研究室インターン最終発表

京都大学大学院 情報学研究科
通信情報システムコース
安済翔真

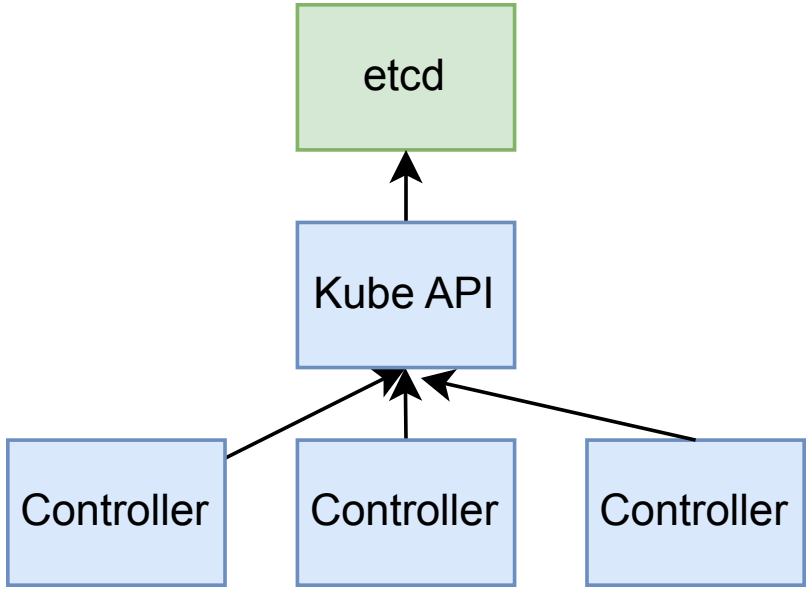
背景

やりたいこと

- Kubernetes: コンテナをいい感じに管理するソフトウェア
- Kubernetes の設定はミスしやすい
  - いろんなプラグインの設定が関わり合って駆動する
  - ネットワーク、カーネル、etc

やりたいこと

- しかもミスに気づきにくい
  - 複数 Controller が非決定的な順序で reconcile 処理を行う
- クラスタが意図した動作をしているか検証する仕組みがほしい



どうするか？

- 静的検証
  - Controller をモデル化 [Liu et al., 2024]
- **動的検証**
  - 時間オートマトン

時間オートマトンを用いた実行時モニタリング

- イベントが発生した時刻・出力値が意図通りかを**時間オートマトン**やその拡張を用いて検証する
- 例： `(A(B)%(1,20))$` （AB 間が 1s 以上）

```
A 0.5
B 0.8
C 1.5
A 2.0
B 3.2
A 3.5
C 4.6
```

実際のログで試してみた（monaa）

- ログの内容を 1 文字の char に対応づける前処理

```
mappings = [
    ['no new tags found, next scan in 1m0s', 'N'],
    [r"^Latest image tag for (略) resolved to main-\S+$", 'U']
]
```

```
U 1746447443.495
N 1746447444.1
U 1746447444.108
U 1746447444.116
U 1746447504.121
N 1746447504.74
U 1746447504.755
```

実アプリケーションの動作検証

やりたいこと

アプリの Image を更新するサービスの検証

1. Image をレジストリに push
2. 最新の Image が変わったことを検知

1 と 2 の間が 5 分以内であることを保証したい
= 1 と 2 の間が 5 分以内になっていない場合に検出したい

やりたいこと - 例

```
// 1のログ
{
  "time":"2025-07-02T02:50:46.42462649Z",
  "package_name":"auth-frontend",
  "package_tag":"stg-9c8f5e28c2c7d78da2648f5eaa62216038cbd1fd-1458"
  ....
}
```

```
// 2のログ
{
"level":"info",
"ts":"2025-07-03T07:06:59.990Z",
"msg":"Latest image tag for
        ghcr.io/piny940/auth-frontend resolved to
        stg-9c8f5e28c2c7d78da2648f5eaa62216038cbd1fd-1458 ...",
...
}
```

monaa だと難しい理由

- package 名・タグ名ごとに時間制約を確認したい

```
create auth:1.0.1
fetch auth:1.0.1
create auth:1.0.2
fetch auth:1.0.2
```

package 名・タグ名を変数に格納する必要がある

monaa は

- 変数を保持できない
- char 型以外のログを扱えない

SyMon

- 変数が保持できる

```
var {
    # We define a string parameter to represent the current ID.
    current_name: string;
    current_tag: string;
}
```

- 変数の値と一致するログだけマッチさせられる

```
fetch(name, tag | name == current_name && tag == current_tag)
```

前処理

- create: 作成、fetch: 検出
- package 名、タグ名のみ抽出
- timestamp を UNIX 時間の MOD に処理

```
// 1のログ
{
  "time":"2025-07-02T02:50:46.42462649Z",
  "package_name":"auth-frontend",
  "package_tag":"stg-9c8f5e28c2c7d78da2648f5eaa62216038cbd1fd-1458"
  ....
}
```

```
// 2のログ
{
"level":"info",
"ts":"2025-07-03T07:06:59.990Z",
"msg":"Latest image tag for
        ghcr.io/piny940/auth-frontend resolved to
        stg-9c8f5e28c2c7d78da2648f5eaa62216038cbd1fd-1458 ...",
...
}
```

```
create auth-backend stg-7c03f5241c93d6e77bb132d8ea9ffe9e59e7b62d-1445 171982
fetch auth-example stg-379cca639565f93fe2485c6f443b1d5b45285534-1441 172084
fetch auth-example stg-379cca639565f93fe2485c6f443b1d5b45285534-1441 172085
create auth-frontend stg-7c03f5241c93d6e77bb132d8ea9ffe9e59e7b62d-1445 172140
fetch auth-frontend stg-7c03f5241c93d6e77bb132d8ea9ffe9e59e7b62d-1445 172146
```

実際に書いた SyMon ファイル（一部）

```
expr correct {
    create(name, tag | name == current_name && tag == current_tag);
    within (<400) {
        (ignore_irrelevant
          || create(name, tag | name == current_name && tag == current_tag))*;
        fetch(name, tag | name == current_name && tag == current_tag)
    };
    (ignore_irrelevant
      || fetch(name, tag | name == current_name && tag == current_tag))*
}
expr failed {
    create(name, tag | name == current_name && tag == current_tag);
    within (>300) {
        (ignore_irrelevant
          || create(name, tag | name == current_name && tag == current_tag))*;
        one_of {
            create(name, tag)
        } or {
            fetch(name, tag)
        }
    }
}
```

結果

過去 1 週間のログを検証
create 12 件のうち、

- 「5 分以内」という条件だと、条件を満たさないログを 5 件検出

```
@305024.        (time-point 9443)       x0 == auth-example      x1 == stg-x-1458 true
@305024.        (time-point 9443)       x0 == auth-frontend     x1 == stg-x-1458 true
@305051.        (time-point 9444)       x0 == auth-example      x1 == stg-x-1458 true
@305051.        (time-point 9444)       x0 == auth-frontend     x1 == stg-x-1458 true
@305053.        (time-point 9445)       x0 == auth-example      x1 == stg-x-1458 true
```

- 「10 分以内」だとすべて条件を満たしていた

まとめ

まとめ

- timed regular expression を用いてログが時間制約を満たすことを確認
- 時間制約にマッチするログを検出できた

今後は

- 検証システムの汎用性向上
- リアルタイム検出システムの構築