

客同士の協調行動による待ち行列網の性能改善手法の提案

木村 龍明[†]

奥田 隆史[†]

井手口 哲夫[†]

田 学軍[‡]

愛知県立大学 情報科学部 情報システム学科[†]
愛知県立大学 情報科学部 地域情報科学科[‡]

1 はじめに

待ち行列網とは、待ち行列システムがネットワーク状につながった複雑なシステムの性能や特性を評価するために提案されたモデルであり、通信ネットワーク、生産組み立てライン、コンピュータ内部のジョブの処理といったシステムのモデル化とその性能評価に用いられている。本稿では、待ち行列網を構成する待ち行列システム1つ1つをノードと呼ぶ。

待ち行列網では、各ノードの内、どれか1つでも待ち行列長が長くなると、全体の性能が低下してしまうことが知られている [1]。つまり、待ち行列網全体の性能を改善するためには、性能の低下を引き起こしているノードの待ち行列長を短くすることが必要である。

これを解決する方法論として、(1) 客の到着間隔を制御する、(2) サービス機構を変更する、(3) サービスや並び方の規則を変更する、がある [2]。これまでの研究では、主に (1) や (2) が有効な手法として検討されてきた。しかし、近年の ICT 技術の発達 [3] により、(3) もいくつか検討可能となってきている。

そこで、本研究では、(3) を利用した新しい手法として、客同士の協調行動を利用することを提案する。この手法を待ち行列網で利用し、その効果をマルチエージェントアプローチにより検証する。

(3) と関連することとして、VCHS 問題 [4] がある。これは、客が持つ仕事の量や難易度、窓口の処理速度や処理能力を考慮した待ち行列システムを扱う問題であり、客への窓口の割当戦略によって、どのように差が生まれるのかを調査することを目的とするものである。

以下、2 節において、本研究で想定する待ち行列網について述べる。3 節では協調行動を利用した性能改善手法について述べ、4、5 節では数値例を示し、検討考察をおこなう。最後に 6 節でまとめと今後の課題について述べる。

2 本研究で想定する待ち行列網

本研究で想定する待ち行列網は、次のような構成とする (図 1 参照)。

- ノードは、 $S_i (1 \leq i \leq N)$ [個] の窓口と単一のバッファ (容量は無量大) からなり、 $N (N \geq 2)$ [個] が直列につながっている

- 外部からの客の到着はノード 1 のみとし、平均到着率 λ の任意の確率分布 A に従う。
- 窓口のサービス時間は、平均処理率 $1/\mu_i$ の任意の確率分布 B に従う。
- ノード i でサービスを受け終わった客は、ただちにノード $i + 1$ に到着する。
- ノード N でサービスを受け終わった客は、待ち行列網から退去する。

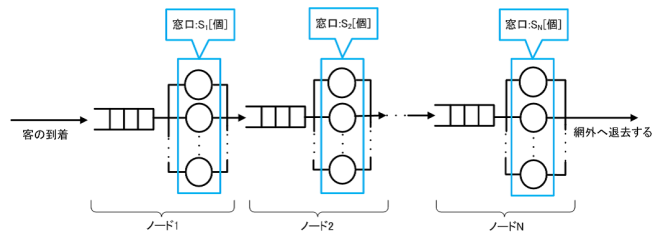


図 1 本研究で想定する待ち行列網

3 協調行動を利用した性能改善手法

本研究における客同士の協調行動とは、利他的な意識に基づく自発的な譲り合いのことである。客の中には、順番を譲る人と譲らない人の 2 種類が存在しているとするとする。

協調行動の具体例として、順番を譲る客種を A、譲らない客種を B とする。前者は、各ノードのバッファの先頭であるとき、自分の直後に客種 B が 1 人到着した場合、確率 p で順番を譲る。後者は、順番を譲らず、そのまま窓口に移りサービスを受ける。順番を譲る回数は、網全体で 1 人 1 回までとする。

以上のような客種 A と B の関係性を利用し、待ち行列網全体の性能を改善する手法を提案する。

本稿では、協調行動を利用する待ち行列網をマルチエージェントシステムとして表現する [5]。その理由は 2 つある。1 つは、待ち行列網は、客数が増えることで状態数が膨大になり、数式による解析は時間がかかるため、2 つは、協調行動の解析の容易さを考慮したため、である。

4 数値例

本稿における、ノード数、各ノードの窓口数、窓口の平均処理率、客の平均到着率を次に示す。

条件 1:

$$N = 2, S_1 = S_2 = 1, 1/\mu_1 = 1/\mu_2 = 1, \lambda = 0.7.$$

条件 2:

条件 1 において、 $S_1 = 2$ に変更。

条件 3:

条件 1 において、 $\lambda = 0.5, \lambda = 0.9$ に変更。

Performance improvement of a queueing network using customers cooperation

[†]Tatsuaki KIMURA, Xuejun TIAN

[†]Department of Information Systems, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

[‡]Takashi OKUDA, Tetsuo IDEGUCHI

[‡]Department of Applied Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

条件 4:

条件 3 において, $S_1 = 2$ に変更.

待ち行列網への到着は, 客種 A, B 共にポワソン分布に従うとする. サービス時間は, すべてのノードの窓口で指数分布に従うとする.

客種 A, B の到着割合は, (A)A:B=1:1, (B)A:B=3:7, (C)A:B=7:3, とする. 客種 A が協調行動をおこなう確率は, $p=1.0$ とし, 協調行動回数の合計は, 制限しないものとする.

以上のような条件のもと, 協調行動を利用する位置をノード 1 のみ, ノード 2 のみ, ノード 1 とノード 2 の両方と変更してシミュレーションを実施し, その結果を協調行動を利用しない場合と比較することで, 提案手法の効果を検証する. シミュレーション期間は, 待ち行列網を 7000 人の客が利用するまでとする. 比較項目は, 客種 A, B の平均待ち時間, 客種 A の平均協調回数である.

5 検討・考察

本稿には, 条件 1 のシミュレーション結果を記載する. 表 1~3 に, 協調行動を利用しない場合と, 協調行動を利用する場合の待ち行列網の客種 A, B の平均待ち時間の比較結果を, 表 4 に各ノードにおける平均協調回数を示す.

以下より, 条件 1~条件 4 の各結果について述べる.

条件 1: 表 1~3 の結果より, ノード 1 で協調行動を利用する場合, 客種 B の平均待ち時間が減少することが確認できた. しかし, ノード 2 のみで協調行動を利用する場合は, 協調行動を利用しない場合と変わりなかった. また, 表 4 の結果より, ノード 1, ノード 2 の平均協調回数を比べると, 大きな差があることがわかった.

条件 2: ノード 2 で協調行動を利用することで, 客種 B の平均待ち時間が減少することが確認できた. また, 条件 1 の結果と比べ, 客種 A, B の平均待ち時間, 平均協調回数が, ノード 1 では減少し, ノード 2 では増加した.

条件 3: $\lambda = 0.5$ の場合は, 条件 1 と同様の結果となった. $\lambda = 0.9$ の場合は, ノード 1, ノード 2 どちらで協調行動を利用しても, 客種 B の平均待ち時間が減少することが確認できた. また, 平均協調回数は, ノード 1 よりもノード 2 の方が多いことがわかった.

条件 4: $\lambda = 0.5$ の場合は, 条件 2 と同様の結果となった. $\lambda = 0.9$ の場合は, ノード 2 のみで協調行動を利用する場合のみ, 客種 B の平均待ち時間が減少することが確認できた.

6 まとめ

本稿では, 客同士の間協調行動を利用することで, 待ち行列網全体の性能を改善する手法を提案し, その効果をマルチエージェントアプローチにより検証した.

今後の課題として, 客種の到着や窓口のサービス時間が様々な分布に従う場合における提案手法の効果の検証, 他の複雑な待ち行列網への提案手法の適用が挙げられる.

また, 本稿では, 客種 A は客種 B に対して必ず協調行動をおこなうと仮定した. 今後は, 客同士の間関係をスモールワールド・ネットワーク [6] で表現し, 互いの関係に応じて協調行動をおこなうかどうかを決める, という点を考慮していく必要がある.

参考文献

- [1] 高橋他, 『混雑と待ち』, 朝倉書店, 2001.
- [2] 森村他, 『応用待ち行列理論』, 日科技連, 1975.
- [3] 上林, 『サービスサイエンス入門 ICT 技術が牽引するビジネスイノベーション』, オーム社, 2007.
- [4] 清水他, “量的・質的 VCHS 問題のシミュレーション評価”, 信学技報, vol.110, no.341, pp.63-68, 2010.
- [5] 高玉, 『マルチエージェント学習 -相互作用の謎に迫る-』, コロナ社, 2003.
- [6] 斎藤, 『ウェブサイエンス入門 インターネットの構造を解き明かす』, NTT 出版, 2007.

表 1 平均待ち時間の比較 (到着割合:(A))

	ノード 1		ノード 2		網全体	
	客種 A	客種 B	客種 A	客種 B	客種 A	客種 B
協調行動なし	2.33	2.33	1.24	1.24	3.57	3.57
ノード 1 のみ	2.43	2.31	1.24	1.24	3.67	3.55
ノード 2 のみ	2.33	2.33	1.24	1.24	3.57	3.57
両方	2.44	2.31	1.24	1.23	3.68	3.54

表 2 平均待ち時間の比較 (到着割合:(B))

	ノード 1		ノード 2		網全体	
	客種 A	客種 B	客種 A	客種 B	客種 A	客種 B
協調行動なし	2.33	2.33	1.24	1.24	3.57	3.57
ノード 1 のみ	2.45	2.28	1.24	1.24	3.69	3.52
ノード 2 のみ	2.33	2.33	1.24	1.24	3.57	3.57
両方	2.42	2.28	1.24	1.22	3.66	3.50

表 3 平均待ち時間の比較 (到着割合:(C))

	ノード 1		ノード 2		網全体	
	客種 A	客種 B	客種 A	客種 B	客種 A	客種 B
協調行動なし	2.33	2.33	1.24	1.24	3.57	3.57
ノード 1 のみ	2.41	2.30	1.24	1.24	3.64	3.53
ノード 2 のみ	2.33	2.33	1.24	1.24	3.57	3.57
両方	2.41	2.30	1.24	1.23	3.65	3.53

表 4 平均協調回数の比較

	ノード 1 のみ		ノード 2 のみ		両方	
	ノード 1	ノード 2	ノード 1	ノード 2	ノード 1	ノード 2
(A)	297.0	-	-	42.0	308.4	35.0
(B)	260.6	-	-	41.6	233.6	12.2
(C)	243.4	-	-	41.2	237.8	20.2