



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

А.В. Баландин

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПОРАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ В ПРИЛОЖЕНИЯХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

(Самарский университет)

Введение

Особый класс программных систем составляют приложения, входящие в состав систем промышленной автоматизации, систем автоматизации экспериментов, технических устройств с встроенным программным управлением и т.п. – *приложения реального времени* (ПРВ). Базовым функционалом ПРВ является обмен данными с физической средой сложной структуры (физическим объектом) с целью анализа параметров состояния и управления физическим объектом в реальном времени. Как следствие, в структуре данных ПРВ особую роль играют данные, значения которых формируются посредством аппаратных устройств, позволяющих транспонировать текущие значения физических параметров объекта в структуру данных ПРВ, и наоборот, вычисленные приложением результаты транспонируются в физические параметры управления объектом. При этом полагают, что значения в структуре данных ПРВ с необходимой точностью соответствуют изменяющимся во времени значениям параметров физического объекта. Использование приложением таких данных в вычислениях, и получаемые результаты вычислений, ограничено интервалами времени, по истечении которых текущие значения данных теряют актуальность, и они должны своевременно обновиться. Такие данные составляют в структуре данных ПРВ особую категорию так называемых *темпоральных данных* [1].

ПРВ - это сложная структура взаимодействующих параллельных процессов, разделяющих темпоральные данные в качестве "писателей" и/или "читателей" этих данных. Если процесс использует темпоральные данные в качестве исходных данных, то в момент его активизации данные должны быть *темпорально целостными* (валидными), т.е. иметь согласованные с реальным временем значения. Обычно для согласования темпоральных данных применяется метод циклической активизации процессов в соответствии с разработанной циклограммой - управляющим алгоритмом, циклически реализующим функционально согласованный порядок активизации процессов, разделяющих темпоральные данные [2]. Режим реального времени ограничивает длительность цикла циклограммы. Если возникает событие, когда некоторый активизированный процесс не успевает обновить свои выходные данные до завершения времени



цикла, это свидетельствует о потере такими данными валидности и фатальном нарушении работы ПРВ. В результате требуется либо модификация циклограммы, либо вычислительной системы. И то и другое не является тривиальной задачей, особенно для распределённых ПРВ [3].

Предлагается альтернативный циклограммам метод, основанный на оперативном хронометрировании валидности темпоральных данных в реальном времени часов ПРВ и асинхронной активизации процессов для их обновления.

Часы реального времени

Операционные системы реального времени (ОСРВ) предоставляют часы реального времени со шкалой астрономического времени с тиком (по умолчанию), равным $1_t=10\text{мс}$, которые могут быть использованы для хронометрирования темпоральных данных [6]. Все процессы ПРВ, которые активизировались и завершили вычисление в течение текущего t_i -ого тика системных часов, считаются выполнившимися "одномоментно". Однако тик часов ОСРВ может оказаться для ПРВ слишком "узким", чтобы все активизированные в t_i -ом тике процессы смогли успеть в нём завершиться, что приводит к нарушению целостности темпоральных данных. Так как обычно не допустимо изменять системный тик часов ОСРВ, то предлагаемый метод использует собственные часы ПРВ – функция $CLOCK_{1_t}()$, где 1_t - величина тика часов ПРВ, заданная по часам ОСРВ и являющаяся характеристикой режима реального времени ПРВ. Запуск часов ПРВ - это сигнал старта приложения. В момент старта часы имеют нулевое показание.

Модель базы темпоральных данных

Выделим множество темпоральных данных ПРВ в отдельный объект и логически представим его как оперативную базу темпоральных данных, разделяемых процессами: $TDB = \{d_1(t), d_2(t), \dots, d_M(t)\}$, $d(t) = \langle \dot{z}, t, \dot{t} \rangle_v$, где \dot{z} - значение абстрактного типа, полученное в момент $t = CLOCK_{1_t}()$ - показание часов ПРВ в момент очередного обновления темпорального данного; \dot{t} - величина интервала времени по шкале часов ПРВ – интервал репрезентативности обновлённого значения \dot{z} ; $[t, t + \dot{t}]$ - период репрезентативности значения \dot{z} ; $v \in [0, 1]$ - индекс валидности значения \dot{z} . При $t \in [t, t + \dot{t}]$, $v = 1$ - данное содержит валидное значение, иначе - $v < 1$, не валидное. По истечении периода репрезентативности текущее значение \dot{z} перестаёт быть валидным - $v < 1$, и должно обновиться.

В TDB могут быть данные трёх темпоральных типов: *датум*, *импульс*, *мода* [4]. Тип темпорального данного определяет хронологию обновления и способ формирования периода репрезентативности при обновлении темпорального данного $d(t)$ процессом, для которого оно является выходным.

Управление базой темпоральных данных



Управление *TDB* выражается в модификации темпоральных данных параллельными процессами: $P_{TDB} = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$; $p_i = p_i(V_{in}^i, V_{out}^i)$, V_{in}^i и V_{out}^i - вектора ссылок на входные/выходные данные процесса p_i в *TDB*, $V_{in}^i \cap V_{out}^i \neq \emptyset$ [5]. P_{TDB} делится на четыре класса - $P_{TDB} = G \cup D \cup R \cup C$: $G = \{g_1, g_2, \dots, g_{N_G}\}$ - генераторы, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_{N_D}\}$ - терминаторы, $H = \{h_1, h_2, \dots, h_{N_H}\}$ - преобразователи, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{N_C}\}$ - коммутаторы.

Генератор $g_i(\emptyset, V_{out}^i) \in G$ транспонирует параметры физического объекта в данные *TDB*, вектор входных данных является пустым.

Терминатор $d_i(V_{in}^i, \emptyset) \in D$ транспонирует данные *TDB* в параметры физического объекта, вектор выходных данных является пустым.

Преобразователь $h_i(V_{in}^i, V_{out}^i) \in H$ осуществляет преобразование данных, на которые ссылается вектор V_{in}^i , в данные, на которые ссылается вектор V_{out}^i .

Коммутатор $c_i(V_{in}^i, V_{out}^i) \in C$ - осуществляет локальную репликацию изменяющихся входных данных - V_{in}^i , в выходные - V_{out}^i .

Для глобальной репликации данных в распределённой *TDB* в класс коммутаторов каждого распределённого фрагмента ПРВ входят два подмножества: $S, R \subset C$, $s_j(V_{in}^j, \emptyset) \in S$ - *s-репликаторы*, $r_k(\emptyset, V_{out}^k) \in R$ - *r-репликаторы*; обеспечивающие глобальную репликацию разделяемых распределёнными процессами общих данных в распределённых по узлам сети фрагментах *TDB*.

Темпоральные прецеденты доступа к данным

По истечении периода репрезентативности, темпоральные данные типа *датум* или *мода* автоматически теряют валидность и должны одновременно обновиться. Однако для ПРВ "мягкого" реального времени можно допускать кратковременное появление и использование процессами темпоральных данных с индексом валидности $v > v_{min}$, рассматривая это как программно контролируемый темпоральный прецедент доступа к данным с неопределённой погрешностью.

Темпоральные прецеденты обновления данных

При завершении в момент времени $\dot{t} = \dot{t} + \dot{\tau}$ периода репрезентативности датума $d_{datum}(t) = \langle \dot{z}, \dot{t}, \dot{\tau} \rangle_v$ или спорадического возникновения в момент времени \dot{t} события обновления моды $d_{mode}(t) = \langle \dot{z}, \dot{t}, \infty \rangle_v$, активизируется процесс, заменяющий значение \dot{z} на новое - \dot{z} . При этом некоторый другой процесс, одновременно активный с этим процессом, может заблокировать в каче-



стве своего входного данного, темпоральное данное со значением \dot{z} , требующее обновления. Это означает, что в течение тика времени \dot{t} значение темпорального данного может быть получено другим процессом либо как \dot{z} - "устаревшее", либо обновлённое - \ddot{z} . В течение тика \dot{t} как старое, так и новое значение темпорального данного репрезентативны, так как принадлежат одному моменту времени часов ПРВ - $CLOCK_{1t}()$. Такая коллизия является темпоральным прецедентом обновления данных, обусловленная точностью часов и асинхронной активизацией процессов. Уменьшая тик часов ПРВ или динамически повышая приоритет активизируемых для обновления данных процессов, можно снижать вероятность таких темпоральных прецедентов. При использовании циклограмм темпоральные прецеденты момента обновления теоретически не возможны.

Заключение

Предложенный метод управления темпоральными данными использует событийную (асинхронную) активизацию процессов и, в отличие от циклограмм, не требует априори составления расписания согласованной активизации процессов для обеспечения темпоральной целостности данных. Метод позволяет контролировать темпоральные прецеденты нарушения валидности данных. Качественное отличие от циклограмм в том, что метод допускает в системах с "мягким" реальным временем контролируемую в заданных пределах кратковременную "деградацию" результатов вычислений над темпоральными данными, возможно приводящую к кратковременному нарушению работы системы, без её фатального завершения. Метод инвариантен для использования как в локальных, так и распределённых ПРВ.

Системный API современных POSIX-ориентированных ОСРВ содержит достаточный набор программных средств, позволяющих реализовать в ПРВ собственные часы реального времени и оперативную базу темпоральных данных, разделяемую параллельными процессами, а также реализовать предложенный метод как в централизованных, так и распределённых ПРВ в локальных сетях [6].

Библиографический список

1. Баландин А.В. Поточные диаграммы асинхронных темпоральных вычислений для моделирования и РВ-верификации приложений реального времени [Текст] // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). – Сб. трудов международной конференции. – Самара: Изд-во СГАУ. 2016. – С.919-926.
2. Святный В. А., Иванов Ю. А. Управление циклом реального времени встроенных систем при моделировании. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Проблеми моделювання та автоматизації проектування» (МАП-2010). Випуск: 8 (168) - Донецьк: ДонНТУ. - 2010. – стор. 5-15



3. Скородумов Ю.М. Назначение и планирование заданий в распределённых системах реального времени: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11 / Скородумов Юрий Михайлович – СПб., 2016. - 124

4. Баландин А.В., Кавков Р.А. Эволюционное прототипирование распределённых приложений реального времени в ОСРВ QNX Neutrino. // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2018) [Электронный ресурс]: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Электрон. текстовые и граф. дан. (34,4 Мбайт). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2018. – С. 929-933.

5. Баландин А.В., Николаев А.В. Метод структуризации и РВ-верификации приложений реального времени для систем промышленной автоматизации // Надёжность и качество. - Труды международного симпозиума. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. 2003. – С.378-380.

6. Кёртен Р. Введение в QNX Neutrino 2. Руководство для разработчиков приложений реального времени. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.: ил.

И.Ю. Выгодчикова, В.Н. Туренко

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА В ЛЕКЦИОННОЙ АУДИТОРИИ НА ОСНОВЕ ДРЕВОВИДНОЙ СТРУКТУРЫ МИНИМАЛЬНОГО ВЕСА

(Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Авторами статьи разработана модель оптимального распределения пространства в лекционной аудитории на основе построения минимального покрывающего дерева между студенческими партами и технологии мерчендайзинга. В основу модели заложен принцип максимального отдаления между студентами (партами), а также сбалансированность в компоновке пространства между лектором и каждым студенческим столом. Для этого применён математический критерий минимакса и «шахматное» деление лекционного кабинета для расстановки парт. Выполнены вычислительные эксперименты для студентов 351 группы СГУ (механико-математический факультет, март 2021 г.). В результате получена точная схема расстановки мебели и учебного инвентаря. Данный подход актуален в связи с эпидемией COVID-19 в России, 2019-2021 гг.

Введение. С приходом новых технологий компьютерной визуализации данных и цифрового дизайна, актуальным направлением исследования является применение математического аппарата теории графов² и программных средств для оптимизации лекционной аудитории путём физического перемещения столов, по примеру технологий мерчендайзинга.

² Минимальное покрывающее дерево [Электронный ресурс]. URL: <https://graphonline.ru/> (дата обращения 01.04.2021).