

УДК 004.75

КОНТЕКСТНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СОСТОЯНИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ключев В.А. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Платунов А.Е. (ИТМО)

Введение. В проблемно-ориентированных киберфизических системах [1-3] корректная интерпретация состояния параллельных процессов критична для отказоустойчивости и безопасности. Традиционные механизмы мониторинга, основанные на простых сторожевых таймерах (WDT) и бинарном ping/keepalive [4], слабо учитывают контекст исполнения и могут либо пропускать деградацию, либо приводить к ложным перезапускам. Под деградацией понимается снижение пропускной способности, рост задержек, накопление очередей и т.п. Предлагается архитектурный паттерн “наблюдаемый процесс” (Worker-Monitor-Supervisor, WMS), в котором жизненный цикл процесса контролируется через расширенный health-контракт и явные переходы между состояниями ok, suspect, fail. Однако в условиях гетерогенных моделей вычислений (CSP, акторные модели, dataflow) [5-7] интерпретация этих состояний требует учета структурных и семантических особенностей конкретной системы. Целью работы является обоснование подхода к контекстной интерпретации состояния параллельных процессов на основе предлагаемого паттерна наблюдаемого процесса и моделей вычислений, применимых к проблемно-ориентированным системам.

Основная часть. В основе предлагаемого паттерна наблюдаемого процесса лежит разделение ролей Worker, Monitor и Supervisor, где Worker предоставляет расширенные метрики здоровья, Monitor агрегирует и классифицирует их, а Supervisor принимает управляющие решения по рестарту, переключению и деградации сервиса. Такой подход уже позволяет уйти от “слепого” WDT, но остается вопрос: как связать локальное состояние Worker с глобальным контекстом параллельного вычисления, потоков данных и внешней среды. В киберфизических системах состояние процесса зависит не только от внутреннего времени отклика и ошибок, но и от физических ограничений, задержек сети, расписаний планировщиков и используемой модели вычислений [3].

Предлагается трактовать состояние параллельного процесса как пару “локальное состояние + контекст интерпретации”, где контекст включает: выбранную модель вычислений, роль процесса в композиции (источник, фильтр, потребитель), временные требования и ожидаемые сценарии деградации. Для потоковых и dataflow-ориентированных систем состояние suspect может означать устойчивое накопление очередей или изменение профиля пропускной способности при сохранении формальной “живости” процесса. Для CSP-подобных и акторных систем подозрительное состояние может диагностироваться через аномалии в паттернах обмена сообщениями, рост времени ожидания и изменения в топологии каналов, при этом единый health-контракт паттерна наблюдаемого процесса служит унифицированным интерфейсом для разных моделей.

Контекстная интерпретация состояния предполагает, что Monitor обогащен знаниями о модели вычислений и структурных зависимостях между процессами и каналами. В рамках доклада предлагается расширить функциональность Monitor до контекстно-осведомленного компонента, который умеет сопоставлять метрики Worker с абстракциями модели (процесс, актор, узел сети, компонент потока данных). Это позволяет формировать более информативные диагнозы: отличать локальные сбои от

системных, идентифицировать деградацию на уровне цепочки обработки, а также выбирать адаптивные стратегии восстановления (перезапуск отдельного процесса, миграция актора, изменение маршрутизации потока).

Выводы. Контекстная интерпретация состояния параллельных процессов позволяет повысить точность диагностики и снизить риск как пропуска отказов, так и избыточных восстановлений по сравнению с примитивными WDT-подходами. Опора на предлагаемый паттерн наблюдаемого процесса WMS создает единый интерфейс для мониторинга, при этом учет специфики моделей вычислений и структурных зависимостей делает этот интерфейс проблемно-ориентированным. Использование формальных моделей параллельных вычислений открывает возможность формальной отладки и верификации правил интерпретации состояния еще на уровне проектирования систем. Планируемое дальнейшее развитие работы связано с уточнением формального описания контекста, разработкой онтологии состояний и экспериментальной оценкой предложенного подхода на прототипе распределенной системы управления с микросервисной архитектурой.

Список использованных источников:

1. Lee E. A., Seshia S. A. Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach. 2nd ed. MIT Press, 2017.
2. Simon D., Alur R., Lee E. A. Modeling Cyber-Physical Systems // Proceedings of the IEEE. 2017. Vol. 106, No. 9. P. 1608–1627.
3. Pinkevich V., Kluchev A., Kluchev V., Platunov A. Designing custom computing platforms for cyber-physical systems//23rd International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 2023, 2023, Vol. 23, No. 2.1, pp. 65-72.
4. Chaurasia B., Mishra R. A Comprehensive Study on Failure Detectors of Distributed Systems. International Journal of Computer Applications. 2020. Vol. 176, No. 28. P. 1–9.
5. Lee E. A., Sangiovanni-Vincentelli A. A Framework for Comparing Models of Computation // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. 1998. Vol. 17, No. 12. P. 1214–1229.
6. Hoare C. A. R. Communicating Sequential Processes. Prentice Hall, 1985.
7. Hewitt C., Bishop P., Steiger R. A Universal Modular ACTOR Formalism for Artificial Intelligence // Proc. IJCAI. 1973. P. 235–245.