

Модель объектно-ориентированной программы, использующей Р-путей ММ-путей

Базовые понятия

Р-путь (Procedure path, процедурный путь) — последовательность прямых вызовов методов внутри класса или между классами, когда один метод явно вызывает другой. Возникает при непосредственном обращении к методу, доступному согласно правилам видимости языка (public-программирования).

ММ-путь (Method/Message path, путь метод/сообщение) — цепочка выполнения методов, связанных передачей сообщений между объектами. В отличие от Р-пути, здесь нет явного вызова: один метод генерирует сообщение, которое обрабатывается другим методом (возможно, в другом объекте). ММ-путь завершается, когда метод не порождает новых сообщений («сообщение покоя»).

Графовая модель ООП-программы

Модель строится на основе графа, где:

- **узлы** — методы классов;
- **дуги** — связи между методами, формируемые двумя способами:
 - через Р-пути (прямые вызовы методов);
 - через ММ-пути (обработка сообщений).

Такая модель отражает событийно-управляемую природу ООП: управление передаётся не только через явные вызовы, но и через генерацию и обработку сообщений.

Ключевые параметры модели

Для анализа и тестирования вводят следующие обозначения:

- *Kmsg* —
число методов класса, обрабатывающих различные сообщения (например, методы с пометкой *afx_msg* в MS Visual C++);
- *Kem* —
число методов, доступных для прямого вызова из других классов (с учётом модификаторов доступа *public*, *protected*, *private*);
- *Kext* — общее число точек входа в класс, доступных извне:

$$Kext = Kmsg + Kem$$

Этот параметр принципиально отличается от процедурного программирования: он зависит от дизайна класса (разграничения доступа) и событийной модели.

Особенности структуры графа

1. **Непрозрачность методов.** Методы классов инкапсулированы: внешние объекты не видят их внутреннюю реализацию. Это делает неприменимыми упрощения графа, используемые в процедурном программировании (например, свёртку модулей).
2. **Два типа связей.** Узлы графа соединяются:
 - Р-путями — при прямом вызове метода;
 - ММ-путями — при генерации и обработке сообщений.
3. **Динамичность.** ММ-пути могут меняться во время выполнения: последовательность обработки сообщений зависит от состояния объектов и внешних событий.

Пример структуры путей

Рассмотрим фрагмент графа с методами 1–5 и сообщениями *a–d*:

- **ММ-путь 1:** msg *a* → метод 3 → msg 3 → метод 4 → msg *d*;

- **ММ-путь 2:** $\text{msg } b \rightarrow \text{метод } 1 \rightarrow \text{msg } 1 \rightarrow \text{метод } 4 \rightarrow \text{msg } d$;
- **Р-путь:** $\text{метод } 2 \rightarrow \text{call} \rightarrow \text{метод } 5$.

Здесь:

- ММ-пути отражают цепочки обработки событий;
- Р-путь показывает прямой вызов метода.

Оценка сложности тестирования

Сложность интеграционного тестирования класса Cls зависит от параметров $Kmsg$ и Kem . Формула оценки имеет вид:

$$V(Cls, C) = f(Kmsg, Kem)$$

где f — функция, учитывающая:

- количество точек входа ($Kext$);
- число возможных Р- и ММ-путей;
- глубину иерархии наследования (влияние родительских классов);
- сложность взаимодействия объектов (число сообщений и их маршрутов).

Практическое применение модели

Модель на основе Р- и ММ-путей используют для:

- **планирования тестов:** выделяют критические пути (длинные ММ-пути, сложные Р-цепочки);
- **покрытия кода:** проверяют, все ли методы и сообщения задействованы ;
- **анализа связности:** выявляют слабо связанные или изолированные классы;

- **оптимизации архитектуры:** упрощают избыточные цепочки вызовов/сообщений;
 - **автоматизации тестирования:** инструменты генерируют тесты на основе графа (например, проверяют все ММ-пути до «сообщения покоя»).
-

Вывод

Модель с Р- и ММ-путями даёт формализованный способ описания поведения ООП-программ. Она:

- учитывает событийную природу ООП;
- позволяет количественно оценить сложность тестирования;
- служит основой для стратегий интеграционного тестирования (например, приоритетной проверки длинных ММ-путей);
- помогает выявлять дефекты взаимодействия объектов, недоступные при модульном тестировании.