

分散コンテンツ管理基盤におけるコンテンツ配置の検討

20-1

高倉 健 寺元 仁 石川 篤

NTT 情報通信研究所

1 はじめに

分散コンテンツ管理基盤(DCC) [1]の機能の中で、メディアサーバ(M-S)の効率的な運用のための1つの課題として、コンテンツ配置の最適化を目指す検討を行った。分散サーバ環境でM-Sの性能を十分に引き出すには、アクセス負荷の分散が必要である。コンテンツ操作を伴う負荷分散の方法として、人気度の高いコンテンツの複製作成(レプリカ)や、負荷の偏りをなくすためのコンテンツ配置の変更(再配置)がある。本稿では、サービス状態の遷移に応じてコンテンツ配置を動的に更新する方法を提案する。

当初のコンテンツ配置に関する研究では、ユーザの要求分布に基づいて通信コストや蓄積コストを評価し、コスト最小となるコンテンツ配置を求めるものが多かったが [2] [3]、最近ではM-Sサービスの品質維持に重点を置き、これを配置決定の目的関数に用いるものが現われてきた [4] [5]。これらのモデルでは、コンテンツのレプリカと再配置を実行するタイミングとして、初期設計時や保守の時間帯を前提にしているため、サービス提供中に設計値を超えるアクセスが集中した場合は考慮されていない。このような過負荷時に、呼損を防止しサービス品質を維持する方法として、予測型コンテンツ配置方式を提案する。本方式では、アクセス負荷の評価を統計情報から得られる予測値で補正し、負荷が限界に達する前にレプリカや再配置を実行することでサービス品質の維持を計る。

2. 実験システムの前提条件

予測型コンテンツ配置方式を検証するためのプロトタイプ構成を図1に示す。DCCサーバ(DCC-S)は自ドメインのM-Sおよびコンテンツの情報を

A Contents Allocation Mechanism on the Distributed Contents Control Platform

Takeshi Takakura, Masashi Teramoto and Atsushi Ishikawa.
NTT Information and Communication Systems Labs.
1-1 Hikarinooka, Yokosuka, Kanagawa 239, Japan

管理し、他ドメインのDCC-Sと情報交換を行う。ドメイン間のコンテンツ流通を行うバックボーンネットワーク(GN)にはATM網を用いており、レプリカや再配置を行う上でのGNへの負荷に耐えられるものとする。また各M-Sにはメディア格納用に唯一つのファイルシステムが存在し、ディスク容量は十分な空き領域(WS)を持つとする。

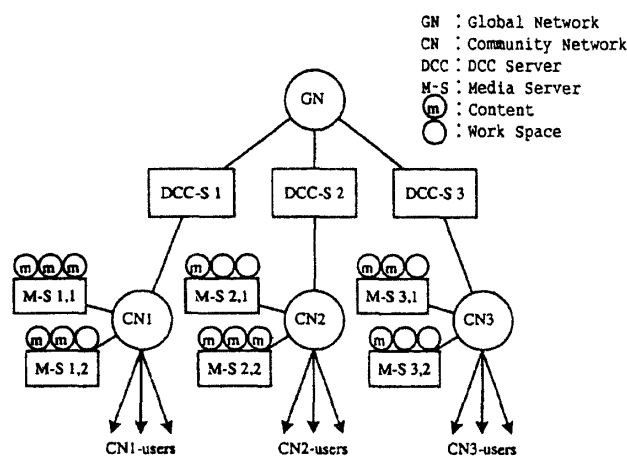


図1: プロトタイプ

レプリカや再配置の実行手順は次の通りである。

1. コンテンツ複製
2. レプリカ配置
3. アクセス先変更
4. 元コンテンツの削除(再配置の場合のみ)

アクセス先の変更を穏やかに行うことでアクセス制御とシステム間の整合性を確保し、ユーザがサービスを利用している最中の再配置を実現する。

3 予測型コンテンツ配置方式

3.1 統計情報の利用

DCCサーバでは、コンテンツ m_k へのアクセスの予測をするために、コンテンツ情報管理機能の一環として収集した次の統計情報を利用する。

アクセス要求分布: $R_{m_k}^i$

コンテンツ m_k へのアクセス数をドメイン CN_i 毎に集計したものである。観測値を要求元の調査に用いる。

到着間隔分布： $A_{m_k}(t)$

アクセス発生 の時間間隔の分布であり、これを基に Δt 後の時刻のアクセス数を推定する。

到着間隔分布は平均値 $1/\lambda$ の指数分布に従うポアソン型到着を仮定し、観測値に応じて $1/\lambda$ を時間変化させる。

サービス時間分布： $S_{m_k}(t)$

アクセス開始から終了までの所要時間の分布である。待ち行列理論では適当な位相のアーラン分布を用いることが多いが、映像系サービスには不適当と思われるので、観測値を反映させたアプリケーション依存型の分布を考案する。

3.2 負荷の評価方法

レプリカや再配置サービスを稼働する契機になるのは、負荷がある“しきい値”を超えた時点である。従って本方式を実現するには、負荷の定量的な評価値が必要になる。

しきい値および負荷評価値は M-S 毎に定義される。ドメイン CN i の M-S ij の負荷評価値 L^{ij} を求めるには、M-S ij のストリーム送信能力と M-S ij に含まれる全コンテンツへのアクセス量を使用する。しきい値 Γ^{ij} は、例えば“許容できる最大アクセス発生時の負荷評価値 L_{max}^{ij} の $x\%$ を超えた場合”のように定義できる。

実際のしきい値は、レプリカや再配置を効率的に実行するために、到着間隔分布とサービス時間分布との統計処理から補正した値を用いる。すなわち時間 t が経過した時点で、新規アクセスユーザによる負荷の増加分 $\Delta L\{A_{m_k}, (m_k \in ij)$ による負荷} を加え、サービス終了ユーザによる負荷の減少分 $\Delta L\{S_{m_k}, (m_k \in ij)$ による負荷} を引いた値を用いて評価する。

3.3 方式概要

しきい値 Γ^{ij} を超えた M-S ij が検出されると、DCC-S は M-S ij が保有する全コンテンツについてのアクセス数を調査する。各 m_k へのアクセス数を見ると、単一コンテンツにアクセスが集中する場合 (1) と複数コンテンツにアクセスが集中する場合 (2) とがあるので、負荷増大の要因となったコンテンツを特定しておく。

次に該当コンテンツのアクセス要求分布 $R_{m_k}^i$ を参照し、最もアクセスが多いのは自ドメイン (a) からなのか、他ドメイン (b) からなのかを判断する。

以上4パターンについて次の各処理を行う。

- (1a) 自ドメインで負荷最小の M-S を選びレプリカを作成する。
- (1b) 他ドメインの中でアクセスの最も多い CN を選び、そのドメインで負荷最小の M-S を選びレプリカを作成する。
- (2a) 自ドメインで負荷最小の M-S を選び再配置を実行する。
- (2b) 他ドメインの中で該当コンテンツへのアクセスが最も多い CN を各々選び、各々のドメインで負荷最小の M-S を選び各コンテンツのレプリカを作成する。

これらのレプリカや再配置の実行内容は、必ずしもその時点での最適解を導くものではないが、平常運用時にコンテンツ新規登録や削除作業が行われることを考えると、1つの現実的な解決策と言えよう。

4 まとめ

サービス提供中に、リアルタイムの負荷情報の変化を契機としてコンテンツのレプリカや再配置を行う予測型コンテンツ配置方式を提案した。

今後の進め方としては、まず DCC プロトタイプに本機能を実装することで、提案した再配置プログラムの動作と有効性を確認する。次にリアルタイム統計処理のオーバーヘッドと負荷分散の改善効果とをシミュレーションを用いて調べ、実測統計分布を定常分布として扱った場合と比較することで、両者のトレードオフについて考察を進める予定である。

参考文献

- [1] 石川 篤, 高倉 健, 寺元 仁, “分散コンテンツ管理基盤の検討”, 55 回情処全大 U2-02 1997.
- [2] Chatschik C. Bisdikian, and Baiju V. Patal, “Issues on Movie Allocation in Distributed Video-on-Demand Systems”, ICC IEEE pp.250-255, 1995.
- [3] 吉田 万貴子, 西尾 真, 中井 正一郎, “分散ビデオサーバにおけるビデオプログラムの最適配置法”, 信学技報 IN95-7(1995-05)
- [4] 五十川 裕, 中島 伊佐美, 堀米 英明, 村上 英世, “サーバ集中トラフィックを処理する自立トラフィック分散方式の提案”, 信学技報 SSE96-132, CQ96-42(1996-12)
- [5] 石原 清輝, 瀬崎 薫, “分散データベース網システムにおけるデータ配置法の検討”, 信学技報 SSE96-143, CQ96-53(1996-12)