オブジェクト指向データベースのtemporal拡張*

5W－5

亀井洋一　黒澤貴弘　深澤寿彦　吉本雅彦　柴山茂樹†
キヤノン(株)情報メディア研究所‡

はじめに

時間情報に対して統一されたデータベース環境を提供することは、従来からデータベース側に必要な機能の1つとして捉えられてきた。マルチメディアデータなど、計算機、ひいてはデータベースで扱うことが期待されているデータはますます多様になってきている。オブジェクト指向データベース(OODB)のような柔軟性のあるデータベースは、そのような多様なデータを表現するのに適しているが、従来の要請と同様に、システム側で時間を管理することでアプリケーション構築が容易になるものがある。

我々は、スクラッチからtemporalデータベースを構築するのではなく、既存のアプリケーションからの互換性、開発の労力の軽減から、既存のOODBにクラスライブラリを追加することによりtemporalデータベースを試作したので報告する。

設計方針

設計にあたり、以下の事項を考慮した。

- 既存のクラス、さらにはデータベース中のインスタンスオブジェクトとの共存・再利用ができること
- データベースのユーザインタフェースを変更しないこと。また利用者が特に意識しなくても機能を利用できるようにすること
- 開発のスピード・労力を重視。
  既存のデータベースシステムの外部拡張として実現し、アプリケーション開発環境を流用すること

データモデル

temporalデータベースは、

- データベースの状態が変化した時刻を記録し、データベースの状態を再現するrollbackデータベース
- データベース中にモデル化しているデータが実際に変化した時刻を記録し、データの状態を再現するhistoricalデータベース

に大別できる。現実の状態の変化と、それによるデータベースの更新は理想的には同時に行われるものであるが、実際にはデータベースの更新が遅れる場合がほとんどである。したがって2つのデータベース間で記録される時刻は異なり、再現される状態も異なることになる。本研究ではhistoricalデータベースでの時刻は利用者が決定するものであることを応用し、データベースが変化した時刻をデータベースに記録する時刻とすることを利用者が選択できるようにすることによって、historicalデータベースでrollbackデータベースをエミュレートできるので、本研究ではより一般性の高いhistoricalデータベースを対象とすることとした。

またtemporalデータベースでは、

- 元の状態と、ある時刻に起こった状態の変化を記録し、元の状態を変化させることで任意の時刻の状態を得る
- ある時間の状態を記録し、隣接する2状態を比較することによって変化を知る

2つのアプローチがある。本研究では、既存のインスタンスオブジェクトが1つの状態を表していること、変化よりも状態を問い合わせることが多いと考えられることから後者を選択した。

以上の考察から、temporal属性の付加はオブジェクトに状態の継続時間—interval—を持たせることにより行うこととした。具体的には、intervalは状態の始まった時刻t_{start}と終わった時刻t_{end}の組$[t_{start}, t_{end})$で表すこととした。

さらに同一の対象をモデル化したインスタンスオブジェクトは、検索効率を考慮し双方向リストで時間順に各状態を表現したオブジェクトをつなぐこととした。

実現

米国Object Design社製のOODBシステムであるObjectStore上にクラスライブラリとして実現した。ObjectStoreはプログラミング言語C++をベースにしており、集合等のコレクションクラスライブラリが提供されている。

temporal拡張を行うために、以下の4つのクラスを追加した。

Time_t class　時刻を表現するクラス。

内部表現にはOSのシステム時間を利用している。年・月・日・時間・分・秒の任意の精度での大小比較演算をサポートする。

---

*A Temporal Extension of an Object Oriented Database

†KAMEI Youichi, KUROSAWA Takahiro, FUKASAWA Toshihiko, YOSHIMOTO Masahiko, SHIBAYAMA Shigeki
‡Media Technology Laboratory, Canon Inc.

Interval class interval を表現するクラス。

interval の開始／終了時刻として、2 つの Time_t インスタンスオブジェクトをインスタンス変数として持つ。さらに双方向リストを形成するためのポインタとして 2 つの Interval インスタンスオブジェクトへのポインタを持つ。この双方向リストを形成していくために、自分自身を複製したあとで双方向リストの最後部に連結するコピー構築子を持つ。また Allen[3] のあげた temporal relationship の成否を判定するメソッドをサポートしている。

既存のクラスはこの Interval クラスを継承することで時間情報・双方向リスト・メソッドを利用できるようになり、temporal 拡張される。さらにインスタンス変数の更新メソッドをコピー構築子を呼んだ後で変数を更新するように書き替えることで、インスタンス変数の更新 (状態の変化) 毎に新たなインスタンスオブジェクトが生成されてリストにつながれ、状態が保存される。

Interval_Collection class temporal インスタンスオブジェクトのコレクションを作成するためのクラス。

ObjectStore ではインスタンスオブジェクトのコレクションを対象に問い合わせを行なう。この問い合わせの context を変えずに temporal な問い合わせを行なうために、与えられた Allen[3] の temporal relationship に該当するインスタンスオブジェクトからなるサブコレクションを返すメソッドをサポートする。

Time_Transaction class 問い合わせの時間の範囲をトランザクションを単位として指定するためのクラス。

同じ時間範囲を対象に問い合わせを繰り返すことは頻繁に起こると考えられるが、その都度問い合わせの範囲を指定するのは繁雑である。そこで問い合わせの時間範囲が同じである一連の問い合わせを 1 つのトランザクション内で行なうことにし、トランザクション開始時に 1 度だけ時間範囲を指定する。

本クラスは通常のトランザクション開始/終了手続きの他に問い合わせ対象のコレクションから、指定された時間範囲のサブコレクションを内部的に作成し、問い合わせ対象をサブコレクションに変更することを行なう。これにより問い合わせの記述が簡略化でき、同時に検索の高速化がはかられる。

また時刻が指定されなかった場合は、トランザクションの開始時刻を指定時刻とする。これによりデータベースが変化した時刻が記録されることになり、rollback データベースがエミュレートされる。

異なる問い合わせの時間範囲に対してはそれぞれ別個の Time_Transaction が必要である。そのため Time_Transaction は入れ子構造をとることも可能にしている。

本システムを利用する際は、利用者はまず interval クラスを継承したクラスを用意する。次に時刻·時間を指定して Time_Transaction を開始し、Interval_Collection クラスのインスタンスオブジェクトであるコレクションに対して問い合わせを発することによって、上で用意したクラスのインスタンスオブジェクトの検索・挿入・更新・削除等を行う。これを支援する簡易的な GUI 環境もあわせて作成した。図 1にその実行例を示す。

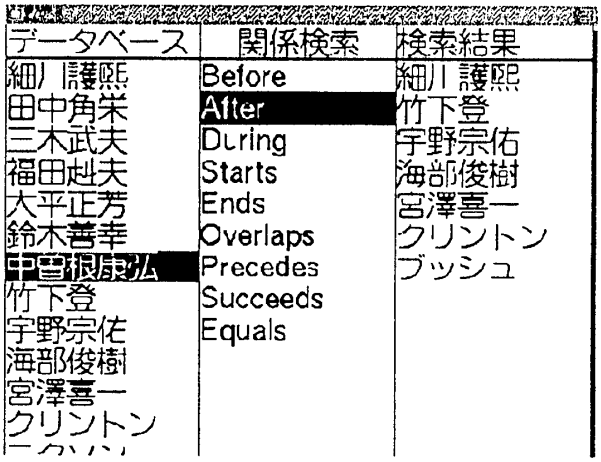

図 1: 問い合わせ実行例

まとめ

既存の OODB 上のクラスライブラリとして temporal データベースの機能を実現した。既存の非 temporal クラスライブラリも若干のコードの変更で再利用でき、またあわせてスキーマ進化機能を用いることにより、データベース中の既存のインスタンスオブジェクトも temporal 化が可能である。非 temporal クラス・インスタンスオブジェクトとの共存も可能であるが、逆に利用者は常に temporal/非 temporal を意識する必要がある。今後は現システムにより temporal データベースの使用経験を積み、"native" temporal データベースへフィードバックさせる予定である。

参考文献

[1] R. Snodgrass, The Temporal Query Language TQuel, *ACM Trans. Database Syst. 12, 2*(June 1987), 247–298.

[2] K.J. Kochut, et, al. h-KDL: A Historically Extended Functional Object-Oriented Database System, *TOOLS 5*(1991), 73–86.

[3] J.F. Allen, Maintaining Knowledge about Temporal Intervals, *Communications of the ACM* 26(1983), 832–843.