

作業フローに着目した協調業務のペトリネットによる分析と評価

上智大学 理工学部 機械工学科
田端俊哉, 川端 亮, 伊藤 潔

1

PetriNet

- PetriNetは並行的・非同期的・分散的なシステムを表現するのに適したモデルである。
- このようなシステムは現実によく存在し、そのためPetriNetは適応範囲の広いモデルである。

図 セミナ情報システム 2

目的

- PetriNetの利点を活かしながらシステム分析を行うために以下の機能を持ったソフトウェアを作成
 - PetriNetでシステムモデルを記述するPetriNet Editor
 - システムの挙動を確認する挙動Visualizer
 - システムの性能評価を行う性能Simulator

これら機能を持ったソフトウェアを作成しPetriNetによるシステム分析方法を検討

3

各ツールの位置づけ

PetriNet Editor
対象システムをPetriNetで作成・修正

挙動がおかしい → 挙動の確認 → PetriNet Editor

性能の評価 → 性能を改善したい → PetriNet Editor

挙動Visualizer
PetriNet Editorで描いたシステム内のトークンの動きを可視化する。

性能Simulator
PetriNet Editorで描いたシステムのシミュレーションを行う。

4

PetriNet Editorの機能 (1)

- 接続ダイアログによるナビゲート
 - PetriNetによるシステム作図の簡易化
 - 間違った接続(プレイスとプレイス, トランジションとトランジション)を防ぐ
- Prolog形式での保存
 - PetriNet Editorで描いたモデルを他のツールで利用するためのデータのやり取りに使用

図 接続ダイアログ 5

PetriNet Editorの機能 (2)

- Prolog形式の読み込みからモデルを描画
 - 他ツールとのデータのやり取り
- CSV形式の読み込みからモデルを描画
 - CSV形式で表された接続行列からPetriNetを描画する
- 作業フローの設定
 - 同じ作業フローに属するプレイス, トランジションを設定する
- 接続の修正
 - 間違った接続を列挙しユーザの接続修正を助ける

図1 読み込みダイアログ

図2 接続修正ダイアログ 6

挙動Visualizer

- PetriNet Editorで描かれたシステムの状態を表すトークンの動きを可視化することでそのふるまいを観察し、そのモデルの妥当性を検証する

- 到達可能性(トークンがあるプレイスに到達するか)の検証
- デッドロック(どのトランジションも発火可能でないような状態)に陥らないかどうかの検証

7

挙動Visualizerの機能

- 任意の初期状態(マーキング)を指定できる
- 発火可能なトランジションはすべて発火させる
- 非決定的な発火が存在した場合、そのトランジションの優先順位が分岐確率を与える

図1 非決定的な発火 図2 発火ダイアログ 図3 非決定発火設定ダイアログ 8

非決定的な発火

- 非決定的な発火は次の図のような構造をしたものである
 - 図1のようにP1がサーバとして働くような場合優先順位を与える
 - 図2のようにP8以外のプレイスが関係しないような発火は分岐確率を与える。

図1 優先順位 図2 分岐確率 9

性能Simulator

- PetriNet Editorで描いたシステムをもとにトランジションに経過時間の概念を導入し離散型シミュレーションを行う
 - システムのモデル化をペトリネットで行うことができるので直感的に分かりやすい
 - シミュレーションを行っているシステムの状態をペトリネットとして表示させることで状態の把握が容易になりシステムの改善点の把握が容易になる

性能Simulatorの設計

- プレイス、トランジションにおけるトークンの滞在数は制限なし
- トークン発生トランジションの滞在数は常に1
- 非決定的な発火はVisualizerで与えた優先順位、確率分岐に従う
- トランジションのサービス時間は指数分布により与える

トランジションにおけるサービス時間は指数分布により与える
 $0 \leq U < 1$ 以下の一様乱数 U とするとサービス時間 W_i は

$$W_i = -\frac{1}{\lambda} \log U$$
 $1/\lambda$ はサービス時間の平均であり、これをユーザが与える。




図 トークン発生トランジション

性能Simulatorの機能

- シミュレータダイアログによる稼働時間を設定してシミュレーション
- シミュレータダイアログによるトランジションの平均サービス時間の設定
- プレイスごとの平均滞在時間、平均滞在数、トランジションごとの平均占有時間、平均滞在数の出力




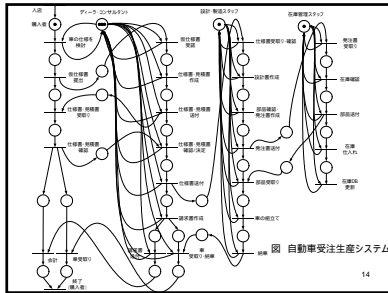
図 シミュレータダイアログ

性能Simulatorの実用例

- 今回Simulatorの実用例として自動車受注生産システムを取り上げ要員の数を変化させたシミュレーションを行った
- 稼働時間は500、各トランジションの平均サービス時間、非決定的な発火の設定は右の表のように設定した

トランジション名	平均サービス時間	非決定的な発火の設定
トランジション1	1.0	0.5
トランジション2	1.0	0.5
トランジション3	1.0	0.5
トランジション4	1.0	0.5
トランジション5	1.0	0.5
トランジション6	1.0	0.5
トランジション7	1.0	0.5
トランジション8	1.0	0.5
トランジション9	1.0	0.5
トランジション10	1.0	0.5
トランジション11	1.0	0.5
トランジション12	1.0	0.5
トランジション13	1.0	0.5
トランジション14	1.0	0.5
トランジション15	1.0	0.5
トランジション16	1.0	0.5
トランジション17	1.0	0.5
トランジション18	1.0	0.5
トランジション19	1.0	0.5
トランジション20	1.0	0.5
トランジション21	1.0	0.5
トランジション22	1.0	0.5
トランジション23	1.0	0.5
トランジション24	1.0	0.5
トランジション25	1.0	0.5
トランジション26	1.0	0.5
トランジション27	1.0	0.5
トランジション28	1.0	0.5
トランジション29	1.0	0.5
トランジション30	1.0	0.5
トランジション31	1.0	0.5
トランジション32	1.0	0.5
トランジション33	1.0	0.5
トランジション34	1.0	0.5
トランジション35	1.0	0.5
トランジション36	1.0	0.5
トランジション37	1.0	0.5
トランジション38	1.0	0.5
トランジション39	1.0	0.5
トランジション40	1.0	0.5
トランジション41	1.0	0.5
トランジション42	1.0	0.5
トランジション43	1.0	0.5
トランジション44	1.0	0.5
トランジション45	1.0	0.5
トランジション46	1.0	0.5
トランジション47	1.0	0.5
トランジション48	1.0	0.5
トランジション49	1.0	0.5
トランジション50	1.0	0.5

表1 トランジションにおける平均サービス時間



実行結果

- プレイスにおける平均滞在時間の大きいもの5つと、終了トランジションの発火回数を示す

プレイス名	平均滞在時間	発火回数
プレイス1	1.0	100
プレイス2	1.0	100
プレイス3	1.0	100
プレイス4	1.0	100
プレイス5	1.0	100
プレイス6	1.0	100
プレイス7	1.0	100
プレイス8	1.0	100
プレイス9	1.0	100
プレイス10	1.0	100
プレイス11	1.0	100
プレイス12	1.0	100
プレイス13	1.0	100
プレイス14	1.0	100
プレイス15	1.0	100
プレイス16	1.0	100
プレイス17	1.0	100
プレイス18	1.0	100
プレイス19	1.0	100
プレイス20	1.0	100
プレイス21	1.0	100
プレイス22	1.0	100
プレイス23	1.0	100
プレイス24	1.0	100
プレイス25	1.0	100
プレイス26	1.0	100
プレイス27	1.0	100
プレイス28	1.0	100
プレイス29	1.0	100
プレイス30	1.0	100
プレイス31	1.0	100
プレイス32	1.0	100
プレイス33	1.0	100
プレイス34	1.0	100
プレイス35	1.0	100
プレイス36	1.0	100
プレイス37	1.0	100
プレイス38	1.0	100
プレイス39	1.0	100
プレイス40	1.0	100
プレイス41	1.0	100
プレイス42	1.0	100
プレイス43	1.0	100
プレイス44	1.0	100
プレイス45	1.0	100
プレイス46	1.0	100
プレイス47	1.0	100
プレイス48	1.0	100
プレイス49	1.0	100
プレイス50	1.0	100

表 要員数を变化させたシミュレーションの結果

