

トラフィック予測に基づくハイブリッドクラウドシステムの
コストと性能の評価

小川 祐紀雄

株式会社製作所

ITプラットフォーム事業本部

長谷川 剛

大阪大学

サイバーメディアセンター

村田 正幸

大阪大学

大学院情報科学研究科

発表内容

- ▶ 研究の背景と目的
- ▶ 従来研究と本報告の課題
- ▶ システム構成概要
- ▶ 運用シナリオ
- ▶ 全体コスト評価モデル
- ▶ システム条件設定
- ▶ 評価結果
- ▶ まとめと今後の課題

研究の背景と目的

▶ 研究の背景

- ▷ 広域ネットワーク広帯域化 → ハイブリッドクラウド普及
- ▷ ユースケース: クラウドバースティング
 - 通常時はプライベートデータセンタを利用
 - リソース不足時にパブリックデータセンタへスケールアウト

▶ 研究の目的

- ▷ プライベート/パブリックデータセンタ間を負荷分散、サービスレベルを守りつつ全体コストを最小化

従来研究と本報告の課題

▶ 従来研究: クラウドバースティングの自動化に向けて

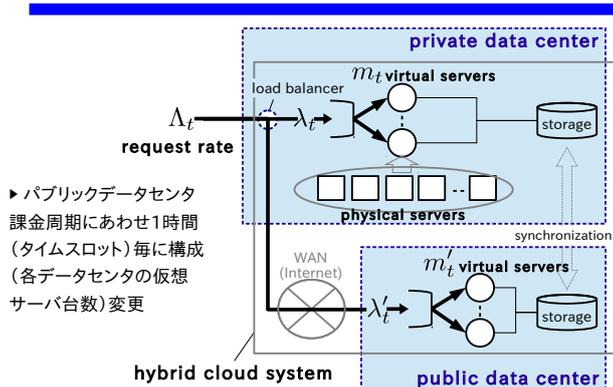
- ▷ 適応型制御: 大規模並列数値計算アプリケーション [1]
 - ジョブ投入量をモニタ
 - ジョブ完了時間制約を守るようリソース選択・スケジューリング
- ▷ 予測型制御: 大量の小規模アプリケーション [2]
 - ウェブサービスへのリクエスト量を逐次予測
 - 仮想サーバ利用率制約を守りながら全体コスト最小化

▶ 本報告の課題

- ▷ 予測型制御: 対話的利用のウェブシステムを対象
- ▷ 全体コストを最小化する各データセンタのリソース量算出
- ▷ リクエスト量予測誤差の全体コストとシステム応答時間へ影響

[1] H.-Y. Chu and Y. Simmhan, "Cost-efficient and resilient job life-cycle management on hybrid clouds," Proc. of the 2014 IEEE 28th IPDPS, pp.327-336, May 2014.
[2] M. Björkqvist, L.Y. Chen, and W. Binder, "Cost-driven service provisioning in hybrid clouds," Proc. of 2012 5th IEEE SOCA, pp.1-8, Dec. 2012. 4

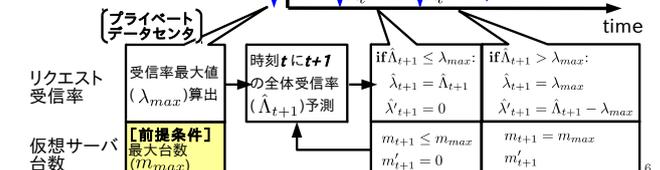
システム構成概要



運用シナリオ

▶ パブリックデータセンタ課金周期(1時間(タイムスロット))毎に処理

- ▷ リクエスト受信率を予測
 - ▷ 各データセンタに最小台数の仮想サーバを配備
- $\hat{r}_t^q \leq R, \hat{r}'_t \leq R$
- 応答時間分布 q %ile予測値
- しきい値
- λ_{max}
- $\hat{\Lambda}_t$ predicted request rate
- public data center
- private data center
- time



全体コスト評価モデル： リクエスト受信率とシステム応答時間分布の推定

▶ リクエスト受信率予測値 ($\hat{\lambda}_t$) の算出

- ▶ 季節変動 (周期性) を考慮した
ARIMA (自己回帰和分移動平均) モデルを適用
- ▶ 誤差項: $e_t \sim N(0, \sigma^2)$
- ▶ 予測値: $\Lambda_{t+1} \sim N(\hat{\Lambda}_{t+1}, \sigma^2)$

▶ 各データセンタの応答時間分布 q %ile値 ($\hat{r}_t^q, \hat{r}'_t^q$) の推定

- ▶ M/M/m待ち行列モデルを適用し累積分布を推定

$$F((\hat{r}_t^q - L), \frac{\hat{\lambda}_t}{\mu}, m_t) = 1 - \pi_t e^{-m_t \mu (1 - \frac{\hat{\lambda}_t}{\mu})(\hat{r}_t^q - L)} = \frac{q}{100}$$

$\hat{\lambda}_t$: リクエスト受信率推定値
 L : データセンタ内処理時間 (L: ネットワーク伝送時間)
 μ : 仮想サーバ処理性能
 m_t : 仮想サーバ稼働台数

7

全体コスト評価モデル：目的関数と制約

- ▶ タイムスロット (t) 毎にリクエスト受信率予測値 ($\hat{\lambda}_t, \hat{\lambda}'_t$) に基づき仮想サーバ数 (m_t, m'_t) を最小限にし、全体コスト (TC) 最小化

Objective : minimize

$$TC = \sum_{t=1}^T (aC_{cap}(m_{max}, m_t) + a'C'_{cap}(m'_t, \lambda'_t) + C_{ope}(m_{max}, m'_t))$$

Subject to :

$$\hat{r}_t^q \leq R, \quad (i.e., F((\hat{r}_t^q - L), \frac{\hat{\lambda}_t}{\mu}, m_t) \leq \frac{q}{100}) \quad (\forall t)$$

プライベートデータセンタの仮想サーバ装置コスト (青)
 パブリックデータセンタの仮想サーバ利用コスト (赤)
 管理コスト (人件費) (緑)

$$\hat{r}'_t^q \leq R' \quad (i.e., F((\hat{r}'_t^q - L'), \frac{\hat{\lambda}'_t}{\mu'}, m'_t) \leq \frac{q}{100}) \quad (\forall t)$$

プライベートデータセンタ (青)
 パブリックデータセンタ (赤)

応答時間分布 q %ile 値がしきい値以下 (黒)
 応答時間累積分布値が $q/100$ 以下となるような m_t, m'_t を設定 (黒)

8

全体コスト評価モデル：コスト内訳

▶ プライベートデータセンタの仮想サーバ装置コスト

$$C_{cap}(m_{max}, m_t) = C_{vm}(m_{max}) + C_{pwr}(m_t)$$

最大数 m_{max} の仮想サーバを配備できるリソースプール (物理サーバ) コスト (青)
 稼働台数 m_t の仮想サーバの電力コスト (赤)

▶ パブリックデータセンタの仮想サーバ利用コスト

$$C'_{cap}(m'_t, \lambda'_t) = c'_{vm} m'_t + c'_{trf} G_{trf}(\lambda'_t)$$

稼働台数 m'_t の仮想サーバの利用コスト (赤)
 データ転送コスト (黒)

▶ 管理コスト (人件費)

$$C_{ope}(m_{max}, m'_t) = C_{ope.pvt}(m_{max}) + C_{ope.pbl}(m'_t)$$

最大数 m_{max} の仮想サーバを配備できるリソースプール (物理サーバ) 管理コスト (緑)
 稼働台数 m'_t の仮想サーバの管理コスト (黒)

9

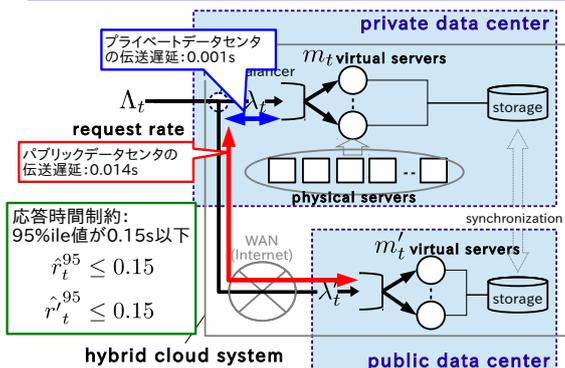
評価

- ▶ プライベートクラウドのウェブシステム (3万人ユーザ規模) の4ヶ月間のアクセスログを利用して評価

- ▶ 関西のプライベートデータセンタにウェブシステムがあり、関東のパブリックデータセンタにインターネット経由で接続しスケールアウトする、というユースケースを想定

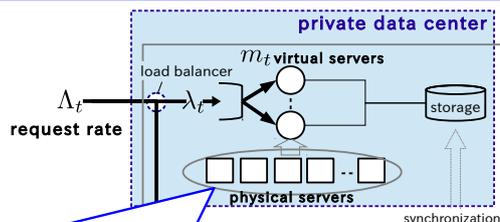
10

システム条件設定：システム応答時間



11

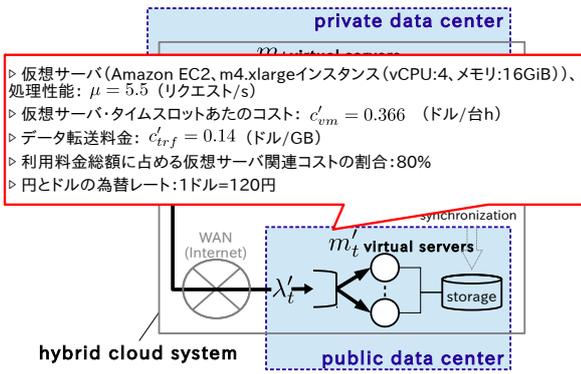
システム条件設定：プライベートデータセンタ



- ▶ 物理サーバ (CPUコア数12、メモリ32GB) 最大数: 4、仮想サーバ数: 2 / 物理サーバ (仮想サーバ最大数: 8)、仮想サーバあたりの性能: $\mu = 5.5$ (リクエスト/s)
- ▶ 物理サーバリース期間: 4年、1台1時間あたりのコスト: $c_{srv} = 12.4$ (円/台h)
- ▶ 物理サーバ消費電力: $p_{srv} = 550$ (W)、電力量料金: $c_{eb} = 16$ (円/kWh)
- ▶ 管理スタッフ数: 1人/仮想サーバ100台、管理コスト: $c_{stf} = 12.5$ (円/台h)
- ▶ データセンタ総額に占めるサーバ関連コストの割合: 50%

12

システム条件設定: パブリックデータセンタ

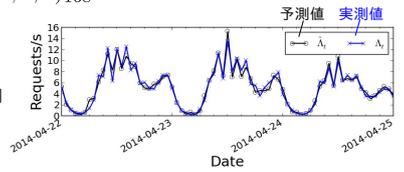


13

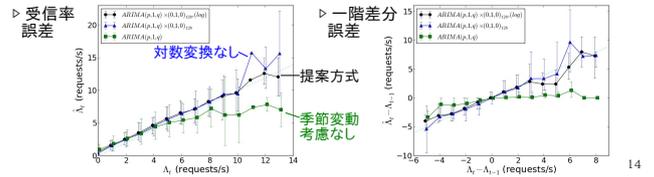
評価結果: リクエスト受信率の予測

▶ $ARIMA(p, 1, q) \times (0, 1, 0)_{168}$

- ▶ 季節変動周期を1週間 (168測定点)
- ▶ 前2週間分データを対数変換 (p, q 値を求め1期先を予測)



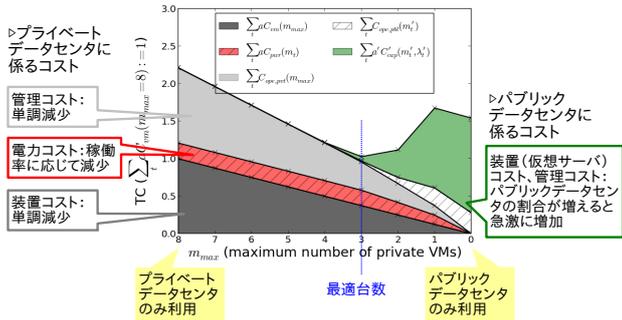
▶ 予測誤差の評価



14

評価結果: 全体コスト

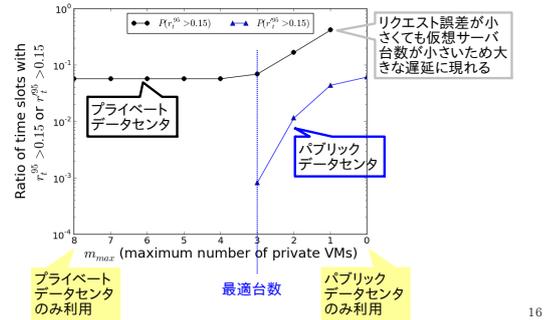
- ▶ 前提条件 (プライベート仮想サーバ最大数 (m_{max})) を変化させながら全体コストを評価



15

評価結果: 応答性能

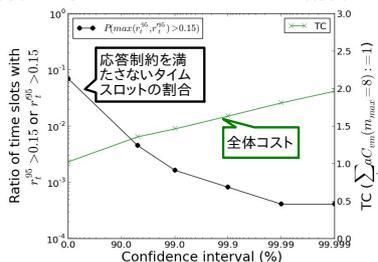
- ▶ リクエスト受信率予測値に従って仮想サーバ台数を決定、実測値の場合に応答制約を守れなかったタイムスロットの割合



16

評価結果: 全体コストと応答性能のトレードオフ

- ▶ リクエスト受信率予測値の信頼区間を大きく取り、応答制約を守れないタイムスロットの割合を改善



- ▶ トレードオフ、本稿の条件設定では応答制約を満たさないタイムスロットの割合を1/100 → 全体コスト2倍

17

まとめと今後の課題

▶ まとめ

- ▶ ハイブリッドクラウドのクラウドバーステイングを対象に全体コストと応答性能を評価
- ▶ ハイブリッドクラウド構成により全体コストを抑制
- ▶ リクエスト受信率に予測誤差があり、応答制約を満たさないタイムスロットの割合と全体コストがトレードオフの関係に

▶ 今後の課題

- ▶ タイムスロットの間隔を短くし (例: 1時間 → 10分)、予測精度を向上
- ▶ リソースプールサイズ (仮想サーバ最大数) を動的に決定、複数アプリケーション間でのプールサイズを動的に最適化

18