

時間パターンマッチングによる CPSのモニタリング



和賀 正樹, Étienne André & 蓮尾 一郎, NII / 総研大

動機

- システムの正しさを保証したい
- CPSではモデル検査は困難
 - black-box component
 - 環境など未知の情報
- 代わりにシステムのログから異常を検知したりフィードバックする必要がある

- 開発プロセスでもモニタリングは重要
- シミュレーションやプロトタイプ実装から膨大なログが得られる
- ログから何らかの性質を探したい
 - 例: 怪しい挙動
- 人力で探すのは大変

貢献

- 単に安全/危険のみではなくより多くの情報を探せた
- どこが危険か (例: 10s-14sが危険だった)
- どういう時間制約で危険か (例: 遅いと困るが、具体的な期限は不明)
- どういうデータで危険か (例: 弱い加減速は強い加減速より頻繁にある)

パラメタ付き時間制約への拡張

データ付きイベントへの拡張

時間パターンマッチング

MONAA: <https://github.com/MasWag/monaa>



例: 高頻度な加減速の検出

- 入力1 (仕様): 20秒以内に3回以上の加減速は異常
 - ↑ 時間制約!!
- 入力2 (ログ):

例えば14.5秒から34.4秒で異常!!
- 出力: $\{(t, t') \mid 8 \leq t < 15, 34 < t' \leq 40\}$
無限個あるので制約式で出力

20秒が適切か?

パラメタ付き 時間パターンマッチング

ParamMONAA: <https://github.com/MasWag/monaa/tree/PTPM>

例1: 高頻度な加減速の検出

- 入力1 (仕様): p秒間に3回以上の加減速は異常
 - ↑ パラメタ付き時間制約!!
- 入力2 (ログ):

例えば

 - 0.7秒から28秒でp=26で異常!!
 - 14.5秒から34.4秒でp=19で異常!!
- 出力:
 - $\{(t, t', p) \mid 0 \leq t < 1, 27 < t' \leq 30, p = 26\}$
 - $\cup \{(t, t', p) \mid 0 \leq t < 1, 34 < t' \leq 40, p = 33\}$
 - $\cup \{(t, t', p) \mid 8 \leq t < 15, 34 < t' \leq 40, p = 19\}$

区間 + パラメタの値の制約式で出力

記号的モニタリング

SyMon: <https://github.com/MasWag/symon>



例1: 高頻度な加減速の検出

- 入力1 (仕様): p秒間に3回以上の強さ[a,b]の加減速は異常
 - ↑ 数値データのパラメタ!!
- 入力2 (ログ):

例えば

 - 0.7秒から28秒でp=26, a=4, b=30で異常!!
 - 14.5秒から34.4秒でp=19, a=1, b=10で異常!!
- 出力:
 - $\{(t, t', p, a, b) \mid 0 \leq t < 1, 27 < t' \leq 30, p = 26, a \leq 4, b \geq 30\}$
 - $\cup \{(t, t', p, a, b) \mid 0 \leq t < 1, 34 < t' \leq 40, p = 33, a \leq 1, b \geq 30\}$
 - $\cup \{(t, t', p, a, b) \mid 8 \leq t < 15, 34 < t' \leq 40, p = 19, a \leq 1, b \geq 10\}$

区間 + パラメタの値の制約式で出力

仕様記述言語

- 時間正規表現 (TRE)
 - 例: (ABAB(AB)+)(0,20)\$
- 時間オートマトン (TA)
 - 例:

実行時間

既存研究

Length of timed word	MONAA (TRE)	MONAA (TA)	libmonaa (TA is hard coded)	Montre (online)	Montre (offline)
306	7.03	0.80	0.20	0.13	0.03
127,552	7.55	1.27	0.31	37.45	1.56
255,750	8.05	1.73	0.42	75.93	3.13
383,168	8.54	2.21	0.53	115.88	4.69
508,756	9.16	2.69	0.64	153.71	6.21
632,484	9.53	3.14	0.75	189.55	7.75
758,500	10.05	3.60	0.85	216.92	9.33
894,692	10.53	4.06	0.97	260.77	10.88
1,011,426	11.05	4.56	1.07	289.63	12.39

- 高速
- オンライン (動作中のシステムに適用可能)
- 約50倍
- 約3倍

参考文献

時間パターンマッチング

- (Theory Paper) Masaki Waga, Ichiro Hasuo, and Kohei Suenaga Efficient Online Timed Pattern Matching by Automata-Based Skipping Proc. FORMATS 2017, LNCS 10419, p. 224-243.
- (Tool Paper) Masaki Waga, Ichiro Hasuo, and Kohei Suenaga MONAA: A Tool for Timed Pattern Matching with Automata-Based Acceleration Proc. MT-CPS 2018, p. 14-15.

パラメタ付き時間パターンマッチング

- Étienne André, Ichiro Hasuo, and Masaki Waga Offline timed pattern matching under uncertainty Proc. ICECCS 2018, IEEE.
- Masaki Waga and Étienne André Online Parametric Timed Pattern Matching with Automata-Based Skipping To appear in Proc. NFM 2019.

記号的モニタリング

- Masaki Waga, Étienne André, and Ichiro Hasuo Symbolic Monitoring against Specifications Parametric in Time and Data To appear in Proc. CAV 2019.

例2: 未知の周期の同定

- 入力1 (仕様):
- 入力2 (ログ):

間隔: 短 (AS VS) ... 間隔: 長 (AS VS)
- 出力:
 - $\{(t, t', v) \mid t \in [0, 0.1], t' \in (1.4, 1.6], v(p_1) > 0.6, v(p_2) > 0.2, \dots\}$
 - $\cup \dots \cup \{(t, t', v) \mid t \in [1.6, 8.5], t' \in (10.5, \infty), v(p_1) > 1.5, v(p_2) > 0.5\}$

例2: 値と周期の関係の同定

- 入力1 (仕様):

間隔[tp1, tp2]でvp以上引き出されている
- 入力2 (ログ):
- 出力:

実行時間 (ログ長 vs. 秒)

	No Skip	Param. Skip.	Non-Param. Skip	参考: MONAA
1,467	0.032	0.04	0.05	< 0.01
2,837	0.07	0.071	0.0805	< 0.01
4,595	0.113	0.112	0.121	0.01
5,839	0.1425	0.1405	0.151	0.01
7,301	0.182	0.1755	0.1905	0.01
8,995	0.222	0.2125	0.225	0.01
10,315	0.26	0.2415	0.2615	0.0105
11,831	0.295	0.271	0.2935	0.0125
13,183	0.3205	0.2955	0.3205	0.02
14,657	0.361	0.3315	0.3535	0.02

実行時間

