

Obsługa danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego na platformie ORACLE

Streszczenie. Celem artykułu jest wskazanie zakresu implementacji obsługi danych temporalnych dla czasu transakcyjnego w środowisku ORACLE 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 obsługi danych temporalnych w środowisku Oracle.

Abstract. The aim of the article is an indication the scope of the implementation of temporal data support for transaction time in the ORACLE 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 of handling temporal data by Oracle environment. (**Support of temporal data for the transaction time on the ORACLE platform**).

Słowa kluczowe: temporalne bazy danych, temporalne tabele, temporalne operatory, czas transakcyjny, SQL:2011, Oracle.

Keywords: temporal databases, temporal tables, temporal operators, transaction time, SQL:2011, Oracle.

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 w RDBMS [2], a także możliwościom składowania i przetwarzania danych temporalnych na platformach MS SQL Server oraz Azure SQL Database [3]. Artykuł ten jest kontynuacją rozważań nt. możliwości składowania i przetwarzania danych temporalnych oferowanych przez serwery SQL. W całości poświęcony został on obsłudze danych temporalnych na platformie Oracle z uwzględnieniem wymiaru czasu transakcyjnego. Przeprowadzona została analiza zakresu możliwości obsługi danych temporalnych dostępnych na platformie Oracle, dla czasu transakcyjnego. 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 obsługi danych temporalnych z użyciem czasu transakcyjnego w środowisku Oracle.

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 [4,5,6]:

- 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.

Wymiary czasu

Wyróżnić można następujące wymiary czasu [7]:

- czas transakcyjny,
- czas rzeczywisty,
- czas decyzji.

Czas transakcyjny (TT-Transaction Time) odpowiada konkretnej chwili czasowej, w której dany rekord został utrwalony lub zmodyfikowany w bazie danych. Użytkownik może uzyskać dostęp do rekordów historycznych (nieaktualnych już w danym momencie czasu) oraz rekordu aktualnego (na dany moment w czasie). System (silnik bazy danych) generuje wartości daty i czasu dla pól składających początek i koniec przedziału czasookresu. Użytkownik nie może wprowadzać ani też modyfikować zawartości tych pól. Nie ma też możliwości zmiany rekordów historycznych. Model danych do obsługi czasu transakcyjnego nie wymaga modyfikowania (jeśli używany do tego celu będzie moduł Flashback Data Archive-FDA).

Czas rzeczywisty (VT-Valid Time) odpowiada zaistnieniu konkretnego zdarzenia w czasie np. data sprzedaży, data zatrudnienia, data i godzina narodzin. Zazwyczaj początek jak i koniec ważności okresu rekordu (okresu jego obowiązywania) nie pokrywa się z czasem utrwalenia tego zdarzenia w bazie danych. Dostępne są rekordy historyczne, aktualne, a także z przyszłości (które aktualnie jeszcze nie obowiązują, a więc nie są wiążące) np. data wznowienia kolejnego ubezpieczenia na nowy rok). W tym przypadku model danych wymaga wprowadzenia zmian poprzez uwzględnienie obsługi czasu rzeczywistego.

Czas decyzji (DT-Decision Time) określa datę lub datę i godzinę podjęcia lub zmiany decyzji. Dostępne są rekordy historyczne oraz aktualne. Dopuszczalne jest wprowadzenie zmian datowanych wstecz. Nie jest możliwe wprowadzenie zmian datowanych w przyszłości. Model danych wymaga modyfikowania poprzez uwzględnienie czasu podjęcia decyzji.

Modele przechowywania danych temporalnych

Wyróżnić można następujące modele przechowywania danych temporalnych [7]:

- model nietemporalny,
- model unitemporalny,
- model bitemporalny,
- model multitemporalny.

Model nietemporalny nie uwzględnia żadnego wymiaru czasu. Tym samym nie wymaga także żadnych modyfikacji uwzględniających możliwości składowania historii zmian w bazie danych.

Model unitemporalny jest modelem jednoczasowym. Używany jest wymiar czasu transakcyjnego lub czasu rzeczywistego. W przypadku użycia czasu rzeczywistego wymagane jest wprowadzenie zmian do modelu danych, w celu możliwości składowania i przetwarzania danych temporalnych.

Model bitemporalny jest modelem dwuczasiowym. Najczęściej używane są wymiary czasu transakcyjnego i rzeczywistego (możliwe są także inne kombinacje tj. TT i DT, VT i DT). Konieczna jest modyfikacja modelu danych na potrzeby uwzględnienia w nim czasu rzeczywistego i/lub czasu decyzji.

Model multitemporalny jest modelem wieloczasowym. W przypadku modelu tritemporalnego używane są wymiary czasu transakcyjnego, czasu rzeczywistego oraz czasu decyzji. Wymaga rozbudowy modelu danych na potrzeby uwzględnienia wymiaru czasu rzeczywistego i czasu decyzji. Istnieje możliwość tworzenia bardziej złożonych modeli czasowych przez połączenie modelu tritemporalnego ze specyficznymi dla danej aplikacji okresami czasu.

Składowanie danych temporalnych w ORACLE

Częściowa obsługa danych temporalnych w środowisku Oracle stała się możliwa wraz z wprowadzeniem mechanizmu Oracle Flashback w wersji 9i serwera Oracle. Technologia ta została znacznie rozszerzona w wersji 10g serwera Oracle. W wersji 11g serwera Oracle wprowadzone zostały kolejne rozszerzenia tej technologii. Dodano wówczas m.in. kolejny moduł Flashback Data Archive, który obsługiwał tylko czas transakcyjny (transaction time). Pełna obsługa danych temporalnych na platformie Oracle dostępna jest od wersji 12c (dokładnie od wersji 12.1.01). W tej wersji zaimplementowana została obsługa czasu rzeczywistego (valid time) oparta na komponencie Temporal Validity.

Komponenty dostępne w środowisku Oracle do obsługi danych temporalnych

Środowisko Oracle udostępnia dwa moduły do obsługi danych temporalnych:

- Flashback Data Archive (FDA),
- Temporal Validity (TV).

Flashback Data Archive

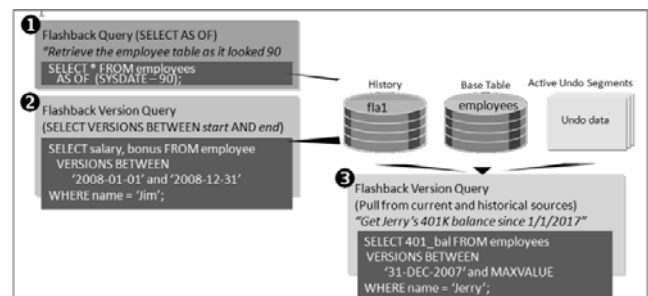
Moduł Flashback Data Archive (wcześniej rozwiązany, jako Total Recall) stanowi jeden z elementów technologii Oracle Flashback przynależącej do technologii Oracle Database. Po raz pierwszy technologia Oracle Flashback wprowadzona została w wersji 9i z funkcjonalnością Flashback Query [8]. W wersji 10g wprowadzonych zostało do niej wiele rozszerzeń i nowych funkcjonalności. Składa się ona z kilku modułów: Flashback Database, Flashback Table, Flashback Query, Flashback Version Query, Flashback Transaction Query i Flashback Data Archive [9,10].

Technologia ta pozwala na zapoznanie się z wcześniejszymi stanami obiektów bazy danych oraz przywracać te obiekty do ich poprzedniego stanu (tj. do określonego punktu w czasie). FDA zostało po raz pierwszy zaimplementowane w wersji 11g serwera Oracle. Podstawowym zadaniem FDA jest możliwość długoterminowego składowania danych wycofanych, a także wykonywania na nich wybranych poleceń i działań flashback. W wersji 12c serwera Oracle wprowadzonych zostało wiele zmian w technologii FDA.

Początkowo na platformie Oracle 10g wcześniejsze wersje danych były dostępne w oparciu o mechanizm segmentów wycofania, które są przechowywane przez określoną ilość czasu (definiowaną wartością parametru UNDO_RETENTION), po upływie, którego są usuwane. W wersji 11g możliwości te zostały rozszerzone przez implementację modułu FDA. Archiwum danych flashback FDA stanowi rozszerzony magazyn danych wycofania. Pojedyncze archiwum flashback składa się z minimum jednej przestrzeni tabel (lub jej części). Archiwum takie posiada swoją nazwę, przypisany okres i limit składowania danych dla każdej skojarzonej przestrzeni tabel. Baza danych może

mieć przypisanych wiele takich archiwów, przy czym tylko jedno z nich jest domyślnym archiwum. Podczas wykonywania instrukcji DML na tabeli powiązanej z archiwum flashback proces Flashback Data Archiver (FBDA) przenosi poprzednią wersję rekordów do archiwum razem z metadanymi aktualnych rekordów. Proces FBDA odpowiada także za zarządzanie danymi zgromadzonymi w archiwum flashback (m.in. usuwa te dane, po wygaśnięciu okresu ich przechowywania). Automatycznie śledzi także wszystkie zmiany na tabeli przez cały okres jej istnienia. [11]

Na rysunku 1 przedstawiono mechanizm obsługi danych temporalnych dla czasu transakcyjnego z użyciem technologii Oracle Flashback Data Archive.



Rys.1. Mechanizm składowania danych temporalnych z obsługą czasu transakcyjnego na platformie Oracle, źródło: <https://www.oracle.com/ocom/groups/public/@otn/documents/webcontent/4421812.pdf>

Tworzenie tabeli temporalnej z obsługą czasu transakcyjnego w Oracle

Przed utworzeniem tabeli temporalnej z obsługą czasu transakcyjnego na platformie Oracle konieczne jest w pierwszej kolejności utworzenie archiwum za pomocą klauzuli FLASHBACK ARCHIVE, na uprzednio utworzonej dedykowanej dla tego celu przestrzeni tabel [13].

Należy nawiązać połączenie z serwerem Oracle z uprawnieniami administracyjnymi w celu zrealizowania niezbędnych czynności umożliwiających utworzenie archiwum FDA:

```
CONN SYS@TEMPORAL_PDB AS SYSDBA
```

Po pomyślnym nawiązaniu połączenia tworzona jest przestrzeń tabel. Poniżej zamieszczono jej przykładową definicję:

```
CREATE TABLESPACE FDA_TEMPORAL
DATAFILE
'C:\app\OracleHomeUser19\oradata\ORACLE19\TEMPORAL_PDB
\FDA_temporal.dbf'
SIZE 10M
AUTOEXTEND ON NEXT 1M;
```

Następnie użytkownikowi o nazwie Temporal przypisywany jest udział dyskowy na nowo utworzonej przestrzeni tabel:

```
ALTER USER TEMPORAL QUOTA UNLIMITED ON FDA_TEMPORAL;
```

W kolejnym kroku tworzone jest archiwum FDA w oparciu o utworzoną przestrzeń tabel FDA_Temporal. Czas retencji danych w poniższym przykładzie został ustalony na 10 lat.

```
CREATE FLASHBACK ARCHIVE FDA_10Y_TEMPORAL TABLESPACE
FDA_TEMPORAL
QUOTA 1G RETENTION 10 YEAR;
```

Konieczne jest także przypisanie użytkownikowi Temporal poniższych uprawnień, w celu zagwarantowania poprawności realizacji przez niego procesu archiwizowania danych:

```
GRANT FLASHBACK ARCHIVE ON FDA_10Y_TEMPORAL TO
TEMPORAL;
GRANT FLASHBACK ARCHIVE ADMINISTER TO TEMPORAL;
GRANT EXECUTE ON DBMS_FLASHBACK_ARCHIVE TO TEMPORAL;
```

Po wykonaniu powyższych czynności można przystąpić do utworzenia tabeli temporalnej wersjonowanej systemowo (z obsługą czasu transakcyjnego). Tabela taka tworzona będzie z poziomu użytkownika Temporal w związku, z czym konieczna będzie zmiana kontekstu użytkownika:

```
CONN TEMPORAL@TEMPORAL_PDB
```

Poniżej przedstawiono przykładowy kod utworzenia tabeli temporalnej wersjonowanej systemowo:

```
CREATE TABLE pracownik_FDA
(
  IdPracownika int CONSTRAINT PK_IdPracFDA PRIMARY KEY
  NOT NULL,
  Imie VARCHAR2(15) NOT NULL,
  Nazwisko VARCHAR2(30) NOT NULL,
  Miejscowosc VARCHAR2(50) NOT NULL
)
FLASHBACK ARCHIVE FDA_10Y_TEMPORAL;
```

Można powiązać także już istniejącą tabelę z archiwum FDA. Poniżej przedstawiono przykład ilustrujący powiązanie istniejącej tabeli z archiwum FDA:

```
ALTER TABLE pracownik flashback archive
fda_10y_temporal;
```

Po utworzeniu archiwum FDA oraz tabeli temporalnej można dokonać weryfikacji poprawności przeprowadzonych czynności za pomocą poniższego polecenia:

```
SELECT OWNER_NAME, TABLE_NAME, FLASHBACK_ARCHIVE_NAME,
ARCHIVE_TABLE_NAME, STATUS FROM
DBA_FLASHBACK_ARCHIVE_TABLES;
```

Na rysunku 2 przedstawiono rezultat końcowy powyższego polecenia.

OWNER_NAME	TABLE_NAME	FLASHBACK_ARCHIVE_NAME	ARCHIVE_TABLE_NAME	STATUS
TEMPORAL	PRACOWNIK_FDA_FDA_10Y_TEMPORAL	SYS_FBA_HIST_73137	ENABLED	

Rys.2. Weryfikacja poprawności powiązania tabeli temporalnej z archiwum FDA

Rys.3. Widok utworzonej tabeli bazowej Pracownik_FDA oraz powiązanych z nią tabel systemowych do obsługi wersjonowania danych

Widoczna jest nazwa utworzonej przez system tabeli archiwalnej. W momencie tworzenia archiwum i powiązania go z tabelą bazową tworzone są przez silnik bazodanowy trzy table systemowe przedstawione na rysunku 3:

Systemowa tabela SYS_FBA_HIST składa się z poprzedniej wersji rekordów z tabeli temporalnej Pracownik_FDA. Rekordy w tej tabeli są umieszczane w momencie modyfikacji lub ich usunięcia z tabeli bazowej.

Systemowa tabela SYS_FBA_DDL_COLMAP zawiera nazwy kolumn tabeli aplikacji odpowiadające nazwom kolumn tabeli historycznej.

Systemowa tabela SYS_FBA_TRCV przechowuje wszystkie typy działań DML na danych temporalnych oraz odpowiadające im odpowiednie wartości rowid i SCN (System Change Number)-znacznika zmiany do zachowania spójności odczytu [14].

Tabele te są wypełniane przez proces FBDA działający w tle. Nie mogą być one modyfikowane ani usuwane (nawet przez uprzywilejowanego użytkownika SYS).

Manipulacja danymi temporalnymi

Instrukcja INSERT skutkuje dodaniem nowego rekordu do tabeli bazowej. Poniżej przedstawiono przykład dodania kilku rekordów do tabeli temporalnej z obsługą czasu transakcyjnego:

```
INSERT INTO pracownik_FDA
VALUES (1,'Jan','Kowalski','Łódź');
INSERT INTO pracownik_FDA
VALUES (2,'Katarzyna','Nowakowska','Kraków');
INSERT INTO pracownik_FDA
VALUES (3,'Stanisław','Grzegorzczak','Wrocław');
INSERT INTO pracownik_FDA
VALUES (4,'Alicja','Jarzębska','Jelenia Góra');
INSERT INTO pracownik_FDA (idpracownika, imie,
nazwisko, miejscowosc)
VALUES (5,'Julia','Widawska','Sanok');
```

Po pewnym czasie dodano do tabeli jeszcze jeden rekord:

```
INSERT INTO pracownik_FDA (idpracownika, imie,
nazwisko, miejscowosc)
VALUES (6,'Julian','Wysocki','Sandomierz')
COMMIT;
```

Wykonanie polecenia UPDATE na tabeli wersjonowanej systemowo skutkuje przeniesieniem poprzedniej wersji rekordu do tabeli historii w archiwum FDA. W tabeli bazowej dostępna jest aktualna jego wartość po modyfikacji. Poniżej przedstawiono przykład modyfikacji rekordu:

```
UPDATE pracownik_FDA
SET miejscowosc='Kielce' WHERE IdPracownika=6;
COMMIT;
```

RID	STARTSCN	ENDSN	XID	OPERATION	IDPRACOWNIKA	IMIE	NAZWISKO	MIEJSCOWOSC
1	2554750	2554750	020008007B020000	D	5	Julia	Widawska	Sanok
2	2554750	2554750	020008007B020000	D	4	Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
3	2554750	2554750	020008007B020000	D	3	Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
4	2554750	2554750	020008007B020000	D	2	Katarzyna	Nowakowska	Kraków
5	2554750	2554750	020008007B020000	D	1	Jan	Kowalski	Łódź
6	2554495	2554750	06001900FA020000	I	1	Jan	Kowalski	Łódź
7	2554495	2554750	06001900FA020000	I	2	Katarzyna	Nowakowska	Kraków
8	2554495	2554750	06001900FA020000	I	3	Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
9	2554495	2554750	06001900FA020000	I	4	Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
10	2554495	2554750	06001900FA020000	I	5	Julia	Widawska	Sanok
11	2662738	2662738	0100170083020000	I	6	Julian	Wysocki	Sandomierz
12	2662738	2662738	0100170083020000	I	6	Julian	Wysocki	Kielce

Rys.4. Przykładowa zawartość tabeli historycznej SYS_HIST_73137 po przeprowadzeniu wybranych działań DML

Wykonanie polecenia DELETE na tabeli wersjonowanej systemowo skutkuje usunięciem rekordu z tabeli bazowej. Rekord ten zostaje utwarty w tabeli historii archiwum FDA. Poniżej przedstawiono przykład usunięcia rekordów z tabeli wersjonowanej systemowo:

```
DELETE FROM pracownik_FDA;
```

Na rysunku 4 przedstawiono zawartość tabeli historycznej SYS_FBA_HIST_73137 po przeprowadzeniu kilku działań DML na tabeli temporalnej wersjonowanej systemowo (usunięcie 5 rekordów, dodanie 5 rekordów, dodanie 1 rekordu, aktualizacja ostatnio dodanego rekordu).

Obsługa zapytań

Odpytywanie tabel temporalnych możliwe jest za pomocą klauzuli SELECT, w sposób podobny dla klasycznych tabel. Jednakże na potrzeby zapytań temporalnych instrukcja SELECT wzbogacona została o stosowne predykaty temporalne.

W środowisku Oracle wprowadzone zostały klauzule do przetwarzania danych temporalnych składowanych w tabelach temporalnych wersjonowanych systemowo i aplikacyjnie. Są one zgodne z zapisem standardu SQL:2011 (który wprowadza trzy klauzule). Na platformie Oracle dostępne są dwie konstrukcje umożliwiające temporalne odpytywanie tabel wersjonowanych systemowo (z obsługą czasu transakcyjnego). Zestawienie tych konstrukcji zawarte zostało w tabeli 3.

Tabela 3. Rozszerzenia składniowe do przetwarzania danych składowanych w tabelach temporalnych wersjonowanych systemowo i aplikacyjnie

SQL:2011	ORACLE-TT
AS OF	AS OF TIMESTAMP
FROM TO	-
BETWEEN AND	VERSIONS BETWEEN TIMESTAMP

Za pomocą zestawionych w tabeli 3 predykatów temporalnych można manipulować danymi temporalnymi, dzięki czemu możliwe jest pobieranie poprzednich wersji rekordów, których wartość była aktualna w określonym przedziale czasowym [15,16].

Zapytania na tabelach wersjonowanych systemowo z obsługą czasu transakcyjnego

Zapytania temporalne na tabelach z obsługą czasu transakcyjnego realizowane są za pomocą standardowej instrukcji SELECT z uwzględnieniem rozszerzeń: AS OF TIMESTAMP oraz VERSIONS BETWEEN TIMESTAMP pozwalających na wybór aktualnej jak i historycznej wersji rekordów.

Rozszerzenie temporalne AS OF pozwala uzyskać stan rekordów na dany moment w czasie, którego wartość jest podana, jako argument predykatu. Kolejny przykład ilustruje użycie klauzuli AS OF w zapytaniu temporalnym:

```
SELECT * FROM pracownik_FDA AS OF TIMESTAMP
CURRENT_TIMESTAMP;
```

Za pomocą powyższego zapytania zwracane są rekordy pracowników, którzy posiadają aktualne zatrudnienie na bieżący moment w czasie (bieżąca data i czas w strefie czasowej sesji, typu TIMESTAMP WITH TIME ZONE).

Następne dwa przykłady zwracają stan rekordów, jaki był aktualny odpowiednio 20 minut oraz 2 doby wstecz od chwili bieżącej:

```
SELECT * FROM pracownik_FDA AS OF TIMESTAMP
(systimestamp-interval '20' minute);
```

```
SELECT * FROM pracownik_FDA AS OF TIMESTAMP (sysdate-
interval '2' day);
```

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki zapytania temporalnego dla różnych punktów w czasie (po dodaniu grupy rekordów, dodaniu pojedynczego rekordu, aktualizacji rekordu).

IDPRACOWNIKA	IMIE	NAZWISKO	MIEJSCOWOSC
1	Jan	Kowalski	Łódź
2	Katarzyna	Nowakowska	Kraków
3	Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
4	Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
5	Julia	Widawska	Sanok

IDPRACOWNIKA	IMIE	NAZWISKO	MIEJSCOWOSC
1	Jan	Kowalski	Łódź
2	Katarzyna	Nowakowska	Kraków
3	Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
4	Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
5	Julia	Widawska	Sanok
6	Julian	Wysocki	Sandomierz

IDPRACOWNIKA	IMIE	NAZWISKO	MIEJSCOWOSC
1	Jan	Kowalski	Łódź
2	Katarzyna	Nowakowska	Kraków
3	Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
4	Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
5	Julia	Widawska	Sanok
6	Julian	Wysocki	Kielce

Rys.5. Zapytanie na tabeli temporalnej wersjonowanej systemowo z użyciem predykatu AS OF, dla wybranych chwil czasowych

Predykat temporalny VERSIONS BETWEEN zwraca wersje danych dla zadanego przedziału czasowego. Poniżej przedstawiono przykład zapytania temporalnego z wyszukiwaniem rekordów z zadanego przedziału czasu:

```
SELECT * FROM pracownik_FDA VERSIONS BETWEEN TIMESTAMP
TO_TIMESTAMP('21/08/29 15:00') AND
TO_TIMESTAMP('21/08/29 16:50');
```

Na rysunku 6 przedstawiono przykład zapytania temporalnego z przeszukiwaniem przedziałowym.

IDPRACOWNIKA	IMIE	NAZWISKO	MIEJSCOWOSC
1	5 Julia	Widawska	Sanok
2	4 Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
3	3 Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
4	2 Katarzyna	Nowakowska	Kraków
5	1 Jan	Kowalski	Łódź
6	1 Jan	Kowalski	Łódź
7	2 Katarzyna	Nowakowska	Kraków
8	3 Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
9	4 Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
10	5 Julia	Widawska	Sanok
11	6 Julian	Wysocki	Sandomierz
12	6 Julian	Wysocki	Kielce
13	1 Jan	Kowalski	Łódź
14	2 Katarzyna	Nowakowska	Kraków
15	3 Stanisław	Grzegorzczak	Wrocław
16	4 Alicja	Jarzębska	Jelenia Góra
17	5 Julia	Widawska	Sanok

Rys.6. Zapytanie na tabeli temporalnej wersjonowanej systemowo z użyciem predykatu VERSIONS BETWEEN

Ponadto możliwe jest także zwrócenie dodatkowej informacji nt. czasu przetwarzania danych. Dla zwiększenia czytelności kodu w przykładzie uwzględniono tylko wartości systemowe (bez danych dodawanych do tabeli temporalnej przez użytkownika) zwracające m.in. informacje nt. czasu, dla którego dana wartość była aktualna dla danego rekordu:

```
SELECT VERSIONS_STARTSCN, VERSIONS_STARTTIME,
VERSIONS_ENDSCN, VERSIONS_ENDTIME , VERSIONS_XID,
VERSIONS_OPERATION FROM pracownik_FDA
VERSIONS BETWEEN TIMESTAMP TO_TIMESTAMP('21/08/29
15:00') AND TO_TIMESTAMP('21/08/29 16:50');
```

Na rysunku 7 przedstawiono rezultat działania powyższego zapytania.

Worksheet Query Builder				
SELECT VERSIONS_STARTTIME, VERSIONS_ENDTIME, VERSIONS_OPERATION FROM praca_nisk_fda VERSIONS BETWEEN TIMESTAMPTO_TIMESTAMP('21/09/29 15:00') AND TO_TIMESTAMP('21/09/29 16:50');				
Empty Output x Query Result x				
All Rows Fetched: 17 in 0.02 seconds				
	VERSIONS_STARTTIME	VERSIONS_ENDTIME	VERSIONS_XID	VERSIONS_OPERATION
1	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	0200000078020000 D	
2	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	0200000078020000 D	
3	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	0200000078020000 D	
4	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	0200000078020000 D	
5	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	0200000078020000 D	
6	2554495 21/09/29 14:52:21,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	06001900FA020000 I	
7	2554495 21/09/29 14:52:21,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	06001900FA020000 I	
8	2554495 21/09/29 14:52:21,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	06001900FA020000 I	
9	2554495 21/09/29 14:52:21,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	06001900FA020000 I	
10	2554495 21/09/29 14:52:21,000000000	2556750 21/09/29 15:21:46,000000000	06001900FA020000 I	
11	2662730 21/09/29 16:23:17,000000000	2662730 21/09/29 16:45:03,000000000	01001700E3020000 I	
12	2662730 21/09/29 16:45:03,000000000	2666169 21/09/29 17:44:09,000000000	01001E00B3020000 I	

Rys.7. Zwrócenie informacji nt. czasu przetwarzania danych temporalnych w tabeli wersjonowanej systemowo z użyciem predykatu VERSIONS BETWEEN

Podsumowanie

Artykuł ten koncentruje się na obsłudze danych temporalnych w oparciu o wymiar czasu transakcyjnego w środowisku Oracle. Platforma Oracle obsługuje oba wymiary czasu, zarówno czas transakcyjny (transaction time) i czas rzeczywisty (valid time). Dzięki temu możliwa jest także obsługa tabel bitemporalnych. Każdy z wymiarów czasu obsługiwany jest za pomocą dwóch odrębnych technologii. Obsługa czasu transakcyjnego realizowana jest za pomocą technologii Oracle Flashback, w szczególności z użyciem modułu Oracle Flashback Data Archive. Czas rzeczywisty obsługiwany jest za pomocą modułu Temporal Validity.

Wprowadzenie obsługi obu wymiarów czasu na platformie Oracle znacznie uprościło proces tworzenia aplikacji, dla których kluczowa jest obsługa wybranego wymiaru czasu lub obu wymiarów czasu.

Możliwe jest także sterowanie czasem przechowywania danych dla czasu transakcyjnego, czy też uzyskiwanie informacji nt. tabel temporalnych za pośrednictwem wybranych obiektów systemowych wchodzących w skład słownika danych bazy Oracle.

Istnieją także pewne ograniczenia w obsłudze tabel temporalnych. Nie można m.in. używać klauzuli VERSIONS w zapytaniach flashback na tabelach tymczasowych, tabelach zewnętrznych, tabelach będących częścią klastra oraz na widokach. Jednakże dopuszczalne jest użycie klauzuli VERSIONS wewnątrz zapytania definiującego widok.

W kwestii zgodności z wytycznymi zawartymi w standardzie SQL:2011 odnośnie składowania i obsługi danych temporalnych dla wymiaru czasu transakcyjnego platforma Oracle zapewnia możliwość tworzenia i obsługi tabel wersjonowanych systemowo, a także udostępnia predykaty czasowe umożliwiające temporalne przetwarzanie danych (choć nie wszystkie zostały zaimplementowane – brak predykatu FROM TO). Ponadto platforma Oracle obsługuje wszystkie typy danych wymienione w standardzie SQL:2011 istotne dla przetwarzania danych temporalnych.

Artykuł ten poświęcony został obsłudze danych temporalnych na platformie Oracle ze szczególnym uwzględnieniem rejestracji zmian w wymiarze czasu transakcyjnego. Kolejnym etapem pracy będzie zbadanie stopnia realizacji założeń temporalnych rozszerzeń

standardu SQL:2011, na platformie Oracle dla wymiaru czasu rzeczywistego (valid time) oraz prezentacja zaimplementowanych w module Temporal Validity funkcjonalności temporalnych.

Autorzy: dr inż. Sebastian Łacheciński, Uniwersytet Łódzki, Instytut Logistyki i Informatyki, Katedra Informatyki Ekonomicznej, 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] Date C.J., Darwen H., Lorentzos N., Time and relational theory Temporal Databases in the Relational Model and SQL, 2014, Morgan Kaufmann
- [5] Kulkarni K., Jan-Eike Michels, 2012, *Temporal features in SQL:2011*, 34-43 <https://sigmodrecord.org/publications/sigmodRecord/1209/pdfs/07.industry.kulkarni.pdf>
- [6] Temporal extension SQL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-1-4899-7993-3_80729-1.pdf
- [7] Salvisberg P., Multi-temporal Features in Oracle 12c, <https://www.salvis.com/blog/2014/01/04/multi-temporal-database-features-in-oracle-12c/>
- [8] Restore Any Lost Datafile with Flashback Database Technology <https://ittutorial.org/restore-any-lost-datafile-with-flashback-database-technology-2/>
- [9] Czajkowski K. Mechanizmy Oracle Flashback w Oracle 11g, *Studia Informatica* vol.30, nr 2B(84), 2009, 331-346
- [10] Database Development Guide, Using Oracle Flashback Technology [:https://docs.oracle.com/database/121/ADFNS/adfn_flashback.htm#ADFNS1008](https://docs.oracle.com/database/121/ADFNS/adfn_flashback.htm#ADFNS1008)
- [11] 19c Oracle Database Oracle Flashback Data Archive (FDA) <https://www.oracle.com/ocom/groups/public/@otn/documents/webcontent/4421812.pdf>
- [12] Datetime Datatypes and Time Zone Support: https://docs.oracle.com/cd/B19306_01/server.102/b14225/ch4datetime.htm
- [13] Flashback Data Archive (FDA) Enhancements in Oracle Database 12c Release 1 (12.1): <https://oracle-base.com/articles/12c/flashback-data-archive-fda-enhancements-12c1>
- [14] ORACLE 11g RDBMS Features: Oracle Total Recall Oracle FLEXCUBE Universal Banking Release 12.0.3.0.0: https://docs.oracle.com/cd/E53393_01/PDF/Installation/Third%20Party%20Software%20Installation/FCUBS_V.UM_Total_Recall_Approach.pdf
- [15] Petković D., Support of Temporal Data in Database Systems, *International Journal of Computer Applications* (0975 –8887), Volume 152 –No.4, October 2016, 26-33
- [16] Petković D., Temporal Data in Relational Database Systems: A Comparison, Conference: WorldCIST (1) 2016, At Recife, Volume: 1