

doi:10.15199/48.2024.12.45

Składowanie danych temporalnych dla wymiaru czasu rzeczywistego na platformie IBM Db2

Streszczenie. Celem artykułu jest wskazanie zakresu implementacji obsługi danych temporalnych dla czasu rzeczywistego w środowisku IBM Db2 oraz określenie stopnia zgodności tej implementacji z zapisami dotyczącymi temporalnych rozszerzeń języka SQL zawartych w standardzie ISO/IEC 9075 w wersji SQL:2011, a także prezentacja możliwości składowania danych temporalnych w środowisku IBM Db2.

Abstract. The aim of the article is an indication the scope of the implementation of temporal data support for valid time in the IBM Db2 environment and determining the degree of compliance of this implementation with the provisions on temporal extensions of the SQL language of the ISO/IEC 9075 standard in the SQL: 2011 version, as well as to present possibility storage of temporal data by IBM Db2 environment. (**Storage of temporal data for the valid time on the IBM Db2 platform**).

Słowa kluczowe: temporalne bazy danych, temporalne tabele, temporalne operatory, czas rzeczywisty, SQL:2011, IBM Db2.

Keywords: temporal databases, temporal tables, temporal operators, valid time, SQL:2011, IBM Db2.

Wstęp

Artykuł ten stanowi kolejny cykl rozważań na temat obsługi danych temporalnych w systemach baz danych opartych o relacyjny model danych. Poprzednie artykuły poświęcone zostały modelowaniu danych temporalnych w relacyjnym modelu danych [1], rozwojowi języka SQL i standardu ISO/IEC 9075 ze szczególnym uwzględnieniem składni pozwalającej składować i przetwarzać dane temporalne w RDBMS [2], a także możliwościom składowania i przetwarzania danych temporalnych na platformach MS SQL Server i Azure SQL Database [3], Oracle [4,5], składowaniu i przetwarzaniu danych temporalnych na platformie MariaDB w wymiarze czasu transakcyjnego [6,7] i czasu rzeczywistego [8,9] oraz składowaniu i przetwarzaniu danych temporalnych na platformie IBM Db2 w wymiarze czasu transakcyjnego [10,11]. Artykuł ten jest kontynuacją rozważań nt. możliwości składowania i przetwarzania danych temporalnych oferowanych przez serwery SQL. W całości poświęcony został on możliwościom składowania danych temporalnych na platformie IBM Db2 z uwzględnieniem wymiaru czasu rzeczywistego. Przeprowadzona została analiza zakresu możliwości magazynowania danych temporalnych dostępnych na platformie IBM Db2, dla czasu rzeczywistego. Celem tej analizy było zidentyfikowanie stopnia zgodności obsługi danych temporalnych z wymaganiami standardu ISO/IEC 9075, w szczególności z wersją standardu SQL:2011. Ponadto zaprezentowane zostały możliwości i przykłady tworzenia tabel wersjonowanych aplikacyjnie składających dane temporalne dla wymiaru czasu rzeczywistego w środowisku IBM Db2.

Podstawowe wymagania składowania i obsługi danych temporalnych na podstawie specyfikacji standardu SQL:2011

Główne elementy dotyczące obsługi danych temporalnych, które zostały wprowadzone w standardzie SQL 2011 to [12-14]:

- definicja okresu czasu,
- tabele temporalne wersjonowane aplikacyjnie lub systemowo,
- tabele bitemporalne (wersjonowane aplikacyjnie i systemowo),
- możliwość aktualizacji i usuwania rekordów z określonego przedziału czasowego,

- temporalne ograniczenie klucza podstawowego,
- temporalne ograniczenie integralności referencyjnej,
- nowe predykaty czasowe dla interwałów czasowych.

Składowanie danych temporalnych w IBM Db2

Dane temporalne w środowisku IBM Db2 obsługiwane są od wersji 10.1 (wówczas jeszcze IBM DB2) [15], która pojawiła się w 2012 roku. Dane temporalne mogą być składowane w wymiarze czasu transakcyjnego, czasu rzeczywistego bądź też w obu wymiarach czasu, w postaci tabeli bitemporalnej [16]. Wymiar czasu transakcyjnego na platformie IBM Db2 nazywany jest czasem systemowym SYSTEM_TIME, zaś wymiar czasu rzeczywistego na platformie IBM Db2 nazywany jest czasem biznesowym BUSINESS_TIME.

Dane temporalne w wymiarze czasu rzeczywistego składowane są w tabelach wersjonowanych aplikacyjnie. Struktura takiej tabeli uwzględnia definicję czasookresu BUSINESS_TIME, który opiera się na dwóch kolumnach określających czas ważności danych składowanych w rekordzie temporalnym. Innymi słowy wartości składowane w tych kolumnach określają, kiedy określona wersja rekordu jest wersją obowiązującą z perspektywy użytkownika czy też aplikacji. W odróżnieniu od tabeli wersjonowanej systemowo, zarówno wersje rekordów temporalnych, które były obowiązujące w przeszłości, są aktualne obecnie lub też będą obowiązywać w przyszłości, wszystkie one są składowane w jednej tabeli temporalnej.

Kolumny określające granice czasookresu mogą posiadać typ systemowy DATE lub TIMESTAMP. Wartości dla tych kolumn są wprowadzane przez użytkownika lub aplikację. Jednakże w odróżnieniu od tabeli temporalnej wersjonowanej systemowo nie są one automatycznie generowane przez system bazodanowy [17]. Niedozwolone jest także użycie wartości NULL w odniesieniu do kolumn czasookresu. Należy także zaznaczyć, iż domyślnie dolna wartość graniczna definiowanego czasookresu zawiera się w czasookresie BUSINESS_TIME, zaś wartość odpowiadająca górnej granicy czasookresu jest z niego wykluczona ($t \in <d1,d2$). Innymi słowy kolumna składująca dolną wartość graniczną czasookresu przechowuje wartość czasu, od którego rekord jest ważny, kolumna dla górnej granicy czasookresu przechowuje wartość czasu, w którym rekord przestaje być prawdziwy.

W momencie definiowania czasookresu w tabeli temporalnej generowany jest także niejawni warunek

ograniczający o nazwie DB2_GENERATED_CHECK_CONSTRAINT_FOR_BUSINESS_TIME, którego zadaniem jest wymuszenie, aby górna wartość graniczna czasookresu była większa od jego dolnej wartości granicznej.

Dodatkowo możliwe jest użycie klauzuli BUSINESS_TIME WITHOUT OVERLAPS, dzięki której realizowane jest wykluczenie nakładania się czasookresów dla tego samego klucza podstawowego. Mechanizm ten pozwala m.in. na wyeliminowanie sytuacji, w której klient posiada kilka różnych wariantów polisy ubezpieczeniowej zawartej w tym samym okresie czasu.

Zestawienie wybranych cech temporalnych zawartych w standardzie SQL:2011 oraz cech temporalnych zaimplementowanych na platformie IBM Db2, w odniesieniu do obsługi danych temporalnych w wymiarze czasu rzeczywistego przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Spełnienie wybranych wymagań standardu SQL:2011, dla obsługi danych temporalnych w wymiarze czasu rzeczywistego

Wymagania	SQL:2011	IBM Db2 11.5.9
Definicja czasookresu	✓	✓
Typ danych PERIOD		-
Tabele wersjonowane aplikacyjnie	✓	✓
Implementacja predykatów czasowych TWA ¹	✓	-
Tabele bitemporalne	✓	✓
Aktualizacja i usuwanie rekordów z zadanego przedziału czasowego	✓	✓
Jawne znaczniki czasowe	✓	✓
Niejawne znaczniki czasowe	✓	✓
Temporalne ograniczenie PK	✓	✓
Temporalne ograniczenie FK REFERNCES	✓	-
Typ danych data	DATE, TIME, TIMESTAMP, INTERVAL	DATE, TIME, TIMESTAMP

Platforma IBM Db2 nie realizuje w pełni założeń specyfikacji standardu SQL:2011 w kontekście obsługi danych temporalnych, w wymiarze czasu rzeczywistego. Możliwe jest tworzenie tabel temporalnych wersjonowanych aplikacyjnie zarówno z jawnymi i niejawnymi znacznikami czasu. Zaimplementowany także został mechanizm obsługi temporalnej aktualizacji oraz temporalnego usuwania rekordów dla zadanego przedziału czasowego. Dostępne jest także ograniczenie temporalne klucza głównego, które wyklucza nakładanie się okresów czasowych dla tej samej wartości klucza. Nie zostało zaimplementowane temporalne referencyjne ograniczenie klucza obcego. Ponadto środowisko IBM Db2 udostępnia trzy z czterech typów danych do obsługi danych temporalnych zdefiniowanych w zapisach standardu SQL:2011. Niedostępny jest typ INTERVAL. Nie zostały także zaimplementowane predykaty czasowe do odpytywania tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie. Możliwe jest odpytywanie takiej tabeli w postaci klasycznego zapytania wybierającego lub też za pomocą odpowiednich rozszerzeń temporalnych, które stanowią nieco zmodyfikowaną postać predykatów temporalnych do odpytywania tabeli wersjonowanych systemowo. Niemniej jednak nie mają one postaci zbieżnej

¹ TWA-tabela wersjonowana aplikacyjnie

z predykatami temporalnymi zawartymi w standardzie SQL:2011 do odpytywania tabeli wersjonowanej aplikacyjnie [2].

Tworzenie tabeli temporalnej z obsługą czasu rzeczywistego w IBM Db2

Tabela temporalna wersjonowana aplikacyjnie musi posiadać dwie kolumny typu DATE lub TIMESTAMP, w których będą składowane wartości graniczne czasookresu. Przy czym obie te kolumny muszą być tego samego typu. Ponadto taka tabela zawiera także definicję czasookresu, który powstaje w oparciu o uprzednio utworzone kolumny znaczników czasowych z użyciem klauzuli PERIOD BUSINESS_TIME.

Sposoby tworzenia tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie w środowisku IBM Db2 [18-20]:

- tabela temporalna z jawnymi znacznikami czasowymi
- tabela temporalna z niejawnymi znacznikami czasowymi
- adaptacja istniejącej tabeli do tabeli temporalnej z jawnymi znacznikami czasowymi
- adaptacja istniejącej tabeli do tabeli temporalnej z niejawnymi znacznikami czasowymi
- tabela temporalna z czasookresem włączająco-włączającym odpowiednio wartość dolnej i górnej granicy do przedziału czasowego określającego ważność rekordu²
- tabela temporalna z wykluczaniem nakładania się okresów czasowych

Poniżej przedstawiono przykład tworzenia tabeli wersjonowanej aplikacyjnie z jawnymi znacznikami czasowymi.

```
CREATE TABLE pracownik_vt
(
  IdPracownika INT NOT NULL PRIMARY KEY,
  Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
  Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
  Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
  Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
  ApliCzasStart DATE NOT NULL,
  ApliCzasKoniec DATE NOT NULL,
  PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec)
);
```

Kolejny przykład ilustruje tworzenie tabeli wersjonowanej aplikacyjnie z niejawnymi znacznikami czasowymi.

```
CREATE TABLE pracownik_vt_ih
(
  IdPracownika INT NOT NULL PRIMARY KEY,
  Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
  Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
  Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
  Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
  ApliCzasStart DATE NOT NULL IMPLICITLY HIDDEN,
  ApliCzasKoniec DATE NOT NULL IMPLICITLY HIDDEN,
  PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec)
);
```

Tabela temporalna wersjonowana aplikacyjnie może być także utworzona poprzez przekształcenie istniejącej tabeli, w tabelę temporalną. Może odbyć się to poprzez dodanie do schematu takiej tabeli pól składających granice czasookresu oraz jego definicji, bądź też poprzez dodanie definicji samego czasookresu, jeżeli przekształcana tabela zawiera już pola o odpowiednim typie danych, na

² Opcja dostępna tylko od wersji 12 serwera IBM Db2 dla systemu operacyjnego z/OS

podstawie, których będzie można zdefiniować okres czasowy. Poniżej przedstawiono przykład adaptacji istniejącej tabeli do tabeli wersjonowanej aplikacyjnie z jawnymi znacznikami czasowymi.

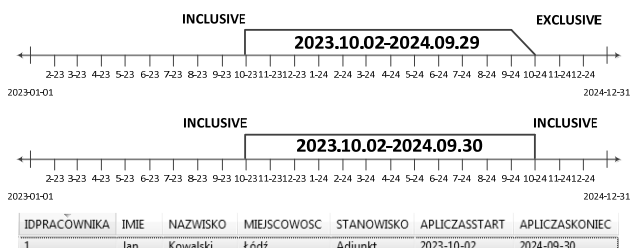
```
ALTER TABLE pracownik_at_vt ADD COLUMN ApliCzasStart
DATE DEFAULT NOT NULL;
ALTER TABLE pracownik_at_vt ADD COLUMN ApliCzasKoniec
DATE DEFAULT NOT NULL;
ALTER TABLE pracownik_at_vt ADD PERIOD BUSINESS_TIME
(ApliCzasStart,ApliCzasKoniec);
```

Tabela temporalna może być utworzona także poprzez przekształcenie istniejącej tabeli do tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z niejawnymi znacznikami czasowymi. Można także przekształcić istniejącą tabelę temporalną z jawnymi znacznikami czasowymi do postaci tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z niejawnymi znacznikami czasowymi. Poniżej przedstawiono przykład przekształcenia tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z jawnymi znacznikami czasu do tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z niejawnymi znacznikami czasu.

```
ALTER TABLE pracownik_at_vt ALTER COLUMN ApliCzasStart
SET IMPLICITLY HIDDEN;
ALTER TABLE pracownik_at_vt ALTER COLUMN
ApliCzasKoniec SET IMPLICITLY HIDDEN;
```

Domyślnym typem czasookresu na platformie IBM Db2 jest czasookres zawierająco-wykluczający $t \in <d1,d2>$. Możliwa jest zmiana typu czasookresu na zawierająco-zawierająco $t \in <d1,d2>$. W odróżnieniu od domyślnego rozwiązania, w tym przypadku, kolumna odpowiadająca górnej granicy czasookresu przechowuje wartość czasu, do kiedy rekord jest uznawany za ważny. Zmiana typu czasookresu realizowana jest przez dodanie klauzuli INCLUSIVE do definicji czasookresu. Należy jednak podkreślić, że rozwiązanie to jest dostępne tylko od wersji 12 serwera IBM Db2 pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego z/OS [18,21]. Poniżej przedstawiono przykład tworzenia tabeli wersjonowanej aplikacyjnie z jawnymi znacznikami czasowymi, z uwzględnieniem górnej wartości granicznej w zdefiniowanym czasookresie.

```
CREATE TABLE pracownik_vt_incl
(
IdPracownika INT NOT NULL PRIMARY KEY,
Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
ApliCzasStart DATE NOT NULL,
ApliCzasKoniec DATE NOT NULL,
PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec
INCLUSIVE)
);
```



Rys.1. Interpretacja graficzna rodzaju zawierania wartości granicznych dla czasookresu BUSINESS_TIME, w wymiarze czasu rzeczywistego, źródło: opracowanie własne

Na rysunku 1 przedstawiono interpretację graficzną typów okresu: zawierająco-wykluczającego oraz zawierająco-zawierającego dostępnych dla biznesowego okresu czasu. W pierwszym przypadku kolumna składująca górną wartość graniczną czasookresu przechowuje wartość daty, kiedy rekord przestaje być ważny. W drugim przypadku kolumna ta zawiera datę, do kiedy rekord jest uznawany za ważny.

Temporalne ograniczenia klucza podstawowego

Środowisko IBM Db2 umożliwia utworzenie tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z dodatkowym ograniczeniem wykluczającym nakładanie się okresów czasowych implementowanym przez użycie klauzuli BUSINESS_TIME WITHOUT OVERLAPS. Funkcjonalność ta pozwala uniknąć sytuacji, w której klient posiada jednocześnie kilka różnych wariantów ubezpieczenia zawartego w tym samym okresie ubezpieczenia, czy też wykluczyli zajmowanie przez pracownika w tym samym czasie kilku różnych stanowisk. Mechanizm wykluczania nakładania się okresów czasowych może być realizowany poprzez [18,19]:

- uwzględnienie ograniczenia w kluczu podstawowym,
- indeks unikatowy,
- ograniczenie unikatowości.

Poniżej przedstawiono przykład tworzenia tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z ograniczeniem wykluczania czasookresów uwzględnionym w kluczu podstawowym tworzonej tabeli temporalnej.

```
CREATE TABLE pracownik_vt_wo_pk
(
IdPracownika INT NOT NULL,
Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
ApliCzasStart DATE NOT NULL,
ApliCzasKoniec DATE NOT NULL,
PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec),
PRIMARY KEY (IdPracownika,BUSINESS_TIME WITHOUT
OVERLAPS)
);
```

Następny przykład prezentuje tworzenie tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie z ograniczeniem wykluczania czasookresów implementowanym za pomocą indeksu unikatowego. Indeks taki dołączany jest do istniejącej tabeli temporalnej, która nie posiada zdefiniowanego ograniczenia klucza podstawowego oraz nie zawiera wykluczania czasookresów.

```
CREATE TABLE pracownik_vt_wo_ui
(
IdPracownika INT NOT NULL,
Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
ApliCzasStart DATE NOT NULL,
ApliCzasKoniec DATE NOT NULL,
PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec)
);
```

```
CREATE UNIQUE INDEX idx_IdPracownika
ON pracownik_vt_wo_ui (IdPracownika, BUSINESS_TIME
WITHOUT OVERLAPS);
```

Wykluczenie nakładania się okresów czasowych może być też implementowane za pomocą unikatowego warunku ograniczającego. Warunek taki może być zdefiniowany na etapie tworzenia tabeli temporalnej, bądź też może zostać dodany do istniejącej tabeli temporalnej celem przekształcenia jej w tabelę temporalną z wykluczeniem nakładania się okresów czasowych. Poniżej przedstawiono przykład adaptacji istniejącej tabeli temporalnej bez zaimplementowanego ograniczenia klucza podstawowego do postaci tabeli temporalnej z wykluczeniem okresów czasowych.

```
CREATE TABLE pracownik_vt_wo_ccu
(
  IdPracownika INT NOT NULL,
  Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
  Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
  Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
  Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
  ApliCzasStart DATE NOT NULL,
  ApliCzasKoniec DATE NOT NULL,
  PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec)
);

ALTER TABLE pracownik_vt_wo_ccu ADD CONSTRAINT cc_uniq
UNIQUE(IdPracownika, BUSINESS_TIME WITHOUT OVERLAPS);
```

Tworzenie tabeli bitemporalnej w IBM Db2

W środowisku IBM Db2 dane temporalne mogą być także składowane w tabeli bitemporalnej, co pozwala na obsługę danych temporalnych w obu wymiarów czasu. Tabela bitemporalna może być utworzona w różnych wariantach: z jawnymi lub z niejawnymi znacznikami czasu, bez wykluczania lub z wykluczeniem nakładania okresów czasowych. Ponadto tabela bitemporalna może zostać utworzona przez przekształcenie istniejącej tabeli temporalnej wersjonowanej w wybranym wymiarze czasu przez dodanie do niej drugiego wymiaru czasu [22]. Poniżej przedstawiono przykład utworzenia tabeli bitemporalnej z jawnymi znacznikami czasu, z wykluczeniem nakładania się okresów czasowych implementowanym w kluczu podstawowym tabeli bitemporalnej.

```
CREATE TABLE pracownik_bt
(
  IdPracownika INT NOT NULL,
  Imie VARCHAR(15) NOT NULL,
  Nazwisko VARCHAR(30) NOT NULL,
  Miejscowosc VARCHAR(50) NOT NULL,
  Stanowisko VARCHAR(18) NOT NULL,
  SysCzasStart TIMESTAMP(12) NOT NULL GENERATED ALWAYS
  AS ROW BEGIN,
  SysCzasKoniec TIMESTAMP(12) NOT NULL GENERATED ALWAYS
  AS ROW END,
  SysTranID TIMESTAMP(12) NOT NULL GENERATED ALWAYS AS
  TRANSACTION START ID,
  PERIOD SYSTEM_TIME (SysCzasStart,SysCzasKoniec),
  ApliCzasStart DATE NOT NULL,
  ApliCzasKoniec DATE NOT NULL,
  PERIOD BUSINESS_TIME (ApliCzasStart,ApliCzasKoniec),
  PRIMARY KEY (IdPracownika,BUSINESS_TIME WITHOUT
  OVERLAPS)
);
```

Kolejny przykład przedstawia przekształcenie tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie do postaci tabeli bitemporalnej przez rozszerzenie jej definicji polegające na dodaniu kolumn składających znaczniki czasu, wartość identyfikatora transakcji oraz dodanie czasookresu dla wymiaru czasu transakcyjnego.

```
ALTER TABLE pracownik_bt_2 ADD COLUMN SysCzasStart
TIMESTAMP(12) NOT NULL GENERATED ALWAYS AS ROW BEGIN;
ALTER TABLE pracownik_bt_2 ADD COLUMN SysCzasKoniec
TIMESTAMP(12) NOT NULL GENERATED ALWAYS AS ROW END;
ALTER TABLE pracownik_bt_2 ADD COLUMN SysTranID
TIMESTAMP(12) NOT NULL GENERATED ALWAYS AS TRANSACTION
START ID;
ALTER TABLE pracownik_bt_2 ADD PERIOD SYSTEM_TIME
(SysCzasStart,SysCzasKoniec);
```

Należy pamiętać, iż niezależnie od sposobu utworzenia tabeli bitemporalnej należy jeszcze utworzyć tabelę historii oraz włączyć wersjonowanie tabeli w wymiarze czasu transakcyjnego.

Podsumowanie

Artykuł ten poświęcony został możliwościom składowania danych temporalnych w wymiarze czasu rzeczywistego, na platformie IBM Db2. Środowisko IBM Db2 umożliwia zbudowanie od podstaw tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie. Alternatywą jest przekształcenie istniejącej tabeli do postaci tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie. W obu przypadkach klasyczna postać tabeli dodatkowo rozszerzana jest o dwie kolumny przechowujące wartości początku i końca okresu czasowego. Mogą one przyjmować postać jawnych i niejawnych znaczników czasu. Kolumny te muszą posiadać ten sam typ danych. Nie mogą zawierać wartości NULL. Ponadto tabela temporalna zawiera także definicję okresu czasowego, która powstaje w oparciu o uprzednio stworzone kolumny przechowujące wartości graniczne czasookresu [16-19,24,25]. Wartości te są wprowadzane przez użytkownika lub przez aplikację. Nie są one generowane automatycznie przez system, jak ma to miejsce w przypadku tabel wersjonowanych systemowo. Wszystkie wersje rekordów zarówno przeszłe, bieżące oraz te, które jeszcze nie zaczęły obowiązywać składowane są w obrębie tej samej tabeli temporalnej.

Należy zaznaczyć, że domyślnie górna wartość graniczna jest wyłączona z czasookresu. Zmiana typu okresu jest możliwa w wersji 12 lub wyższej serwera IBM Db2 dedykowanego na platformę z/OS [21]. Możliwość zmiany typu okresu czasu jest bardzo pożądaną funkcjonalnością. Sam wybór rodzaju okresu czasowego powinien być warunkowany konkretnym przypadkiem użycia. Domyślne rozwiązanie z wyłączeniem, z czasookresu górnej wartości granicznej będzie odpowiednie np. w systemach rezerwacji hotelowej, gdzie dzień wymeldowania nie powinien być wliczony jako kolejna doba hotelowa. Innym przykładem użycia tego rodzaju okresu mogą być systemy, w których dniem rozliczeniowym jest zawsze ostatni dzień miesiąca. W takim przypadku wystarczy ustawić jako górną wartość graniczną pierwszy dzień kolejnego miesiąca, co likwiduje problemy związane z rokiem przestępnym (brak konieczności ustalania czy luty posiada w danym roku kalendarzowym 28 czy 29 dni). Typ okresu inkluzywno-inkluzywnego może być przydatny w realizacji systemów ubezpieczeniowych, gdzie ostatni dzień okresu czasu, na który zawarto z klientem polisę ubezpieczeniową jest dniem, w którym klient jeszcze jest objęty ochroną ubezpieczeniową.

Z punktu widzenia zgodności i zakresu implementacji rozszerzeń temporalnych zawartych w zapisach standardu SQL:2011 dla wymiaru czasu rzeczywistego platforma IBM Db2 umożliwia tworzenie tabel wersjonowanych aplikacyjnie z jawnymi i niejawnymi znacznikami czasowymi. Możliwe także jest tworzenie tabel bitemporalnych. Zaimplementowane także zostało temporalne ograniczenie klucza podstawowego, co pozwala wykluczyć nakładanie się czasookresów dla tej samej

wartości klucza podstawowego. Niestety nadal nie zostało zaimplementowane temporalne ograniczenie integralności referencyjnej. Ponadto obsługiwane są trzy spośród czterech typów danych (przechowujących wartości data i czas) poza typem INTERVAL.

Niezaimplementowane zostały także predykaty czasowe do odpytywania tabeli temporalnej wersjonowanej aplikacyjnie. Tabela taka może być odpytywana za pomocą klasycznego zapytania wybierającego bądź też za pomocą odpowiednich rozszerzeń temporalnych, które stanowią nieco zmodyfikowaną postać predykatów temporalnych do odpytywania tabel wersjonowanych systemowo. Postać tych predykatów oraz zagadnienia związane z przetwarzaniem danych temporalnych składowanych w tabelach wersjonowanych aplikacyjnie zostaną szerzej zaprezentowane w kolejnym artykule.

Kolejnym etapem pracy będzie zbadanie stopnia realizacji założeń rozszerzeń temporalnych standardu SQL:2011 na platformie IBM Db2 w kontekście przetwarzania danych temporalnych dla wymiaru czasu rzeczywistego oraz prezentacja zaimplementowanych funkcjonalności temporalnych.

Autorzy: dr inż. Sebastian Łacheciński, Uniwersytet Łódzki, Instytut Logistyki i Informatyki, Katedra Informatyki Ekonomicznej i Medycznej, ul. Rewolucji 1905 r. 37, 90-214 Łódź, E-mail: sebastian.lachecinski@uni.lodz.pl

LITERATURA

- [1] Łacheciński S., Modelowanie danych temporalnych w relacyjnym modelu danych, *Informatyka Ekonomiczna*, 4(46) (2017), 90-107
- [2] Łacheciński S., Składowanie i przetwarzanie danych temporalnych w świetle wymagań standardu języka SQL ISO-IEC 9075, *Przegląd Elektrotechniczny*, 96 (2020), nr 10, 184-191
- [3] Łacheciński S., Obsługa danych temporalnych na platformie MS SQL Server i Azure SQL Database, *Przegląd Elektrotechniczny*, 96 (2020), nr 12, 95-101
- [4] Łacheciński S., Obsługa danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego na platformie ORACLE, *Przegląd Elektrotechniczny*, 97 (2021), nr 11, 159-163
- [5] Łacheciński S., Obsługa danych temporalnych dla wymiaru czasu rzeczywistego na platformie ORACLE, *Przegląd Elektrotechniczny*, 97 (2021), nr 12, 86-91
- [6] Łacheciński S., Składowanie danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego na platformie MariaDB, *Przegląd Elektrotechniczny*, 98 (2022), nr 10, 28-33
- [7] Łacheciński S., Przetwarzanie danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego na platformie MariaDB, *Przegląd Elektrotechniczny*, 98 (2022), nr 11, 307-312
- [8] Łacheciński S., Składowanie danych temporalnych dla wymiaru czasu rzeczywistego na platformie MariaDB, *Przegląd Elektrotechniczny*, 98 (2022), nr 12, 124-128
- [9] Łacheciński S., Przetwarzanie danych temporalnych dla wymiaru czasu rzeczywistego na platformie MariaDB, *Przegląd Elektrotechniczny*, 99 (2023), nr 6/2023, 111-118
- [10] Łacheciński S., Składowanie danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego na platformie IBM Db2, *Przegląd Elektrotechniczny*, 100 (2024), nr 1/2024, 185-188
- [11] Łacheciński S., Przetwarzanie danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego na platformie IBM Db2, *Przegląd Elektrotechniczny*, 100 (2024), nr 6/2024, 100-106
- [12] Date C.J., Darwen H., Lorentzos N., *Time and relational theory Temporal Databases in the Relational Model and SQL*, 2014, Morgan Kaufmann
- [13] Kulkarni K., Jan-Eike Michels, 2012, *Temporal features in SQL:2011*, 34-43 <https://sigmodrecord.org/publications/sigmodRecord/1209/pdfs/07.industry.kulkarni.pdf>
- [14] Temporal extension SQL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4899-7993-3_80729-1.pdf
- [15] IBM Db2 WhatsNewDB2: https://public.dhe.ibm.com/ps/products/db2/info/vr101/pdf/en_US/DB2WhatsNew-db2q0e1011.pdf?_gl=1*a37ez1*_ga*NTI0OTc3MzcxLjE2ODg5ODYyMzE.*_ga_FYECCCS21D*MTY5MTkyNDQ0NC4yMS4wLjE2OTE5MjQ0NTYuMC4wLjA
- [16] IBM Db2 Temporal Tables: <https://www.ibm.com/docs/en/db2-for-zos/12?topic=tables-temporal-data-versioning>
- [17] IBM Db2 BUSINESS TIME period: <https://www.ibm.com/docs/en/db2/11.5?topic=tables-business-time-period>
- [18] IBM Db2 Creating an application-period temporal table: <https://www.ibm.com/docs/en/db2/11.5?topic=appt-creating>
- [19] IBM Db2 z/OS Creating an application-period temporal table: <https://www.ibm.com/docs/en/db2-for-zos/12?topic=tables-creating-application-period-temporal-table>
- [20] IBM Db2 Adding an application period to a table: <https://www.ibm.com/docs/en/db2-for-zos/12?topic=tables-adding-application-period-table>
- [21] IBM Db2 More flexibility in defining application periods for temporal tables: <https://www.ibm.com/docs/en/db2-for-zos/12?topic=aeid1ir-more-flexibility-in-defining-application-periods-temporal-tables>
- [22] IBM Db2 Creating a bitemporal table: <https://www.ibm.com/docs/en/ias?topic=bt-creating>
- [23] IBM Db2 z/OS Creating bitemporal tables: <https://www.ibm.com/docs/en/db2-for-zos/12?topic=tables-creating-bitemporal>
- [24] Petković D., Support of Temporal Data in Database Systems, *International Journal of Computer Applications* (0975 –8887), Volume 152 –No.4, October 2016, 26-33
- [25] Petkovic D., Temporal Data in relational Database Systems: A Comparison, Conference: WorldCIST (1) 2016, At Recife, Volume 1