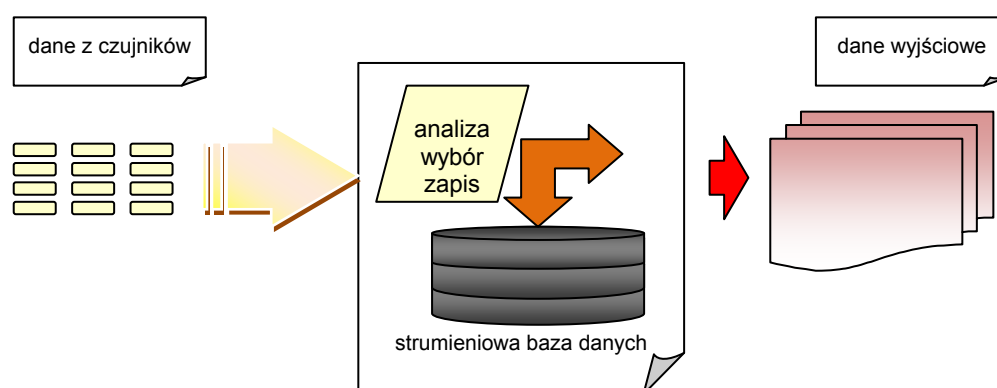
Rys. 1. Konstrukcja systemu zakładającego wymianę danych przez bazę danych
Fig. 1. A system that exchanges data via database

Alternatywą byłby system, który bazę danych traktuje jedynie jako archiwum, przetwarzając dane na bieżąco w pamięci (rys. 2). Taki proces musiałby podczas startu (ew. przy ponownym uruchomieniu) odczytywać historyczne dane, aby wyznaczać trend wartości odczytywanych z sensorów. Takie rozwiązanie wydaje się elastyczne, aczkolwiek w kontekście tworzenia systemu należy się spodziewać dużych kosztów ze względu na dedykowany charakter oprogramowania.



Rys. 2. Konstrukcja systemu realizującego obliczenia i archiwizację przez oprogramowanie dedykowane
Fig. 2. A system that process and stores data using dedicated software

Trzecim rozwiązaniem jest oparcie konstrukcji systemu na strumieniowych bazach danych [1, 2]. W takim przypadku dane mierzonych sygnałów są przekazywane do systemu zarządzania strumieniową bazą danych, skąd są wysyłane do podsystemu archiwizującego, a jednocześnie są przetwarzane w celu wyznaczenia odpowiednich cech badanego systemu [3, 4] w czasie rzeczywistym [5].



Rys. 3. Konstrukcja systemu wykorzystująca strumieniową bazę danych
 Fig. 3. A system that uses stream database

Dodatkowym atutem od strony konstrukcyjnej systemu opartego na strumieniowych bazach danych jest tworzenie aktywnej bazy danych w odróżnieniu od pasywnych baz, jakimi są bazy relacyjne. Zastosowanie bowiem wyzwalaczy (ang. *triggers*) w relacyjnych bazach danych daje skończone możliwości realizacji aktywności, uniemożliwiające podjęcie akcji bez fizycznego przybycia nowych danych.

Intuicyjnie można stwierdzić, że rozwiązanie oparte na bazach danych strumieniowych byłoby najatrakcyjniejsze. Wybór metody implementacji należy jednak poprzedzić analizą możliwości pozyskania lub wykonania i wdrożenia takiego systemu.

1.1. System monitoringu obwałowań przeciwpowodziowych

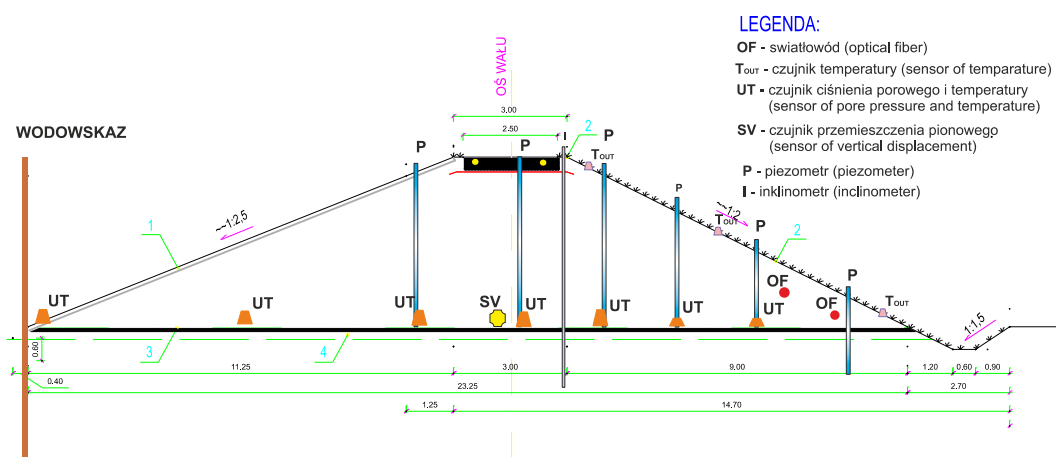
Ochrona przed powodzią obszarów zabudowanych jest bardzo ważnym zadaniem stawianym współczesnej technice. Mimo postępu co roku zjawiska powodziowe występują zarówno w Polsce, jak i na całym świecie. Część zjawisk ma charakter nagły i nieprzewidywany, ale część z nich jest możliwa do uniknięcia przez budowę i kontrolę obwałowań przeciwpowodziowych. Systemy monitoringu zagrożeń środowiskowych były tematem wielu rozważań, związanych zarówno z powodzią [6, 7], jak i osuwiskami [8].

W Polsce zintegrowane systemy monitoringu obwałowań przeciwpowodziowych są tworzone również obecnie. Przy współpracy Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z firmami SWECO Hydroprojekt Kraków sp. z o.o. i Neosentio realizowany jest Projekt ISMOP (Informatyczny System Monitoringu Obwałowań Przeciwpowodziowych), finansowany w ramach projektu NCBiR, który zakłada stworzenie systemu monitorującego statyczne i dynamiczne zachowanie się obwałowań przeciwpowodziowych w czasie rzeczywistym.

Podstawowym problemem związanym z obwałowaniami przeciwpowodziowymi jest kontrola ich stanu technicznego zarówno poza sezonem powodziowym, jak i w trakcie narażenia na przerwanie wału. Obserwacja wizualna wału w trakcie powodzi nie daje odpowiedzi na pytania: czy dany odcinek wału nie utraci stabilności?, a jeśli tak, to jaki czas

może efektywnie stawiać opór fali powodziowej? Celem badań jest dostarczenie odpowiedzi na pytanie: czy mierzenie parametrów technicznych wewnątrz wału, takich jak np. temperatura, ciśnienie, wilgotność itp., pozwala na oszacowanie prawdopodobieństwa przerwania obwałowania w danym miejscu? Dodatkowym utrudnieniem w udzieleniu jednoznacznej odpowiedzi na tak postawione pytania jest niejednorodna budowa obwałowania – najczęściej z materiału znajdującego się w jego pobliżu.

Proponowany system monitoringu obwałowań przeciwpowodziowych składa się z sieci sensorów umieszczonych wewnątrz wału, mierzących wybrane parametry fizyczne lub geotechniczne (np. temperaturę, ciśnienie porowe wody, wilgotność, naprężenia i odkształcenia, przewodnictwo elektryczne i inne) z zadanym interwałem czasowym. Taka sieć powinna się rozciągać w obwałowaniach po obu stronach cieku wodnego; wstępnie przyjmuje się odległość ok. 5 m między kolejnymi punktami pomiarowymi. Cały system tworzy zatem siatkę sensorów, z której ze stałą częstotliwością spływają informacje o badanych parametrach w każdym punkcie pomiarowym. Dane te następnie muszą być monitorowane przez oprogramowanie, które na podstawie zmiany parametrów wyróżnia stany alarmowe, odpowiednio odróżniając je od wahań w cyklu dobowym, sezonowym lub rocznym.



Rys. 4. Plan eksperymentalnej budowli obwałowań z monitoringiem
 Fig. 4. The schema of experimental flood embankments

2. Przegląd rozwiązań strumieniowych baz danych

Przez pojęcie strumieniowej bazy danych rozumie się taki rodzaj bazy, w której dane mają charakter strumienia i nadchodzą najczęściej ze stałą częstotliwością. Dane te są magazynowane i przetwarzane przez strumieniowy system zarządzania danymi (ang. *Data Stream Management System* – DSMS). Wśród cech wyróżniających ten rodzaj baz danych są: możliwość konstruowania zapytań ciągłych (zapętlnych) oraz sposób rejestracji danych, realizowany bezpośrednio przez silnik bazy danych.

Dziedzina relacyjnych baz danych jest od lat dobrze znana i wykorzystywana przy konstrukcji ogromnej liczby rzeczywistych aplikacji. Dostępne są realizacje systemów zarządzania relacyjnymi bazami danych zarówno w postaci produktów komercyjnych, jak i wolno dostępnych. Dziedzina strumieniowych baz danych niestety nie może się pochwalić taką liczbą wdrożeń, podobnie w aspekcie dostępnych aplikacji większość rozwiązań jest w fazie prototypu. Warto jednak zwrócić uwagę na wybrane rozwiązania:

- Aurora – to jeden z pierwszych systemów przeznaczonych do projektowania przetwarzania strumieni danych, został on zastąpiony projektem Borealis i przestał być rozwijany ok. 2004 roku [11, 18],
- Borealis – jest to projekt akademicki, rozwijany przez naukowców z uniwersytetów Brandeis University, Brown University i MIT; powstał na bazie systemów Aurora i Medusa, składa się z licznych modułów, jak np. graficzny edytor zapytań strumieniowych; projekt jest dostępny w wersji do zainstalowania (system Linux), niestety, jego rozwój został wstrzymany w 2008 roku [19],
- STREAM – projekt utworzony na Uniwersytecie Stanford, jego akademicki charakter przełożył się na dalsze losy – wraz z zakończeniem prac naukowych doktorantów rozwój systemu zakończył się w 2006 roku [20],
- PIPES – jest to projekt grupy badawczej z uniwersytetu w Marburgu, projekt ten jednak przestał być rozwijany w 2006 roku; strona z opisem jest dostępna pod adresem: [21],
- Tribeca – to jeden z pierwszych projektów przetwarzających strumienie danych, przeznaczony do analizy ruchu sieciowego; projekt obecnie nie jest rozwijany [12],
- TelegraphCQ – jest projektem rozwijanym na uniwersytecie w Berkeley, konstrukcja systemu jest oparta na relacyjnej bazie danych PostgreSQL, autorzy przewidują zastosowanie sieci czujników, dostępne są pakiety instalacyjne dla systemów Linux i MacOS; rozwój projektu zatrzymał się w 2003 roku, ostatnie publikacje wydano w 2007 roku [22],
- NiagaraCQ – to projekt prowadzony na uniwersytecie w Wisconsin; jego rozwój został wstrzymany w 2000 roku, powstał nowy projekt kontynuujący o nazwie NiagaraST, którego ostatnie badania są datowane na 2009 rok; na życzenie autorzy udostępniają kody projektu [23, 24],
- MonaCQ – to system przeznaczony do zbierania sygnałów biomedycznych [11],
- Gigascope – projekt powstały w dziale rozwojowym AT&T, skierowany głównie do zagadnień analizy obciążenia sieci; kluczowym momentem aplikacji jest 2003 rok [14],
- Fjord – to pochodna projektu TelegraphCQ, prowadzony również przez badaczy z Uniwersytetu w Berkeley, jednakże przeznaczony do obsługi sieci czujników [15], dlatego zostanie dokładniej omówiony w następnym podrozdziale,

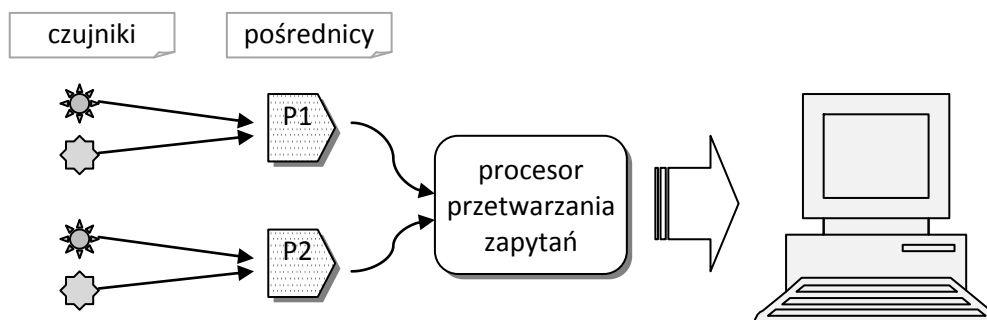
- Cougar – jeden z czołowych projektów strumieniowych baz danych dedykowanych sieciom czujników, prowadzony przez naukowców z Cornell University; autorzy uznali projekt za zakończony, wydając publikacje w latach 2003-2005 [16],
- TinyDB – to baza dedykowana sieciom sensorowym, skojarzona z dedykowanym temu zagadnieniu systemem operacyjnym TinyOS, projekt prowadzi grupa z Uniwersytetu w Berkeley, aktywność publikacyjna dotyczy lat 2003-2005, przy czym należy nadmienić, że system operacyjny TinyOS, powiązany z tą bazą, miał wydania kolejnych trzech ostatnich wersji w latach 2008, 2010 i 2012, co określa aktywność projektu [17].

Analizując przedstawione uwagi do wymienionych baz danych dedykowanych przetwarzaniu strumieni danych, można zauważyć dwa główne trendy zastosowań tego rodzaju baz: przetwarzanie informacji o przesyłanych danych w sieciach zarówno na poziomie sieciowym, jak i na poziomie obsługi połączeń internetowych [9] oraz obsługa sieci czujników [10]. Ten drugi obszar zastosowań jest zbliżony do potrzeb systemu monitorowania obwałowań przeciwpowodziowych, dlatego wybranym trzem rozwiązaniom poświęcono więcej uwagi.

2.1. Strumieniowe bazy danych dedykowane sieciom czujników

2.1.1. Fjord

Fjord jest projektem bazy zorientowanej na strumienie danych pochodzących od czujników. Konstrukcja systemu Fjord została oparta na dwóch zasadniczych elementach, z których pierwszy jest adaptacyjnym mechanizmem przetwarzania zapytań do danych, a drugi odgrywa rolę pośrednika sensorów (rys. 5).



Rys. 5. Idea konstrukcji systemu Fjord

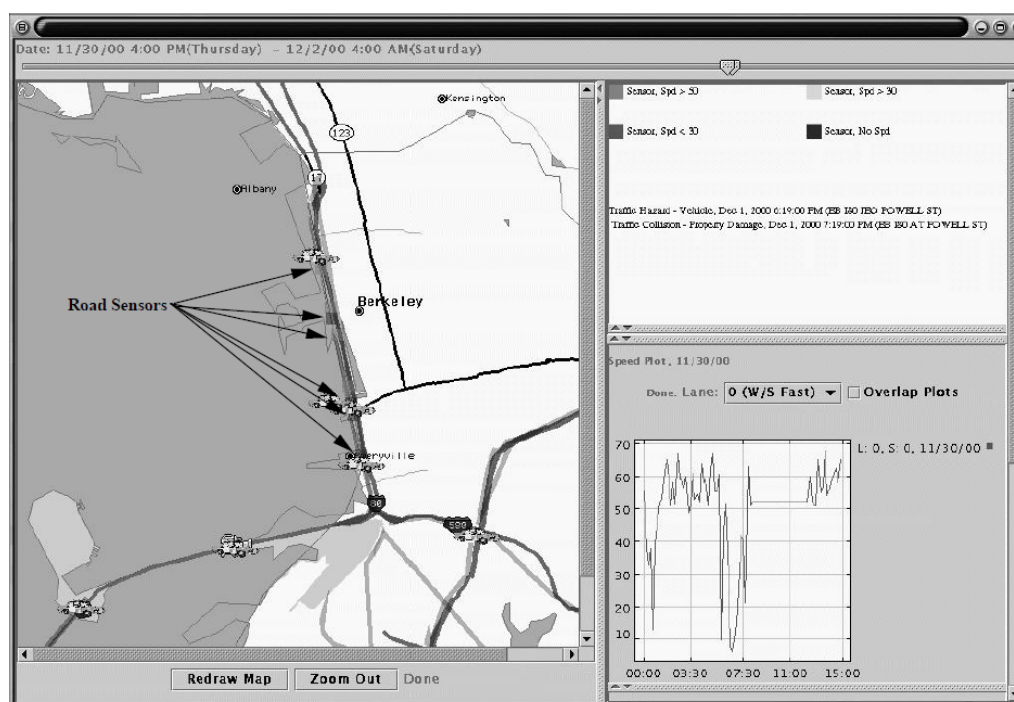
Fig. 5. The Fjord system construction schema

Przetwarzanie danych odbywa się przy przyjętym modelu przepływu danych. Każdy czujnik jest skojarzony z przedstawicielem (pośrednikiem), którego zadaniem jest odebranie od czujnika wartości i rozesłanie jej do odpowiednich odbiorców, co odciąża ów czujnik od przeprowadzania często angażującej komunikacji z odbiorcami. Dodatkową zaletą jest możliwość realizacji dostrajanego odpytywania czujnika w kontekście zmian sygnału i powiadamianie systemu nadzorującego w przypadku istotnych różnic sygnału, co oszczędza

angażowanie w te zadania procesora zapytań (analiza może być kosztowna obliczeniowo), a także pozwala realizować powiadomienia, czego sam czujnik nie potrafi lub byłoby to dla niego obciążające (np. w kwestii zużycia baterii).

Różnicą przedstawianego rozwiązania w stosunku do tradycyjnych konstrukcji systemów jest fakt, że nadchodzące dane z czujników są wstawiane do silnika przetwarzającego zapytania (aktywna baza danych), a nie są, jak np. w relacyjnych bazach danych, pobierane przez silnik w momencie zlecenia wykonania zapytania. Akcje pasywne silnik Fjord też może wykonywać, ale dla danych nieobjętych cechą strumieniowości. Takie rozróżnienie szczególnie uwypukla zastosowanie tego rozwiązania w systemach nadzoru, w których informacje z sensorów nadchodzą przeważnie w stałym okresie, ale ich nadejście powinno być jak najszybciej obsłużone, czyli powinno być zinterpretowane, czy dany sygnał za każdym razem nie przekroczył stanu alarmowego.

System Fjord zawiera moduł wizualizujący pracę i rozmieszczenie czujników. Przykładowa wizualizacja stanu pracy systemu została przedstawiona na rys. 6.



Rys. 6. Przykładowa wizualizacja w systemie Fjord [15]

Fig. 6. An example of a system visualization in The Fjord system

2.1.2. Cougar

Cougar to projekt opracowany specjalnie na potrzeby sieci czujników. Jego idea jest częściowo podobna do wcześniej przedstawianego projektu Fjord. Zakłada się, że system składa się z czujników, ich pośredników (ang. *proxy*) i silnika składającego i przetwarzającego dane. W odróżnieniu od poprzednio opisanego systemu pośrednicy mają nieznacznie większą autonomię i większe możliwości selekcji danych. Moduły te mają za zadanie ograni-

czyć komunikację i agregować dane, dokonując wymiany między różnymi czujnikami, tak by główny silnik nie musiał analizować danych od każdego sensora osobno. Celem projektowym tego zabiegu jest odciążenie jednostki głównej od przyjętego dużego nakładu pracy systemu.

Model danych w systemie Cougar zakłada dwie generalne klasy informacji: dane archiwizowane w bazie danych, ujęte w modelu relacyjnym, oraz dane pochodzące z bieżących odczytów sensorów, tworzące szeregi czasowe. Adekwatnie do przedstawionych klas danych operatory dokonujące analizy zostały rozszerzone o następujące akcje:

- projekcja – pozwala na wygenerowanie z szeregu czasowego odczytów danego sensora tabeli w modelu relacyjnym,
- iloczyn – wiąże on dane relacji i szeregu czasowego, a jako wyjście przedstawia wartości nowego szeregu czasowego,
- agregacja – operacja pozwalająca agregować dane szeregu czasowego i zapisywać lub dalej analizować w modelu relacyjnym.

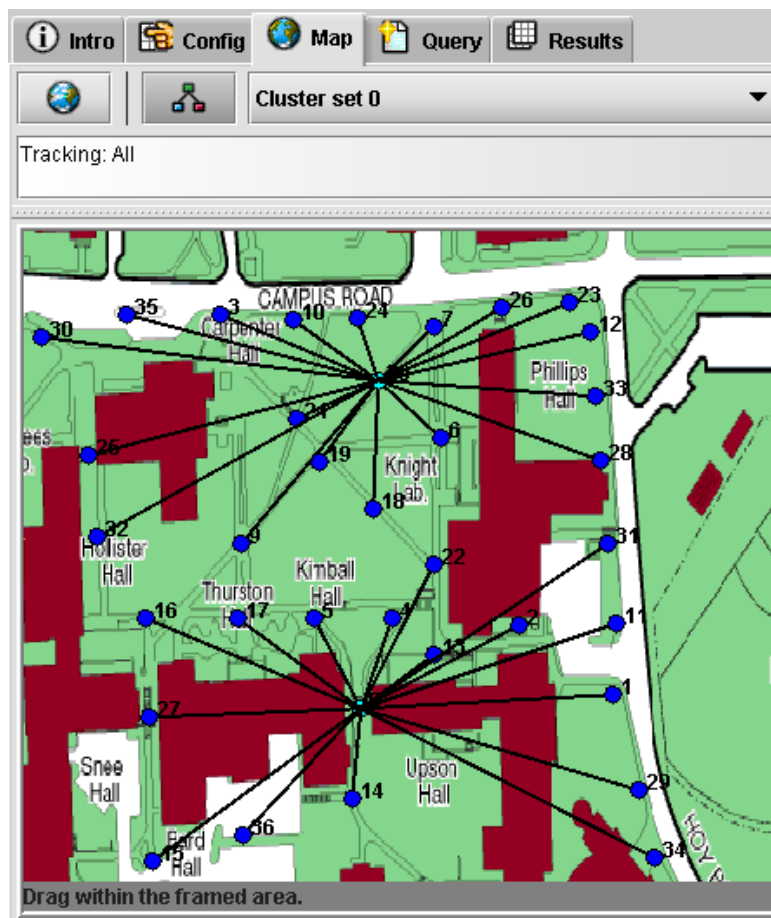
Zapytania w systemie Cougar są realizowane na podstawie odpytania danych przechowywanych w relacyjnej bazie danych oraz na podstawie odpytania danych z odczytów czujników, tworzących szeregi czasowe. Możliwe są realizacje zapytań ciągłych, w przypadku których wartość wynikowa jest wyliczana (aktualizowana) za każdym razem, gdy przyjdą nowe dane odczytane z czujników.

System Cougar ma możliwość prezentowania rozmieszczenia sensorów i raportowania stanu systemu w postaci graficznej. Przykładowa wizualizacja stanu pracy systemu została przedstawiona na rys. 7.

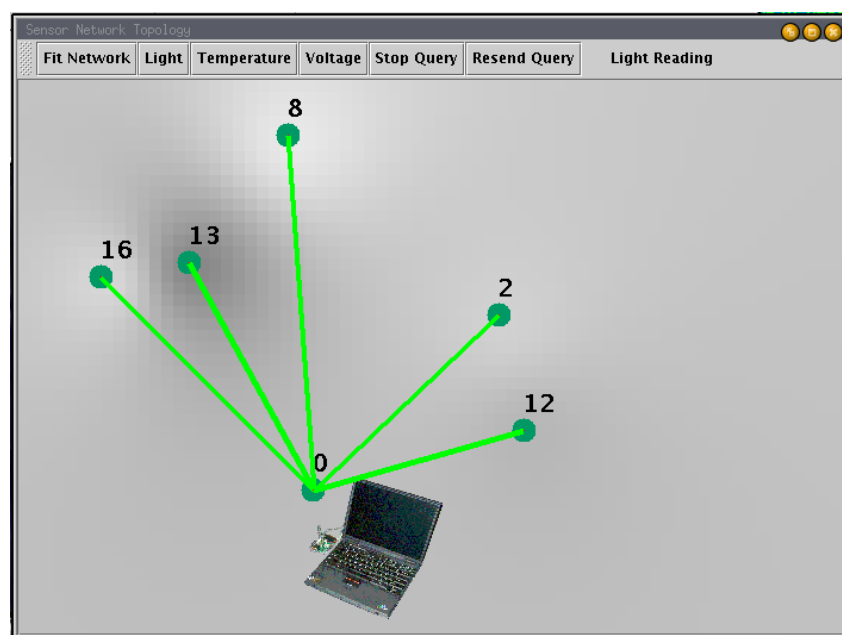
2.1.3. TinyDB

Model danych w TinyDB jest rozszerzeniem klasycznego podejścia relacyjnego. Założono, że dane odczytywane z sensorów (szereg) realizuje się przez nieskończenie długą tabelę relacyjną. Przyjęto dwa rodzaje atrybutów, które można określić jako wartości miar danych sygnałów i ich opis (znaczenie, jednostki). Każdy wiersz w tabeli jest związany z pojedynczym odczytem z pojedynczego sensora.

Warto przedstawić możliwości wizualizacji danych, związane z pakietem. Na rys. 8 pokazano przykładową wizualizację schematu połączeń z sensorami.

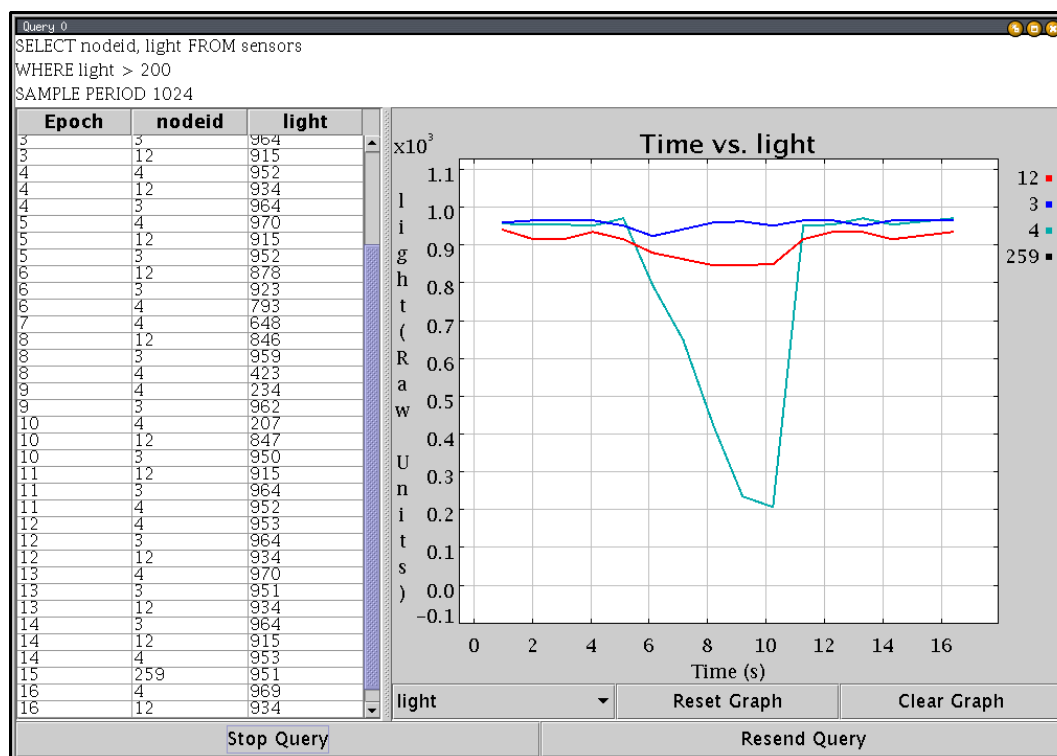


Rys. 7. Przykładowa wizualizacja w systemie Cougar [25]
 Fig. 7. An example of visualization in Cougar system.



Rys. 8. Przykładowa wizualizacja w systemie TinyDB [26]
 Fig. 8. An example of visualization in TinyDB system

Ciekawą opcją jest również wizualizacja odczytu przykładowych sensorów, przedstawiona na rys. 9.



Rys. 9. Przykładowa wizualizacja przebiegu sygnału w systemie TinyDB [26]
Fig. 9. An example of signal visualization in TinyDB system

3. Podsumowanie

Celem niniejszego artykułu jest zwrócenie uwagi na projekty systemów nadzoru, których konstrukcja może być oparta na bazach danych strumieniowych. Omówiono trzy główne podejścia do realizacji przetwarzania systemów ze stałym dopływem informacji z sensorów, przetwarzających i magazynujących strumień danych. Przedstawiono kilkanaście wiodących projektów. Zwrócono także uwagę na aktualność rozwiązań – w przypadku strumieniowych baz danych apogeum implementacji przypada na lata 2003-2005. Wykorzystanie tychże systemów może zatem okazać się nieefektywne; zastanawiające są również porzucenia rozwijania projektów, jakie można zauważyć w podobnym okresie. Nie zmienia to jednak faktu, że w przypadku konstrukcji systemu monitoringu obwałowań przeciwpowodziowych prezentowane konstrukcje są aktualne, rozwiązania zatem są referencyjne i warto dokonać projekcji poruszanych kwestii konstrukcyjnych na docelowy system dedykowany temu zagadnieniu. Ciekawym odniesieniem może być – co

uwzględniono w opracowaniu, powołując się na odpowiednie rysunki – wizualizowanie systemu nadzoru, rozmieszczenia czujników i analizy ich wartości.

BIBLIOGRAFIA

1. Mazur Z., Pawluk P.: Strumieniowe bazy danych. [w:] Kozielski S., Małysiak B., Kasprowski P., Mrozek D. (red.): Bazy danych: struktury, algorytmy, metody. WKŁ, Warszawa 2006.
2. Widera M., Kozielski S.: Strumieniowe systemy zarządzania danymi – przegląd rozwiązań. [w:] Kozielski S., Małysiak B., Kasprowski P., Mrozek D. (red.): Bazy danych: modele, technologie, narzędzia, WKŁ, Warszawa 2005, s. 257÷266.
3. Widera M.: Implementacja zapytań ciągłych w strumieniowym systemie zarządzania danymi na potrzeby przetwarzania sygnałów. *Studia Informatica*, Vol. 33, No. 2A (105), Gliwice 2012.
4. Widera M.: Zastosowanie strumieniowego systemu zarządzania danymi w realizacji zadania przetwarzania sygnałów. *Studia Informatica*, Vol. 30, No. 2A (83), Gliwice 2009.
5. Mulka M.: Zastosowanie strumieniowych baz danych w systemie czasu rzeczywistego. *Studia Informatica*, Vol. 31, No. 2A (89), Gliwice 2010.
6. Balis B., Kasztelnik M., Bubak M., Bartynski T., Gubala T., Nowakowski P., and Broekhuijsen J.. The UrbanFlood Common Information Space for Early Warning Systems. *Procedia Computer Science*, 4, 2011. Proceedings of the International Conference on Computational Science, ICCS 2011, s. 96÷105.
7. Krzhizhanovskaya V. V., Shirshov G. S., Melnikova N. B., Belleman R. G., Rusadi F. I., Broekhuijsen B. J., Gouldby B. P., Lhomme J., Balis B., Bubak M., Pyayt A. L., Mokhov I. I., Ozhigin A. V., Lang B., and Meijer R.J.: Flood early warning system: design, implementation and computational modules. *Procedia Computer Science*, 4, 2011. Proceedings of the International Conference on Computational Science, ICCS 2011, s. 106÷115.
8. Flak J., Gaj P., Tokarz K., Wideł S., Ziębiński A.: Remote Monitoring of Geological Activity of Inclined Regions–The Concept. *Computer Networks*, Springer, CCIS, 2009, s. 292÷301.
9. Tarnowski I., Tykierko M.: Zastosowanie strumieniowych baz danych do monitoringu sieci teleinformatycznych. *Sieci Komputerowe*, 2007.
10. Li J., Cai Z., Li J.: Data Management in Sensor Networks. *Wireless Sensor Networks and Applications*. Springer, US 2008, s. 287÷330.

11. Carney D. et al.: Monitoring streams: a new class of data management applications. Proceedings of the 28th international conference on Very Large Data Bases. VLDB Endowment, 2002, s. 215÷226.
12. Sullivan M.: Tribeca: A stream database manager for network traffic analysis. VLDB, 1996, s. 594.
13. Widera M., Wróbel J., Owczarek A., Matonia A., Jezewski M.: Data management system for computer aided biophysical monitoring. Engineering in Medicine and Biology Society, 2005, IEEE-EMBS 2005, 27th Annual International Conference of the. IEEE, 2006, s. 4712÷4715.
14. Cranor C., Johnson T., Spataschek O., Shkapenyuk V.: Gigascope: a stream database for network applications. Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD international conference on Management of data (SIGMOD '03), ACM, s. 647÷651.
15. Madden S., Franklin M. J.: Fjording the stream: An architecture for queries over streaming sensor data. Proceedings of 18th International Conference on Data Engineering, IEEE, 2002, s. 555÷566.
16. Yao Y., Gehrke J.: The cougar approach to in-network query processing in sensor networks. ACM Sigmod Record, 31(3), 2002, s. 9÷18.
17. Madden S. R., Franklin M. J., Hellerstein J. M., Hong W.: TinyDB: An acquisitional query processing system for sensor networks. ACM Transactions on Database Systems (TODS), 30(1), 2005, s. 122÷173.
18. Strona domowa projektu Aurora: <http://cs.brown.edu/research/aurora/>.
19. Strona domowa projektu Borealis: <http://www.cs.brown.edu/research/db/borealis/>.
20. Strona domowa projektu STREAM: <http://infolab.stanford.edu/stream/>.
21. Strona domowa projektu PIPES: <http://dbs.mathematik.uni-marburg.de/Home/Research-Projects/PIPES>.
22. Strona domowa projektu TelegraphCQ: <http://telegraph.cs.berkeley.edu>.
23. Strona domowa projektu NiagaraCQ: <http://research.cs.wisc.edu/niagara/>.
24. Strona domowa projektu NiagaraST: <http://datalab.cs.pdx.edu/niagara/>.
25. Strona domowa projektu Cougar: <http://www.cs.cornell.edu/bigreddata/cougar/>.
26. Strona domowa projektu TinyDB: <http://telegraph.cs.berkeley.edu/tinydb/>.

Wpłynęło do Redakcji 28 stycznia 2014 r.

Abstract

The article is an analysis of the possibilities of using streaming data bases in the design of systems monitoring the status of flood embankments. The assumptions and requirements of the project are presented. Three kinds of constructions are considered (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3). The authors considered characteristics of building systems based on the streaming data bases in the context of sensor networks. There is an attention paid to the issue of data storage and processing drawn. Overview of the solutions featuring designs created specifically for sensor networks is presented. There are analyzed states of streaming systems database applications and their availability in terms of academic projects. Particular attention was paid to sensor network projects like Fjord, Cougar and TinyDB. The examples of system visualization are as well presented (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8 and Fig. 9).

Adresy

Adam PIÓRKOWSKI: AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, pioro@agh.edu.pl.

Andrzej LEŚNIAK: AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, lesniak@agh.edu.pl.