

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年8月25日(25.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/132933 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/725 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/053487
- (22) 国際出願日: 2016年2月5日(05.02.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-031523 2015年2月20日(20.02.2015) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社(NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP). 国立大学法人大阪大学(OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 上山 憲昭(KAMIYAMA, Noriaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 高橋 洋介(TAKAHASHI, Yousuke); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 石橋 圭介(ISHIBASHI, Keisuke); 〒

1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 塩本 公平(SHIOMOTO, Kohei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大下 裕一(OHSITA, Yuichi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 村田 正幸(MURATA, Masayuki); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).

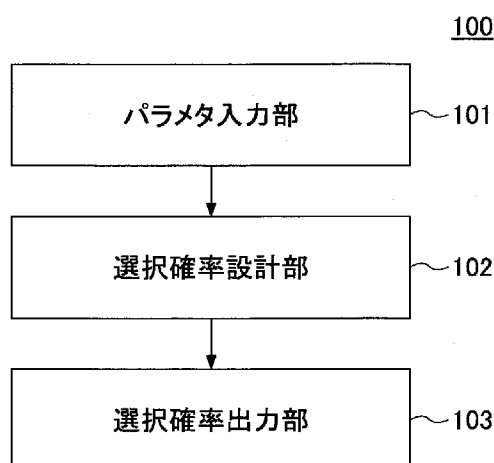
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[続葉有]

(54) Title: DESIGN DEVICE, DESIGN METHOD, AND RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: 設計装置、設計方法及び記録媒体

[図1]



- 101 Parameter input unit
102 Selection probability design unit
103 Selection probability output unit

(57) Abstract: In a CDN, a design device which designs a probability that a delivery server or a delivery route used to deliver content will be selected in response to a delivery request from a user comprises: a parameter input unit which accepts parameters relating to a network, and an estimated demand for delivery requests, as input parameter values; a selection probability design unit which, on the basis of the accepted input parameter values, uses model predictive control to design either a selection probability that a cache server will be selected as a delivery server, or a selection probability of a delivery route, which is a group comprising the delivery server and a delivery path over which the delivery server delivers content, so as to suppress excess delivery requests whereby the delivery request from the user is rejected; and a selection probability output unit which outputs the designed cache server selection probability or the designed delivery route selection probability.

(57) 要約: CDNにおいて、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計する設計装置は、ネットワークに関するパラメタと、配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るパラメタ入力部と、前記受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからの配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組であ

る配信ルートを選択確率をモデル予測制御を用いて設計する選択確率設計部と、前記設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートを選択確率を出力する選択確率出力部とを有する。

WO 2016/132933 A1



ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 設計装置、設計方法及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、設計装置、設計方法及び記録媒体に関する。特に、本発明は、ネットワーク(NW)の複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信するコンテンツ配信NW(Contents Delivery Network、以下、CDN)において、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計する設計装置、設計方法及び記録媒体に関する。

背景技術

[0002] インターネットは個々のフローの状態を網内で管理せず受信アドレスに基づきルーティング処理を行う。各ISP(Internet Service Provider)が管理する単一AS(Autonomous System)内では、OSPF(Open Shortest Path First)により固定的に設定されたリンク重みの総和が最小となる経路上にパケットが転送される。また、フローの受付制御を行わず転送レートは送信ホストが自律的に決定するため、原理的にリンク輻輳が発生し得る。そのため適切な通信品質を維持するために、NWを構成する全てのリンクの負荷が適切な水準以下となるようNWを設計・管理することがISPの主要な課題の一つとなる。リンク負荷は交流トラフィックデマンドの変動や各種障害に起因する経路の変更によって常に変化する。そのため使用率の低いリンクを積極的に利用するようパケットの流れる経路を動的に設定し、リンク負荷の分散を図る経路制御法が数多く検討されている。

[0003] ところで近年、インターネットのトラフィックの多くの部分をWebサービスで用いられるHTTP(Hypertext Transfer Protocol)トラフィックが占めている。例えば2006年～2008年の間に日米間のバックボーンリンクで測定されたトラフィックの分析によると、HTTPパケットが約60%を占めている。またYouTube(登録商標)等のUGC(User-Generated Contents)やVoD(Video On Demand)のリッチコ

コンテンツのトラフィック量も急増しており、インターネット上のトラフィックの多くは、これらコンテンツ配信によるものが大部分を占めている。コンテンツ配信はCDN事業者が運用するCDNを用いて配信される形態が一般的であり、例えばアクセス数上位1,000のサイトの中では74%がCDNを利用している。CDNは多数のNW上に分散配置されたキャッシュサーバにコンテンツのコピーを置きオリジナルサーバに代わって配信することで、ユーザ品質の向上とNW内トラフィック量の抑制を図っている。そのためコンテンツ配信において発生する配信フローの発ノード位置は、コンテンツ配置法やサーバ選択法によって決まり、ユーザ品質やNW内トラフィック量はこれらの制御法に強く影響を受ける。CDNはISPとは独立したAkamai等のCDN事業者により運営され、アプリケーション層においてオーバレイ的にキャッシュサーバから配信を行っており、ISPがサーバ選択法やコンテンツ配置法についての情報を得ることは困難である。そのためISPが経路制御を、CDN事業者がサーバ選択(もしくはコンテンツ配置)を各々、独立して実施している。

[0004] ISPがパケットの転送経路を制御する方式については、これまでに多くの研究が見られる。例えばFortzらはリンクを流れるトラフィック量の関数として定義されたリンクコストの総和が最小化するように、OSPFのリンク重みを設計する方法を提案している。またBensonらは短期間先のトラフィック交流の予測に基づき短い時間周期で経路制御を行う方法を提案しており、Dannaらはユーザに割当てられる帯域の公平性とネットワーク資源の利用効率との間のトレードオフを考慮して適正な経路制御を行う問題を線形計画問題で定式化している。さらにKandulaらはスループットの測定値に基づき適応的に経路を設定する方法を提案している。また目的アドレスより細かな粒度で経路制御を行う方式も検討されており、例えばElwalidらはMPLS(Multi-Protocol Label Switching)を対象に、LSP(Label Switched Path)の経路を総リンクコストが最小化するように最適設計する問題を線形計画問題で定式化しており、HongらやJainらはデータセンタ間NWにSDN(Software Defined Network)を用いることで、細粒度で短期間に経路を切替るTE(Traffic Engineering)方式を提案している

。これらの方式はISPが経路制御を行うことを想定しているが、エンドユーザが実測情報に基づきオンライン最適化により経路を最適選択する方式も検討されている。また様々な経路制御方式の効果を、ユーザ体感品質の観点から分析した研究も見られる。

[0005] 同様にCDN事業者が配信要求に対してどのサーバから配信するかを選択するサーバ選択法に関しても様々な研究が見られる。例えばPoeserらは、ISPがCDN事業者に対してネットワーク状態に関する情報を提供することで、CDN事業者がサーバ選択を適正に行うことを提案している。またサーバ選択ではなく、コンテンツをどの位置にキャッシュするかを制御することで配信元位置の適正化を図る研究も見られる。例えばApplegateらは、キャッシュ容量とリンク帯域との制約条件のもとで、ネットワーク内を流れる総トラフィック量を最小化するように各コンテンツの配置位置を決める問題を混合整数計画問題で定式化している。またTangらはユーザ品質の制約条件を考慮してコンテンツ配置に要するレプリケーションコストを最小化するコンテンツ配置設計法を提案している。

[0006] 以上の技術については、非特許文献1、2を参照されたい。

[0007] しかしISPの経路制御はCDN事業者のサーバ選択の効果に影響を与え、逆にCDN事業者のサーバ選択はISPの経路制御の効果に影響を与えることから、各々の制御方式を検討する際にはISPとCDN事業者の制御が相手の制御結果に与える影響を考慮する必要がある。例えばDiPalantinoらはゲーム理論を用いて両者の戦略をモデル化し、実現される均衡状態について分析している。またISPとCDN事業者が協調してサーバ選択を行う研究も見られ、例えばPoeserらはパッシブキャプチャデータを分析することで、コンテンツ配信時にDNS(Domain Name System)が回答する配信サーバのアドレスには多様性があり、ISPがサーバ選択を行うことでレスポンス時間の改善が期待されることを述べている。またFrankらはCDN事業者とISPとが協調してサーバ選択を行うための必要な情報を交換する方法について提案している。

[0008] また、JiangらはISPが経路を、CDN事業者がサーバ選択を各々独立に行う状

況において、互いの保有する情報を相手に伝えることでどの程度、全体最適な状態に近づくかを分析している。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1：I. Poesse, B. Frank, B. Ager, G. Smaragdakis, and A. Feldmann, Improving Content Delivery Using Provider-aided Distance Information, ACM IMC 2010.

非特許文献2：I. Poesse, B. Frank, G. Smaragdakis, S. Uhlig, A. Feldman, and B. Maggs, Enabling Content-aware Traffic Engineering, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol.42, NO.5, pp.22-28, 2012.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] このようにISPが経路制御を、CDN事業者がサーバ選択(もしくはコンテンツ配置)を各々、適切に行う方式に関して様々な検討が見られる。しかしISPの経路制御はCDN事業者のサーバ選択の効果に影響を与え、逆にCDN事業者のサーバ選択はISPの経路制御の効果に影響を与える。そのためISPとCDN事業者の制御が相手の制御結果に与える影響を考慮する必要がある。

[0011] ところが近年、Google等の大規模コンテンツプロバイダや、AT&T等のTier-1 ISPが自身でCDNを運用するケースも増えてきている。またISPとCDN事業者とが協力し、互いの情報を交換しながら経路制御とサーバ選択を適切に行う方式も提案されている。このようにコンテンツ配信における配信経路とサーバ選択を同時に最適化することが可能な環境が整いつつある。

[0012] 上記のISPとCDN事業者が協調してサーバ選択を行うPoesseらの文献やFrankらの文献では、ISPがサーバ選択を行うことが提案されているが、ISPが同時に経路制御を行うことは考慮されていない。

[0013] また、コンテンツ配信における各コンテンツに対する需要量や人気度は時間的に大きく変化することから、配信経路とサーバ選択を最適化するために

は、ダイナミックに変化する需要に対して適応的に制御する必要がある。そのためには将来の需要を精度よく推定できることが望ましい。コンテンツ人気度の時間的な推移の予測手法が検討されているが、高精度に予測を行うことは困難である。そのため予測誤差も考慮に入れトラヒック予測と連携して各種制御を行うことが有効と思われる。

[0014] Jiangらの文献では、単一時点における全体最適化を目指しており、将来にわたってトラヒック交流が変化し続ける実際のネットワークには適用が困難である。将来のトラヒック需要の予測が困難な複数の期間において適正な状態を実現するためには、時系列的に最適化処理が反復できる方式が求められる。

[0015] 本発明は、CDNにおいて、ユーザからの配信要求が時間的に変化するときユーザからの配信要求が棄却される頻度を抑制し、CDNサービスの向上を図ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] 本発明の一形態に係る設計装置は、

ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信する際に、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計する設計装置であって、

ネットワークに関するパラメタと、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るパラメタ入力部と、

前記パラメタ入力部において受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組である配信ルートの選択確率をモデル予測制御を用いて設計する選択確率設計部と、

前記選択確率設計部において設計されたキャッシュサーバの選択確率又は

配信ルートを選択確率を出力する選択確率出力部と、
を有することを特徴とする。

[0017] また、本発明の一形態に係る設計方法は、

ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信する際に、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計する設計装置における設計方法であって、

ネットワークに関するパラメタと、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るステップと、

前記受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組である配信ルートを選択確率をモデル予測制御を用いて設計するステップと、

前記設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートを選択確率を出力するステップと、

を有することを特徴とする。

[0018] また、本発明の一形態に係る記録媒体は、

ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信する際に、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計するために、コンピュータを、

ネットワークに関するパラメタと、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るパラメタ入力手段、

前記パラメタ入力手段において受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、

又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組である配信ルートを選択確率をモデル予測制御を用いて設計する選択確率設計手段、及び

前記選択確率設計手段において設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートを選択確率を出力する選択確率出力手段、

として機能させるプログラムを記録した記録媒体であることを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、CDNにおいて、ユーザからの配信要求が変化するときユーザからの配信要求が棄却される頻度を抑制し、CDNサービスの向上を図ることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の一実施形態に係る設計装置の構成図

[図2]本発明の一実施形態に係る設計装置のハードウェア構成の例を示す図

[図3]本発明の一実施形態に係る配信サーバ選択確率最適設計装置の構成図

[図4]本発明の一実施形態に係る配信ルート選択確率最適設計装置の構成図

[図5]CDNの動作メカニズムを示す概略図

[図6]モデル予測制御の最適化フローを示す概略図

[図7]本発明の一実施形態に係る配信ルート選択確率最適設計装置に入力される配信ルート集合の例を示す図

[図8A]本発明の一実施形態に係る設計装置の性能評価に用いたCAISのネットワークトポロジの図

[図8B]本発明の一実施形態に係る設計装置の性能評価に用いたVerioのネットワークトポロジの図

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

[0022] 本発明の実施形態では、ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信するCDNにおいて、ユーザからの配

信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバを選択する確率や、配信経路と配信サーバの組である配信ルートを選択する確率を、配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するように設計する手法について説明する。

[0023] <装置構成>

図1は、本発明の一実施形態に係る設計装置100の構成図である。設計装置100は、ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信するCDNにおいて、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバを選択する確率を、配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するように設計する装置である。また、設計装置100は、配信経路と配信サーバの組である配信ルートを選択する確率を、配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するように設計する装置でもある。

[0024] 図2は、本発明の一実施形態に係る設計装置100のハードウェア構成の例を示す図である。設計装置100は、プロセッサ等のCPU (Central Processing Unit) 151、RAM (Random Access Memory) やROM (Read Only Memory) 等のメモリ装置152、ハードディスク等の記憶装置153等から構成されたコンピュータでもよい。例えば、設計装置100の機能及び処理は、記憶装置又はメモリ装置に格納されているデータやプログラムをCPUが実行することによって実現される。

[0025] 設計装置100は、パラメタ入力部101と、選択確率設計部102と、選択確率出力部103とを有する。

[0026] パラメタ入力部101は、配信サーバの選択確率又は配信ルートの選択確率をモデル予測制御 (MPC : Model Predictive Control) を用いて設計するために必要な入力パラメタ値を受け取る。具体的には、パラメタ入力部101は、ネットワークに関するパラメタ及びユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量を受け取る。

[0027] 選択確率設計部102は、パラメタ入力部101において受け取った入力

パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率をモデル予測制御を用いて設計する。また、選択確率設計部102は、キャッシュサーバの選択確率だけでなく、配信サーバがユーザにコンテンツを配信する配信経路も同時に設計してもよい。この場合、選択確率設計部102は、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、配信経路と配信サーバの組である配信ルートを選択確率をモデル予測制御を用いて設計する。

[0028] 選択確率出力部103は、選択確率設計部102において設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートを選択確率を出力する。

[0029] 図1の設計装置100は、図3に示すように、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバを選択する確率を、キャッシュサーバの容量超過により、すなわち、キャッシュサーバの配信能力超過により配信要求が棄却される超過配信要求の頻度を最小化するよう最適設計する配信サーバ選択確率最適設計装置200として構成されてもよい。

[0030] 図3は、本発明の一実施形態に係る配信サーバ選択確率最適設計装置200の構成図である。配信サーバ選択確率最適設計装置200は、パラメタ入力部201と、キャッシュサーバ選択確率最適設計部202と、キャッシュサーバ選択確率出力部203とを有する。ここで、キャッシュサーバ選択確率最適設計部202は、超過配信要求数を抑制すると共に、配信フローの平均ホップ数の低減及び選択確率の変化量の抑制を行ってもよい。すなわち、キャッシュサーバ選択確率最適設計部202は、超過配信要求数の抑制のための目的関数 J_s 、配信フローの平均ホップ数の低減のための目的関数 J_h 、キャッシュサーバの選択確率の変化量の抑制のための目的関数 $J_{v,p}$ を同時に最適化してもよい。

[0031] パラメタ入力部201は、ネットワークにおけるコンテンツに関するパラメタ、キャッシュサーバに関するパラメタ及びユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量を入力パラメタとして受け取る。具体的

には、パラメタ入力部201によって、以下のパラメタが入力される。

- [0032] ・コンテンツ数M
- ・ノード数N
- ・MPCの予測ホライズンH、
- ・キャッシュサーバsのキャッシュサーバ配信容量 $C_{c,s}$ 、
- ・タイムスロットtにおけるユーザuからのコンテンツmに対して発生する配信デマンド量 $d_{u,m,t}$ の需要推定量

[0033] [数1]

$$\hat{d}_{u,m,t}$$

- ・タイムスロットtにおいてコンテンツmを保持するキャッシュサーバ集合

[0034] [数2]

$$S_{m,t}$$

- ・キャッシュサーバsからユーザuまでの経路候補集合

[0035] [数3]

$$R_{s,u}$$

- ・ $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲のタイムスロット k におけるキャッシュサーバ s からユーザ u までのホップ長 $h_{s,u,k}$

- ・ 目的関数 J_s に対する目的関数 J_h の重みパラメータ w_h

- ・ 目的関数 J_s に対する目的関数 $J_{v,p}$ の重みパラメータ $w_{v,p}$

キャッシュサーバ選択確率最適設計部 202 は、パラメタ入力部 201 から入力されたパラメタ値に基づき、キャッシュサーバ s の選択確率 $p_{u,m,k}(s)$ を最適設計し、キャッシュサーバ選択確率出力部 203 によって $p_{u,m,k}(s)$ の設計値が出力される。

[0036] また、図 1 の設計装置 100 は、図 4 に示すように、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバを選択する確率を、配信サーバがユーザにコンテンツを配信する配信経路と共に、配信要求が棄却される超過配信要求の頻度を最小化するよう最適設計する配信ルート選択確率最適設計装置 300 として構成されてもよい。

[0037] 図 4 は、本発明の一実施形態に係る配信ルート選択確率最適設計装置 300 の構成図である。配信ルート選択確率最適設計装置 300 は、パラメタ入力部 301 と、配信ルート選択確率最適設計部 302 と、配信ルート選択確率出力部 303 とを有する。ここで、配信ルート選択確率最適設計部 302 は、超過配信要求数を抑制すると共に、リンクを通る配信フローの総数の低減、配信フローの平均ホップ数の低減及び選択確率の変化量の抑制を行ってもよい。すなわち、配信ルート選択確率最適設計部 302 は、超過配信要求数の抑制のための目的関数 J_s 、リンクを通る配信フローの総数の低減のための目的関数 J_e 、配信フローの平均ホップ数の低減のための目的関数 J_h 、配信ルートの選択確率の変化量の抑制のための目的関数

[0038]

[数4]

$$J_{v,\tilde{p}}$$

を同時に最適化してもよい。

[0039] パラメタ入力部301は、ネットワークにおけるコンテンツに関するパラメタ、キャッシュサーバに関するパラメタ及びユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量に加えて、リンクに関するパラメタを入力パラメタとして受け取る。具体的には、パラメタ入力部301によって、以下のパラメタが入力される。

- [0040]
- ・コンテンツ数M
 - ・ノード数N
 - ・MPCの予測ホライズンH、
 - ・キャッシュサーバsのキャッシュサーバ配信容量 $C_{c,s}$ 、
 - ・リンクeのリンク転送容量 $C_{L,e}$ 、
 - ・タイムスロットtにおけるユーザuのコンテンツmに対する配信ルート集合

[0041] [数5]

$$\Phi_{u,m,t}$$

・タイムスロットtにおけるユーザuからのコンテンツmに対して発生する配信デマンド量 $d_{u,m,t}$ の需要推定量

[0042]

[数6]

$$\hat{d}_{u,m,t}$$

・ タイムスロットtにおいてコンテンツmを保持するキャッシュサーバ集合

[0043] [数7]

$$S_{m,t}$$

・ キャッシュサーバsからユーザuまでの経路候補集合

[0044] [数8]

$$R_{s,u}$$

・ タイムスロットtにおいてキャッシュサーバsからユーザuへの経路候補r
がリンクeを通る場合に1となる二値変数 $I_{s,u,t}(r,e)$ 、

・ $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲のタイムスロットkにおけるキャッシュサーバsからユーザuまでのホップ長 $h_{s,u,k}$

・ 目的関数 J_s に対する目的関数 J_e の重みパラメタ w_e 、

・ 目的関数 J_s に対する目的関数 J_h の重みパラメタ w_h

・ 目的関数 J_s に対する目的関数

[0045] [数9]

$$J_{v,\tilde{p}}$$

の重みパラメタ

[0046] [数10]

$$w_{v,\tilde{p}}$$

配信ルート選択確率最適設計部302は、パラメタ入力部301から入力されたパラメタ値に基づき、配信ルートの選択確率

[0047] [数11]

$$\tilde{p}_{u,m,k}(s,r)$$

を最適設計し、配信ルート選択確率出力部303によって

[0048]

[数12]

$$\tilde{p}_{u,m,k}(s, r)$$

の設計値が出力される。

[0049] 次に、本発明の実施形態に係る配信サーバの選択手法及び配信ルート
の選択手法について、詳細を説明する。

[0050] <想定条件>

ユーザのコンテンツ配信要求に対してCDNは、コンテンツを配信するキャッ
シュサーバ(もしくはオリジナルサーバ)を選択した後に配信を開始する。こ
れら配信に先立つ処理として、本発明の実施形態では、一般的なCDN事業者で
用いられている配信処理を想定する。代表的なCDN事業者の例にはAkamaiがあ
る。

[0051] 図5は、CDNの動作メカニズムを示す概略図である。ユーザは配信元サーバ
のIPアドレスをDNSにより解決する必要があるが、図5の(1)で示すように最
初にローカルDNSサーバにIPアドレスを問い合わせる。要求コンテンツがロー
カルDNSにキャッシュされている場合にはそこからユーザ端末にコンテンツが
配信される。キャッシュされていない場合は、CDN事業者のDNSサーバに問い
合わせるようユーザ端末に回答され、ユーザ端末は図5の(2)に示すようにCD
N事業者のDNSサーバに配信サーバのIPアドレスを問い合わせる。CDN事業者の
DNSサーバは配信に用いるキャッシュサーバを選択してそのIPアドレスをユー
ザ端末に回答する。キャッシュサーバの選択基準はCDN事業者によって決めら
れるが、多くの場合、実測レスポンス時間が短いものやユーザ端末の近くに
存在するものが選択される。

[0052] ユーザ端末は図5の(3)に示すように、回答されたキャッシュサーバにコン

テンツの配信を要求し、該当コンテンツがキャッシュされている場合にはそこから配信される(キャッシュヒット)。キャッシュされていない場合(キャッシュミス)には、そのキャッシュサーバは該当コンテンツのオリジナルを保有するオリジナルサーバに対して要求し、コンテンツを取得する(図5の(4))。そして取得コンテンツをキャッシュしてユーザ端末に配信する。キャッシュ容量が不足する場合には、キャッシュ済みコンテンツの中から何らかのポリシーに基づき選択したものを削除した後に新たに取得したコンテンツをキャッシュする。削除コンテンツの選択ポリシーとしては、最後に要求されてからの経過時間が最大のものを削除するLRU(least recently used)が用いられることが多い。

[0053] システム全体が固定時間長 T のタイムスロット(TS)に離散化されていることを想定する。NWとしては、単一のISPが管理する N 個のノードと E 本のリンクから構成された任意トポロジのNWを想定し、リンク e の伝送容量(各TS内で転送可能な総配信回数)は C_{L_e} で与えられる。各ノードペア i から j のコンテンツ配信に用いる経路の候補集合

[0054] [数13]

$$R_{i,j}$$

が固定的に与えられ、ノードペア i から j に各コンテンツを配信する際、

[0055]

[数14]

$$r \in R_{i,j}$$

の任意の経路 r を選択することで配信経路を決定する。ノード u が収容するユーザをユーザ u と表記する。ユーザ u には、ノード u に直接収容されたユーザや、ノード u が収容する下位のNWが収容するユーザが含まれる。ユーザ u に対するコンテンツ配信フローの目的ノードはノード u となる。

[0056] 同一サイズの M 個のコンテンツがNW全体で提供されており、 TS_t においてユーザ u から生じるコンテンツ m の配信デマンド量(TS_t 内で生じる要求数)を $d_{u,m,t}$ とする。全てのノードにはオリジナルサーバが設置されており、各コンテンツは、任意の一つのノードにのみオリジナルが用意され、全期間を通してオリジナルの位置は不変とし、コンテンツ m のオリジナルはノード o_m に存在する。ノード n に設置されたオリジナルサーバとキャッシュサーバを各々、オリジナルサーバ n 、キャッシュサーバ n と表記し、オリジナルサーバ n とキャッシュサーバ n を合わせてサーバ n と表記する。また配信フローのスループットは同一とする。

[0057] NW上の全てのノードにキャッシュサーバが設置されており、キャッシュサーバ s のストレージ容量(最大キャッシュ可能コンテンツ数)を B_s とする。キャッシュサーバやオリジナルサーバの配信処理容量は有限であり、キャッシュサーバ s が各 TS 内で配信可能な総配信回数の上限を $C_{c,s}$ とする。ユーザ u のコンテンツ m への配信要求に対して選択されたキャッシュサーバ s にコンテンツ m が保持されており(キャッシュヒット)、かつキャッシュサーバ s の配信容量と選択された経路 r が経由する全てのリンクに余裕がある場合には、キャッシュサーバ s からコンテンツ m が配信され、ノード s からユーザ u に対して配信フロー

が発生する。

[0058] 一方、キャッシュミス時やサーバやリンクの配信容量超過時には、コンテンツ m のオリジナルサーバ o_m の配信容量に余裕がある場合にはオリジナルサーバ o_m からコンテンツ m が配信され、ノード o_m からノード s への配信フローとノード s からユーザ u への配信フローが発生し、新たにキャッシュサーバ s にコンテンツ m がキャッシュされる。キャッシュ容量が不足する場合の置換方式としてはLRUを想定する。さらにオリジナルサーバ o_m からのサーバや経由リンクの配信容量が不足する場合には配信要求は棄却され、棄却された要求は超過配信要求として次のTSにおいて再度、発生するものとする。各キャッシュが保持するコンテンツはダイナミックに変化するが、TS t の開始時点においてコンテンツ m を保持しているキャッシュの集合を

[0059] [数15]

$$S_{m,t}$$

とする。

[0060] <モデル予測制御(MPC)>

MPCはシステムの動作(出力)が設定したターゲットに近づくようにシステムのパラメタ(入力)を最適化するのは従来のシステム制御と同様であるが、その際に現時刻だけではなく将来のある一定の区間(予測ホライズン)におけるシステムの振る舞いを考慮した上で、入力の最適化を行う。すなわちTS k の出力を y_k 、出力値のターゲットを Y_k とすると、現TS t において将来のHステップ先の区間 $[t+1, t+H]$ 全体に渡って y_k のターゲットからのずれ

[0061]

[数16]

$$J_1 = \sum_{k=t+1}^{t+H} \| y_k - Y_l \|^2$$

を最小化する入力列 $u(t+1), u(t+2), \dots, u(t+H)$ を導出する。ここで

[0062] [数17]

$$\| x \|$$

は x のユークリッドノルムを表す。上記の最適化を行う際には、TS t において入力 x_k が与えられた際の出力 y_k を予測することが必要となる。システムに入力を与えた時の出力の時間発展関係はシステムモデルとして表され、次式のようなシステムの各TSでの状態 z_k も考慮した状態空間モデルが主に用いられる。

$$z_{k+1} = f(k, z_k, x_k)$$

$$y_k = g(k, z_k, x_k)$$

ここで f と g は入力・出力・状態の関係性を表す関数である。しかしシステムのモデル化の際に誤差が含まれることがあり、それに基づいた出力の予測値

[0063] [数18]

$$\hat{y}_k$$

は誤差が生じ得る。特に先の将来の予測ほど予測誤差が大きくなるため、予測ホライズン $[t+1, t+H]$ において最適化した入力 $x_{t+1}, \dots, x_{t+H}$ の内、実際にシステムに投入するのは直近の x_{t+1} のみとする。以降の入力設定は観測フィードバックを元に予測値を修正し、再度入力の最適化を行うことで決定する。また予測誤差の影響を受けて過剰に入力変更を行いシステムが不安定になる可能性があるため、各TSでの入力の変更量 $\Delta x_k = x_k - x_{k-1}$ を抑えることでシステムを安定化させる。すなわち予測ホライズン $[t+1, t+H]$ 全体においての入力の変更量

[0064] [数19]

$$J_2 = \sum_{k=t+1}^{t+H} \| \Delta x_k \|$$

を J_1 と同時に最小化することを考え、 J_1 と J_2 のバランスを表すパラメタ w を導入し、 $J_1 + wJ_2$ を最小化する入力列 $x_{t+1}, x_{t+2}, \dots, x_{t+H}$ を導出する。 J_2 の重みパラメタ w が大きくなほど、入力の変更量を抑えて現状の入力を維持した制御となる。

[0065] 図6にMPCにおける最適化プロセスを図示する。各TS $t+1$ におけるシステム状態 z_{t+1} は、1時刻前のTS t におけるシステム状態 z_t と入力 x_t から決まる。そしてTS $t+1$ における出力 y_{t+1} は外部から与えられ、TS $t+1$ におけるシステム状態 z_{t+1} と入力 x_{t+1} から決まる。よって $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲の各TS k における入力 x_k を与えたときの、この範囲の各TS k における出力 y_k を $k=t+1$ から順に再帰的に算出することができ、最適化目的関数 $J_1 + wJ_2$ が得られる。そして本目的関数を最小化する非線形最適化問題を $t+1 \leq k \leq t+H$ の各 x_t を対象に求め、TS $t+1$ の入力値 x_{t+1} をシステムに投入する。

[0066] <配信サーバ選択最適化制御へのMPCの適用>

キャッシュサーバ選択確率最適設計部202における配信サーバ選択最適化のためにMPCを適用するときの具体例について以下に説明する。

[0067] MPCのシステム状態 z_t はコンテンツに対して発生する配信デマンド量 $d_{u,m,t}$ となり外部から与えられる。ただしTS t の開始時点では $k \geq t$ の $d_{u,m,k}$ は未知であることから、その推定値

[0068] [数20]

$$\hat{d}_{u,m,k}$$

を代わりに用いる。コンテンツ m をユーザ u に配信する際に用いる配信キャッシュサーバを確定的に設定すると、MPCの最適化関数を最小化する問題は整数計画問題となり短時間で入力値 x_t の最適値を導出することが困難となる。そこで配信キャッシュサーバを確定的ではなく確率的に選択することを考える。すなわちTS t におけるユーザ u のコンテンツ m に対する各要求に対して、

[0069] [数21]

$$S_{m,t}$$

のキャッシュサーバの中から確率 $p_{u,m,t}(s)$ でキャッシュサーバ s を選択する。そのため $p_{u,m,t}(s)$ がMPCの入力 x_t となり、各TSの開始時点において

[0070] [数22]

$$\sum_{s \in S_{m,t}} p_{u,m,t}(s) = 1$$

となる制約条件を考慮して目的関数を最小化する非線形計画問題として定式化できるため、高速に $p_{u,m,t}(s)$ の解を得ることが可能となる。

[0071] コンテンツ配信における配信サーバ選択を最適化する目的としては、キャッシュサーバの負荷の平準化、輻輳によって収容できない超過配信数の抑制、配信フローホップ長の低減、が考えられる。TSt-1におけるサーバsの超過配信回数を $\zeta_{s,t-1}$ とすると、TStにおいてサーバsから配信される配信フローの総数 $g_{s,t}$ は、

[0072] [数23]

$$g_{s,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \hat{d}_{u,m,t} p_{u,m,t}(s) + \zeta_{s,t-1}$$

で与えられ、 $[x]^+$ を $x > 0$ のときに x を、 $x \leq 0$ のとき 0 を表す演算子とすると、 $\zeta_{s,t-1} = [g_{s,t-1} - C_{c,s}]^+$ で得られる。そしてキャッシュサーバの輻輳に関連する目的関数 J_s を次式で定義する。

[0073] [数24]

$$J_s = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{s=1}^N \zeta_{s,k}$$

そして配信フローの平均ホップ長を同時に抑えることを考え、目的関数 J_h を次式で定義する。

[0074]

[数25]

$$J_h = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} h_{s,u,k} \hat{d}_{u,m,k} p_{u,m,k}(s)$$

ただし $h_{s,u,k}$ はTSkにおけるノードsからノードuに至る配信経路のホップ長で、ここでは最短ホップ数を用いる。さらに $p_{u,m,t}(s)$ の変化量を抑えるために目的関数 $J_{v,p}$ を次式で定義する。

[0075] [数26]

$$J_{v,p} = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} |p_{u,m,k}(s) - p_{u,m,k-1}(s)|$$

これら三つの目的関数を同時に考慮するため、 J_h と $J_{v,p}$ の J_s に対する重みを表す実数パラメタ w_h と $w_{v,p}$ を用いて、 $J_s + w_h J_h + w_{v,p} J_{v,p}$ を最小化する以下の非線形計画問題によりTS t の終了時点において、 $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲の各 k に対する $p_{u,m,k}(s)$ を最適化する。

[0076]

[数27]

$$\begin{aligned}
\min \quad & J_s + w_h J_h + w_{v,p} J_{v,p} \\
s.t. \quad & \zeta_{s,t} = [g_{s,t-1} - C_{C,s}]^+, \forall s, \\
& g_{s,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \hat{d}_{u,m,t} p_{u,m,t}(s, r) + \zeta_{s,t-1}, \\
& 0 \leq p_{u,m,t}(s) \leq 1, \forall u, \forall m, \forall s, \\
& \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,t}} p_{u,m,t}(s) = 1, \forall u, \forall m.
\end{aligned}$$

<MPCを用いた配信サーバ選択と経路選択の同時最適化>

配信ルート選択確率最適設計部302における配信サーバ選択と配信経路選択の同時最適化のためにMPCを適用するときの具体例について以下に説明する。

[0077] 便宜上、配信経路と配信キャッシュサーバの組を配信ルートと呼び、MPCを用いてユーザuからのコンテンツmの配信要求に対して用いる配信ルートを最適設計することを考える。Tsにおいて、任意のユーザuとコンテンツmの組に対して存在する配信ルートの集合を

[0078] [数28]

$$\Phi_{u,m,t}$$

とし、当該配信ルートの集合に含まれる配信ルートの中で配信元がs

[0079] [数29]

$$(s \in S_{m,t})$$

で経路がr

[0080] [数30]

$$(r \in R_{s,u})$$

のものを $\phi_{u,m,t}(s,r)$ と表記する。図7にコンテンツmがキャッシュXとキャッシュYに存在する場合の、ユーザAとユーザBに対するコンテンツmの配信ルートを例示する。キャッシュXからユーザAに対しては1本の配信ルート $\phi_{A,m,t}(X,1)$ が、キャッシュYからユーザAに対しては2本の配信ルート $\phi_{A,m,t}(Y,1)$ と $\phi_{A,m,t}(Y,2)$ が各々存在し、同様にキャッシュXとキャッシュYからユーザBに対しては3本と2本の配信ルートが各々存在する場合の例を示している。

[0081] やはり短時間で入力値 x_t の最適値を導出するために、配信ルートを確定的ではなく確率的に選択することを考える。すなわちTStにおけるユーザuのコンテンツmに対する各要求に対して、

[0082]

[数31]

$$\Phi_{u,m,t}$$

の配信ルートの中から確率

[0083] [数32]

$$\tilde{p}_{u,m,t}(s, r)$$

で配信ルート $\phi_{u,m,t}(s, r)$ を選択する。そのため

[0084] [数33]

$$\tilde{p}_{u,m,t}(s, r)$$

がMPCの入力 x_t となり、各TSの開始時点において

[0085]

[数34]

$$\sum_{s \in \mathbf{S}_{m,t}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) = 1$$

となる制約条件を考慮して、目的関数を最小化する非線形計画問題として定式化できるため、高速に

[0086] [数35]

$$\tilde{p}_{u,m,t}(s, r)$$

の解を得ることが可能となる。

[0087] コンテンツ配信における配信キャッシュサーバと配信経路選択を最適化する目的として、NW内に流れるトラフィック量の抑制と、輻輳によって収容できない超過配信数を抑制することが考えられる。トラフィック量抑制のためには配信フローのホップ長の低減が必要であり、超過配信数抑制のためにはリンクや配信サーバの負荷を容量以内に抑える必要がある。配信フローの経路制御はリンク負荷や配信フローホップ長に影響を与える。一方で配信サーバの選択はリンク負荷や配信フローホップ長に加えて、配信サーバ負荷に影響を与える。そのため配信経路と配信キャッシュサーバの組の選択確率を設計する際には、リンク負荷と配信フローホップ長と配信サーバ負荷の三つを予測ホライズン[t+1, t+H]にわたり抑制することを同時に考慮する必要がある。

[0088] $I_{s,u,t}(r, e)$ をTStにおいてノードsからノードuへの経路候補rがリンクeを通る場合に1となる二値変数とし、TSt-1におけるリンクeの超過配信回数を $\eta_{e,t-1}$ と

すると、TStにおいてリンク e を通る配信フローの総数 $f_{e,t}$ は、

[0089] [数36]

$$f_{e,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,t}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} I_{s,u,t}(r, e) \hat{d}_{u,m,t} \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) + \eta_{e,t-1}$$

で与えられる。ただし $\eta_{e,t-1}$ は $\eta_{e,t-1} = [f_{e,t-1} - C_{L,e}]^+$ で得られる。そしてリンク輻
輳に関する目的関数 J_e を次式で定義する。

[0090] [数37]

$$J_e = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{e=1}^E \eta_{e,k}$$

また

[0091] [数38]

$$\tilde{p}_{u,m,t}$$

の変化量を抑えるために、やはり目的関数

[0092]

[数39]

$$J_{v,\tilde{p}}$$

を次式で定義する。

[0093] [数40]

$$J_{v,\tilde{p}} = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} |\tilde{p}_{u,m,k}(s, r) - \tilde{p}_{u,m,k-1}(s, r)|$$

そして二つの目的関数 J_s 、 J_h に加えて、

[0094] [数41]

$$J_e, J_{v,\tilde{p}}$$

とそれらの J_s に対する重み

[0095]

[数42]

$$w_e, w_{v,\tilde{p}}$$

を用いて、

[0096] [数43]

$$J_s + w_e J_e + w_h J_h + w_{v,\tilde{p}} J_{v,\tilde{p}}$$

を最小化する以下の非線形計画問題によりTStの終了時点において、 $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲の各kに対する

[0097] [数44]

$$\tilde{p}_{u,m,k}(s,r)$$

を最適化する。

[0098]

[数45]

$$\begin{aligned}
\min \quad & J_s + w_e J_e + w_h J_h + w_{v,\tilde{p}} J_{v,\tilde{p}} \\
s.t. \quad & \eta_{e,t} = [f_{e,t-1} - C_{L,e}]^+, \forall e, \\
& \zeta_{s,t} = [g_{s,t-1} - C_{C,s}]^+, \forall s, \\
& f_{e,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,t}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \\
& \quad I_{s,u,t}(r, e) \hat{d}_{u,m,t} \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) + \eta_{e,t-1}, \\
& g_{s,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \hat{d}_{u,m,t} \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) + \zeta_{s,t-1}, \\
& 0 \leq \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) \leq 1, \forall u, \forall m, \forall s, \forall r, \\
& \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,t}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) = 1, \forall u, \forall m.
\end{aligned}$$

＜性能評価＞

配信サーバ選択法としては、ユーザuからの配信要求に対して常にキャッシュサーバuのみを使用する場合(L: Local)と、要求されたコンテンツmのコピーを保持する全てのキャッシュサーバの中からユーザuへのホップ長が最短のものを選択する場合(C: Cooperative)と、MPCを用いて配信サーバを最適選択する場合(M: MPC)の三つを考える。一方、経路設定法としては、最短ホップ経路を常に選択する場合(S: Shortest)と、MPCを用いて経路を最適化する場合(M: MPC)の二つを考える。そのためコンテンツ配信NWの実現形態としては、 $3 \times 2 = 6$ の場合について比較し、各々の形態を(配信サーバ選択法)×(経路設定法)という命名規則で表記すると、例えば従来のCDNはL×Sに相当し、M×SとM×Mが本発明の実施形態で説明した形態に相当する。

[0099] 性能評価の比較のため、経路設定法にのみMPCを用いる形態について簡単に説明する。経路設定法にのみMPCを用いる形態は、CDNを運用していないISPがMPCを用いた制御を行う場合に相当し、サーバsからユーザuへの配信要求に対して

[0100] [数46]

$$r \in R_{s,u}$$

の経路rを配信経路として選択する確率

[0101] [数47]

$$p_{s,u,t}(r)$$

が設計対象となる。ISPにとって各コンテンツがキャッシュされている場所や、CDN事業者の配信サーバ選択ポリシーは未知であるため、各ノードペア間に生じるトラフィック需要量を推定することは困難である。しかし多くの場合、要求ユーザの存在するキャッシュが選択されると考えると、キャッシュヒット時にはNW内にトラフィックが発生しないことから、コンテンツmの配信要求に対してはそのオリジナルサーバo_mからユーザuにコンテンツが配信されるものと考え、MPCにより

[0102]

[数48]

$$p'_{s,u,t}(r)$$

を設計する。

[0103] [数49]

$$p'_{s,u,t}(r)$$

の変化量に対する目的関数

[0104] [数50]

$$J_{v,p}$$

を $J_{v,p}$ や

[0105]

[数51]

$$J_{v,\tilde{p}}$$

と同様に定義すると、最適化の目的関数は

[0106] [数52]

$$w_e J_e + w_h J_h + w_{v,\tilde{p}} J_{v,\tilde{p}}$$

となる。

[0107] CAIDAで公開されている米国の二つの商用ISPバックボーンNW、CAISとVerioのNWトポロジを評価に用いた。図8A及び図8Bにこれら二つのNWのトポロジを示す。各々のNWのノード数Nは37と35で、リンク数Eは88と152であり、平均ノード次数は2.38と4.11である。VerioはCAISと比較してノード次数が高く、次数が大きなハブノードが存在するのに対してCAISはノード次数が低くハブノードが存在しない。Verioにおいてはハブノードを経由することで各ノードペア間のホップ距離を短縮することができるため、平均ノード間距離が2.51であるのに対して、CAISの平均ノード間距離は5.05と大きい。

[0108] そしてChina Telecomが提供する商用VoDサービスPowerInfo VoDシステムにおいて収集されたアクセスログデータに従いコンテンツ配信要求を発生させた。本ログデータには2004年6月から12月の7ヶ月間に発生した20,921,657の全配信要求が含まれているが、第162日目から171日目の10日間のログデータを評価に用い、各配信要求に対して各ノードの人口比に比例する確率でラン

ダムに選択したノードから要求を発生させた。ただしキャッシュサーバに全くコンテンツがキャッシュされていない状態からシミュレーションを開始し、最初の3日間はウォームアップ期間として評価対象外として、残りの7日間で得られたデータを評価に用いた。

[0109] 全てのノードにキャッシュサーバが配置されているものとする。評価ログデータに含まれるコンテンツ数が7,500であったが、各キャッシュサーバのストレージ容量を $B_s=7,500/N$ に設定した。ログデータの評価に用いた7日間における一日あたりの最大視聴回数は5,700であったが、各配信サーバの配信容量を $C_{c,s}=5,700 \times 2/N$ に、各リンクの伝送容量を $C_{l,e}=5,700 \times 4/N$ に設定した。また各コンテンツのオリジナルサーバ o_m を、シミュレーション開始時に各ノードの人口比に比例する確率でランダムに設定し、シミュレーション期間中は不変とした。

[0110] TSの期間長を $T=30$ 分とし、経路設定法と配信サーバ選択法のどちらか一方、もしくは経路設定法と配信サーバ選択法の両方にMPCを用いる場合、予測ホライズンを $H=2$ に、各目的関数の重みを

[0111] [数53]

$$w_e = 0.5, \quad w_h = w_{v,p} = w_{v,\tilde{p}} = w_{v,\dot{p}} = 0.001$$

に設定した。また需要予測が正確に行われていることを想定し、配信需要の予測値

[0112]

[数54]

$$\hat{d}_{u,m,t}$$

に実際の値 $d_{u,m,t}$ を用いた。そしてアクセスログに従い発生させたノード u (ユーザ u)からのコンテンツ m の各配信要求に対して、 $p_{u,m,t}(s)$ や

[0113] [数55]

$$\tilde{p}_{u,m,t}(s, r)$$

や

[0114] [数56]

$$p'_{u,m,t}(r)$$

に従い、各々、キャッシュサーバ、配信ルート、経路をランダムに選択した。
。ただし経路候補

[0115]

[数57]

$$R_{i,j}$$

をノードペア i, j 間の3本の k -shortest path(ホップ長が最小となる3本の経路)とした。

[0116] <評価結果>

各TSにおいて発生した配信要求の中で、受けられなかった超過配信要求数の平均値と、配信フローの平均ホップ長に関して6つの形態を比較する。表1と表2に、CAISとVerioの各NWに対して6つの各形態を用いた場合の平均超過配信要求数を各々まとめる。

[0117] [表1]

経路設定法	配信サーバ選択法		
	Local (L)	Cooperate (C)	MPC (M)
Shortest (S)	1548.1	3.69	7.59
MPC (M)	800.3	3.69	7.24

[0118]

[表2]

経路設定法	配信サーバ選択法		
	Local (L)	Cooperate (C)	MPC (M)
Shortest (S)	1980.5	316.9	12.41
MPC (M)	985.4	316.9	11.7

同一の経路設定法を用いて配信サーバ選択法のみを変えた場合の結果の差異は、同一の配信サーバ選択法を用いて経路設定法のみを変えた場合の結果の差異と比較して遥かに大きく、配信サーバ選択法が平均超過配信要求数を決める主要因であることが確認できる。

[0119] 配信サーバ選択法がLocalの場合、各配信要求に対して選択候補となるキャッシュサーバが要求発生ノードに限定されるため、複数のノードのキャッシュサーバが選択候補となるCooperateやMPCの場合と比較して、超過配信要求数が1桁～2桁大きくなる。一方、配信サーバ選択法がCooperateとMPCの場合を比較すると、Cooperateは各配信要求発生時点のキャッシュ状態を考慮して、常に、該当コンテンツが存在するキャッシュサーバの中で要求ユーザへのホップ長が最小となるものが選択されるのに対して、MPCはTSの開始時点におけるコンテンツの配置状態のみに基づきキャッシュサーバの選択確率を設計するため、要求発生時点のコンテンツ配置状態を必ずしも反映したサーバ選択とはなっていない。そのためMPCはCooperateと比較して、NW全体のコンテンツの配置状態を把握することが必要な周期が遥かに長く、制御負荷が低い反面、超過配信要求数は増加することが予想される。

[0120] しかしCAISにおけるCooperateの結果はMPCより僅かに良好な程度に留まっている。さらにVerioにおいては逆に、MPCがCooperateより一桁程度も小さく

、遥かに良好な結果を示している。これはVerioには高次数のハブノードが存在するがハブノードは他ノードからのホップ距離が短く、Cooperateにおいてはハブノードに存在するキャッシュサーバが配信サーバとして選択される機会が多く、これらキャッシュサーバに負荷が集中するためである。そのためハブノードが存在するハブ&スポーク型のNWの場合には、多数のキャッシュサーバが確率的に選択され、選択サーバの多様性が高いMPCを用いた配信サーバ選択法の効果が高くなる。

[0121] また表3と表4に、CAISとVerioの各NWに対して6つの各形態を用いた場合の平均配信フローホップ長を各々まとめる。

[0122] [表3]

経路設定法	配信サーバ選択法		
	Local (L)	Cooperate (C)	MPC (M)
Shortest (S)	3.93	1.99	2.14
MPC (M)	4.10	2.01	2.14

[0123]

[表4]

経路設定法	配信サーバ選択法		
	Local (L)	Cooperate (C)	MPC (M)
Shortest (S)	1.56	1.06	1.11
MPC (M)	1.65	1.08	2.11

やはり経路設定法の違いが結果に与える影響は僅かであり、配信サーバ選択法が平均配信フローホップ長を決める支配要因であることが確認できる。いずれのNWにおいても該当コンテンツを保有する最近接キャッシュサーバからコンテンツを取得するCooperateを配信サーバ選択法に用いた場合に平均ホップ長が最小となっているが、MPCを配信サーバ選択法に用いた場合もほぼ同等の効果が得られる。

[0124] <本発明の実施形態の効果>

以上説明したように、本発明の実施形態によれば、NWの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信するCDNにおいて、各配信要求に対して配信に用いるキャッシュサーバを選択する確率や、キャッシュサーバと経路の組である配信ルートを選択する確率を、MPCを用いて最適設計することで、キャッシュサーバの容量超過により配信要求が棄却される超過配信要求の頻度を最小化できる効果がある。

[0125] 説明の便宜上、本発明の実施形態に係る設計装置（配信サーバ選択確率最適設計装置、配信ルート選択確率最適設計装置）は機能的なブロック図を用いて説明しているが、本発明の実施形態に係る設計装置は、ハードウェア、ソフトウェアまたはそれらの組み合わせで実現されてもよい。例えば、本発明の実施形態は、コンピュータに対して本発明の実施形態に係る設計装置の

各機能を実現させるプログラム、コンピュータに対して本発明の実施形態に係る方法の各手順を実行させるプログラム等により、実現されてもよい。また、各機能部が必要に応じて組み合わせて使用されてもよい。

[0126] 以上、CDNにおいて、ユーザからの配信要求が変化するときユーザからの配信要求が棄却される頻度を抑制し、CDNサービスの向上を図るための手法について説明したが、本発明は、上記の実施形態に限定されることなく、請求の範囲内において、種々の変更・応用が可能である。

[0127] 本国際出願は2015年2月20日に出願した日本国特許出願2015-031523号に基づく優先権を主張するものであり、2015-031523号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

- [0128] 100 設計装置
- 101 パラメタ入力部
- 102 選択確率設計部
- 103 選択確率出力部
- 200 配信サーバ選択確率最適設計装置
- 201 パラメタ入力部
- 202 キャッシュサーバ選択確率最適設計部
- 203 キャッシュサーバ選択確率出力部
- 300 配信ルート選択確率最適設計装置
- 301 パラメタ入力部
- 302 配信ルート選択確率最適設計部
- 303 配信ルート選択確率出力部

請求の範囲

- [請求項1] ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信する際に、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計する設計装置であって、
- ネットワークに関するパラメタと、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るパラメタ入力部と、
- 前記パラメタ入力部において受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組である配信ルートの選択確率をモデル予測制御を用いて設計する選択確率設計部と、
- 前記選択確率設計部において設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートの選択確率を出力する選択確率出力部と、
- を有する設計装置。
- [請求項2] 前記選択確率設計部は、配信フローの平均ホップ数の低減及び選択確率の変化量の抑制を行いつつ、超過配信要求数を抑制するよう、キャッシュサーバの選択確率を設計する、請求項1に記載の設計装置。
- [請求項3] 前記パラメタ入力部は、
- コンテンツ数 M 、
- ノード数 N 、
- モデル予測制御の予測ホライズン H 、
- キャッシュサーバ s のキャッシュサーバ配信容量 $C_{c,s}$ 、
- タイムスロット t におけるユーザ u からのコンテンツ m に対して発生する配信デマンド量 $d_{u,m,t}$ の需要推定量

[数58]

$$\hat{d}_{u,m,t}$$

タイムスロットtにおいてコンテンツmを保持するキャッシュサーバ
集合

[数59]

$$S_{m,t}$$

キャッシュサーバsからユーザuまでの経路候補集合

[数60]

$$R_{s,u}$$

$t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲のタイムスロットkにおけるキャッシュサーバs
からユーザuまでのホップ長 $h_{s,u,k}$ 、

超過配信要求数の抑制のための目的関数 J_s に対する配信フローの平
均ホップ数の低減のための目的関数 J_h の重みパラメタ w_h 、及び

目的関数 J_s に対するキャッシュサーバsの選択確率 $p_{u,m,k}(s)$ の変化量
の抑制のための目的関数 $J_{v,p}$ の重みパラメタ $w_{v,p}$ を受け取り、

前記選択確率設計部は、

タイムスロット $t-1$ におけるキャッシュサーバ s の超過配信回数 $\zeta_{s,t-1}$ に対して、タイムスロット t においてキャッシュサーバ s から配信される配信フローの総数 $g_{s,t}$ を

[数61]

$$g_{s,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \hat{d}_{u,m,t} p_{u,m,t}(s) + \zeta_{s,t-1}$$

により計算し、また、 $x > 0$ のときに x を、 $x \leq 0$ のときに 0 をとる演算子 $[x]^+$ を用いて、 $\zeta_{s,t-1} = [g_{s,t-1} - C_{c,s}]^+$ で $\zeta_{s,t-1}$ を算出し、

目的関数 J_s を

[数62]

$$J_s = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{s=1}^N \zeta_{s,k}$$

により定義し、

更に、目的関数 J_h を

[数63]

$$J_h = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} h_{s,u,k} \hat{d}_{u,m,k} p_{u,m,k}(s)$$

により定義し、

更に、目的関数 $J_{v,p}$ を

[数64]

$$J_{v,p} = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} |p_{u,m,k}(s) - p_{u,m,k-1}(s)|$$

により定義し、

$J_s + w_h J_h + w_{v,p} J_{v,p}$ を最小化する非線形計画問題によって、タイムスロット t の終了時点において $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲のタイムスロット k に対する選択確率 $p_{u,m,k}(s)$ を最適化する、請求項2に記載の設計装置。

[請求項4]

前記選択確率設計部は、リンクを通る配信フローの総数の低減、配信フローの平均ホップ数の低減及び選択確率の変化量の抑制を行いつつ、超過配信要求数を抑制するよう、配信ルートを選択確率を設計する、請求項1に記載の設計装置。

[請求項5]

前記パラメタ入力部は、
コンテンツ数 M 、
ノード数 N 、
モデル予測制御の予測ホライズン H 、

キャッシュサーバsのキャッシュサーバ配信容量 $C_{c,s}$ 、
リンクeのリンク転送容量 $C_{l,e}$ 、
タイムスロットtにおけるユーザuのコンテンツmに対する配信ルート集合
[数65]

$$\Phi_{u,m,t}$$

タイムスロットtにおけるユーザuからのコンテンツmに対して発生
する配信デマンド量 $d_{u,m,t}$ の需要推定量
[数66]

$$\hat{d}_{u,m,t}$$

タイムスロットtにおいてコンテンツmを保持するキャッシュサーバ
集合
[数67]

$$S_{m,t}$$

キャッシュサーバsからユーザuまでの経路候補集合

[数68]

$$R_{s,u}$$

タイムスロット t においてキャッシュサーバ s からユーザ u への経路候補 r がリンク e を通る場合に1となる二値変数 $I_{s,u,t}(r,e)$ 、

$t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲のタイムスロット k におけるキャッシュサーバ s からユーザ u までのホップ長 $h_{s,u,k}$ 、

超過配信要求数の抑制のための目的関数 J_s に対するリンク e を通る配信フローの総数の低減のための目的関数 J_e の重みパラメタ w_e 、

超過配信要求数の抑制のための目的関数 J_s に対する配信フローの平均ホップ数の低減のための目的関数 J_h の重みパラメタ w_h 、及び

目的関数 J_s に対する送信元が s で経路が r の配信ルート $\phi_{u,m,t}(s,r)$ の選択確率

[数69]

$$\tilde{p}_{u,m,t}(s,r)$$

の変化量の抑制のための目的関数

[数70]

$$J_{v,\tilde{p}}$$

の重みパラメタ

[数71]

$$w_{v,\tilde{p}}$$

を受け取り、

前記選択確率設計部は、

タイムスロットt-1におけるリンクeの超過配信回数 $\eta_{e,t-1}$ に対して、タイムスロットtにおいてリンクeを通る配信フローの総数 $f_{e,t}$ を

[数72]

$$f_{e,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,t}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} I_{s,u,t}(r, e) \hat{d}_{u,m,t} \tilde{p}_{u,m,t}(s, r) + \eta_{e,t-1}$$

により計算し、また、 $x > 0$ のときにxを、 $x \leq 0$ のときに0をとる演算子 $[x]^+$ を用いて、 $\eta_{e,t-1} = [f_{e,t-1} - C_{L,e}]^+$ で $\eta_{e,t-1}$ を算出し、
 目的関数 J_e を

[数73]

$$J_e = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{e=1}^E \eta_{e,k}$$

により定義し、

タイムスロット $t-1$ におけるキャッシュサーバ s の超過配信回数 $\zeta_{s,t-1}$ に対して、タイムスロット t においてキャッシュサーバ s から配信される配信フローの総数 $g_{s,t}$ を

[数74]

$$g_{s,t} = \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} \hat{d}_{u,m,t} p_{u,m,t}(s) + \zeta_{s,t-1}$$

により計算し、また、 $x > 0$ のときに x を、 $x \leq 0$ のときに 0 をとる演算子 $[x]^+$ を用いて、 $\zeta_{s,t-1} = [g_{s,t-1} - C_{c,s}]^+$ で $\zeta_{s,t-1}$ を算出し、

目的関数 J_s を

[数75]

$$J_s = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{s=1}^N \zeta_{s,k}$$

により定義し、

更に、目的関数 J_h を

[数76]

$$J_h = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} h_{s,u,k} \hat{d}_{u,m,k} p_{u,m,k}(s)$$

により定義し、

更に、目的関数

[数77]

$$J_{v,\tilde{p}}$$

を

[数78]

$$J_{v,\tilde{p}} = \sum_{k=t+1}^{t+H} \sum_{m=1}^M \sum_{u=1}^N \sum_{s \in \mathbf{S}_{m,k}} \sum_{r \in \mathbf{R}_{s,u}} |\tilde{p}_{u,m,k}(s, r) - \tilde{p}_{u,m,k-1}(s, r)|$$

により定義し、

[数79]

$$J_s + w_e J_e + w_h J_h + w_{v,\tilde{p}} J_{v,\tilde{p}}$$

を最小化する非線形計画問題によって、タイムスロット t の終了時点において $t+1 \leq k \leq t+H$ の範囲のタイムスロット k に対する選択確率

[数80]

$$\tilde{p}_{u,m,k}(s, r)$$

を最適化する、請求項4に記載の設計装置。

[請求項6]

ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信する際に、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計する設計装置における設計方法であって、

ネットワークに関するパラメタと、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るステップと、

前記受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組である配信ルートの選択確率をモデル予測制御を用いて設計するステップと

、

前記設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートを選択確率を出力するステップと、

を有する設計方法。

[請求項7]

ネットワークの複数のノードに分散配置されたキャッシュサーバを用いてコンテンツを配信する際に、ユーザからの配信要求に対してコンテンツの配信に用いられる配信サーバ又は配信ルートを選択する確率を設計するために、コンピュータを、

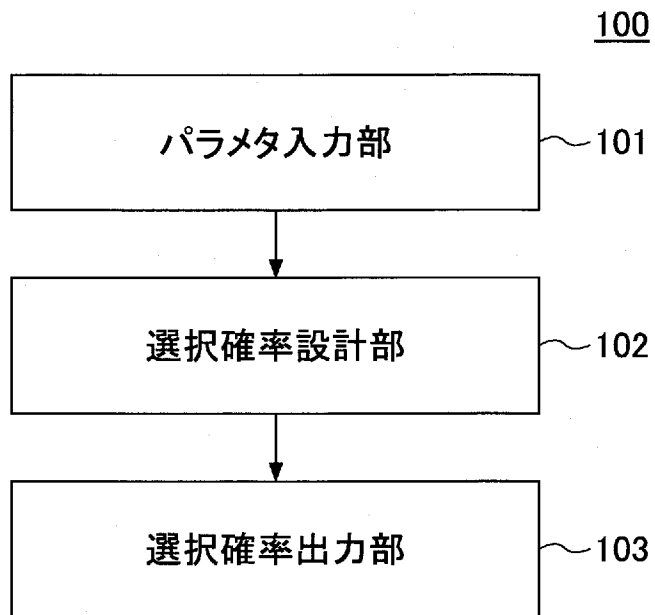
ネットワークに関するパラメタと、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求の需要推定量とを入力パラメタ値として受け取るパラメタ入力手段、

前記パラメタ入力手段において受け取った入力パラメタ値に基づき、ユーザからのコンテンツに対して発生する配信要求が棄却される超過配信要求を抑制するよう、キャッシュサーバが配信サーバとして選択される選択確率、又は、配信サーバがコンテンツを配信する配信経路と配信サーバの組である配信ルートを選択確率をモデル予測制御を用いて設計する選択確率設計手段、及び

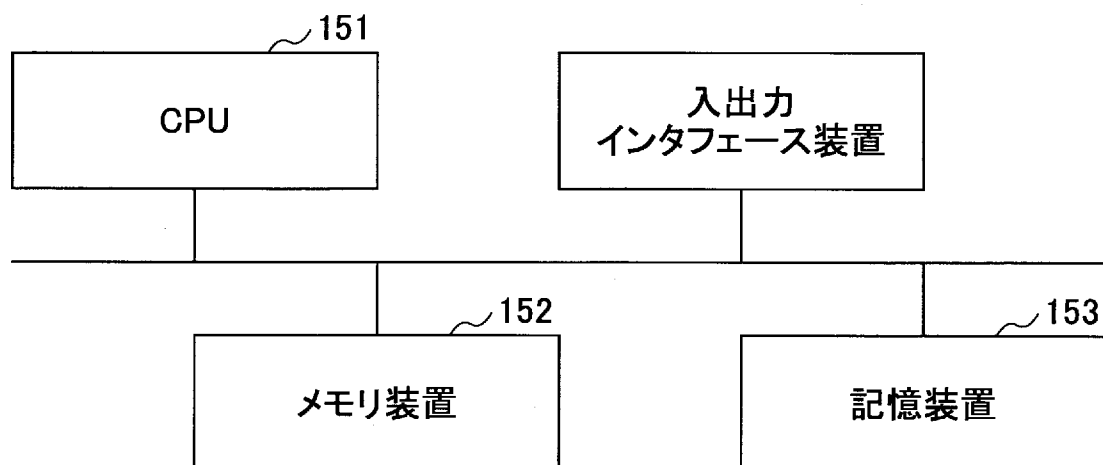
前記選択確率設計手段において設計されたキャッシュサーバの選択確率又は配信ルートを選択確率を出力する選択確率出力手段、

として機能させるためのプログラムを記録した記録媒体。

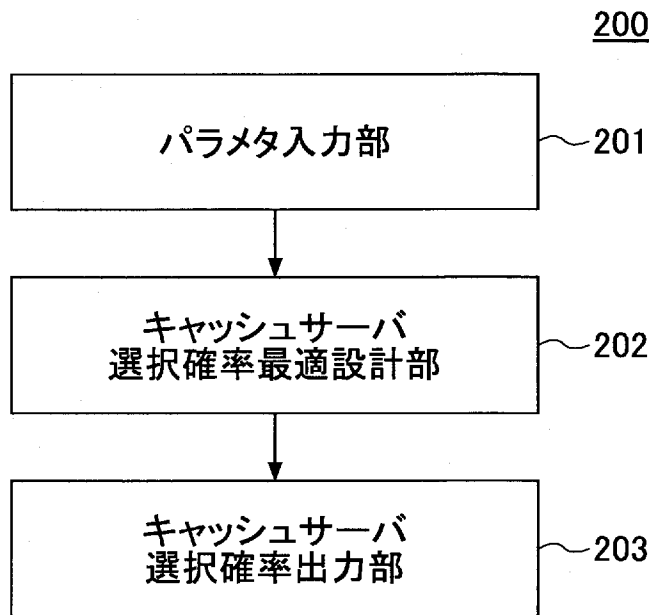
[図1]



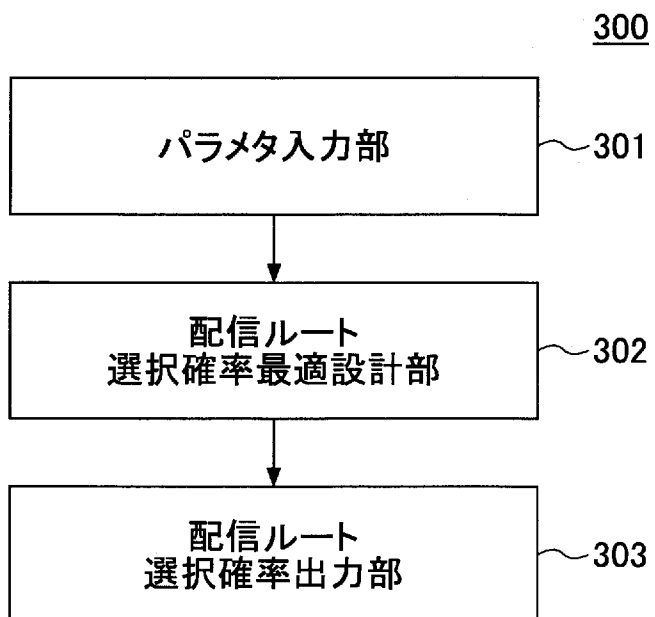
[図2]



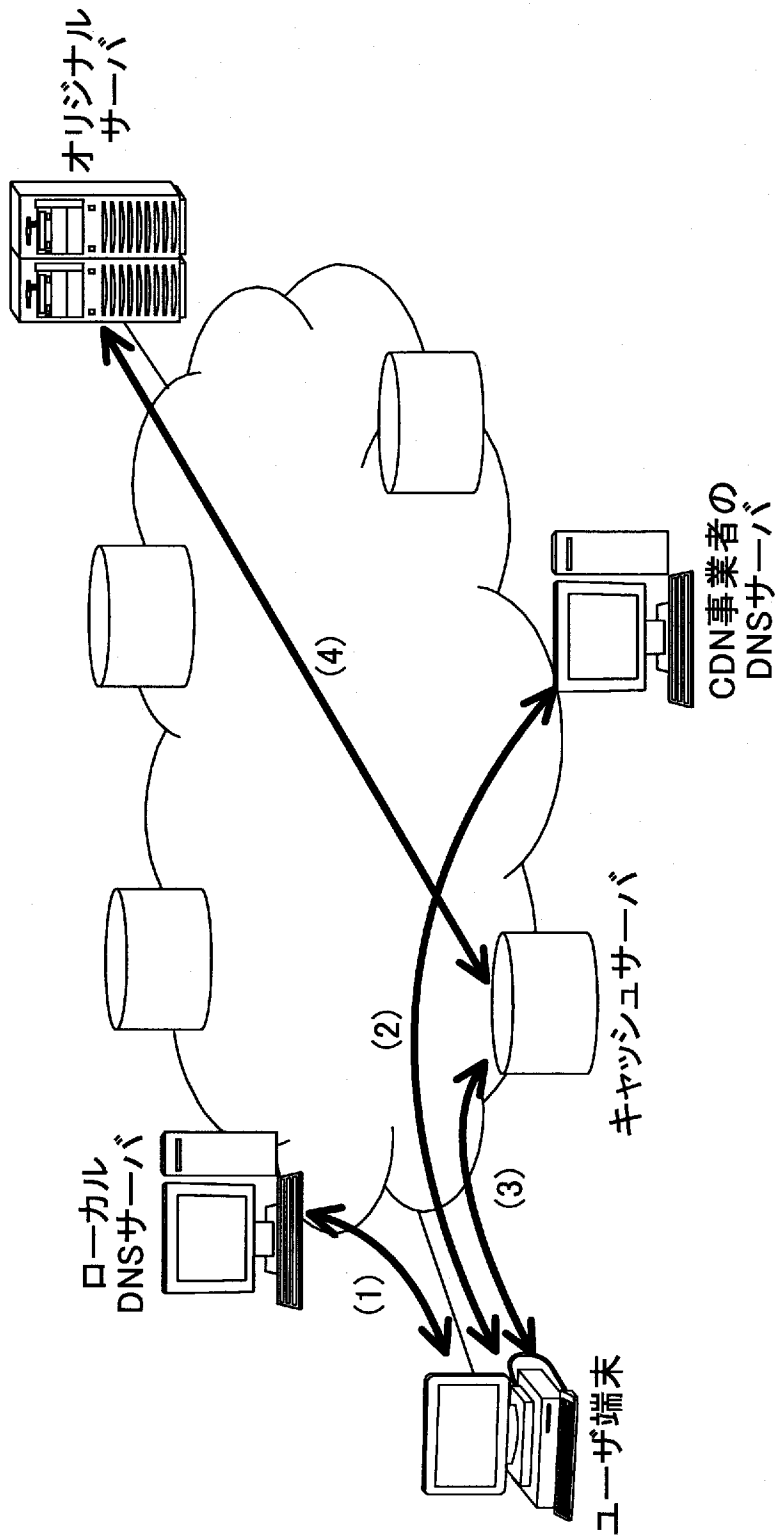
[図3]



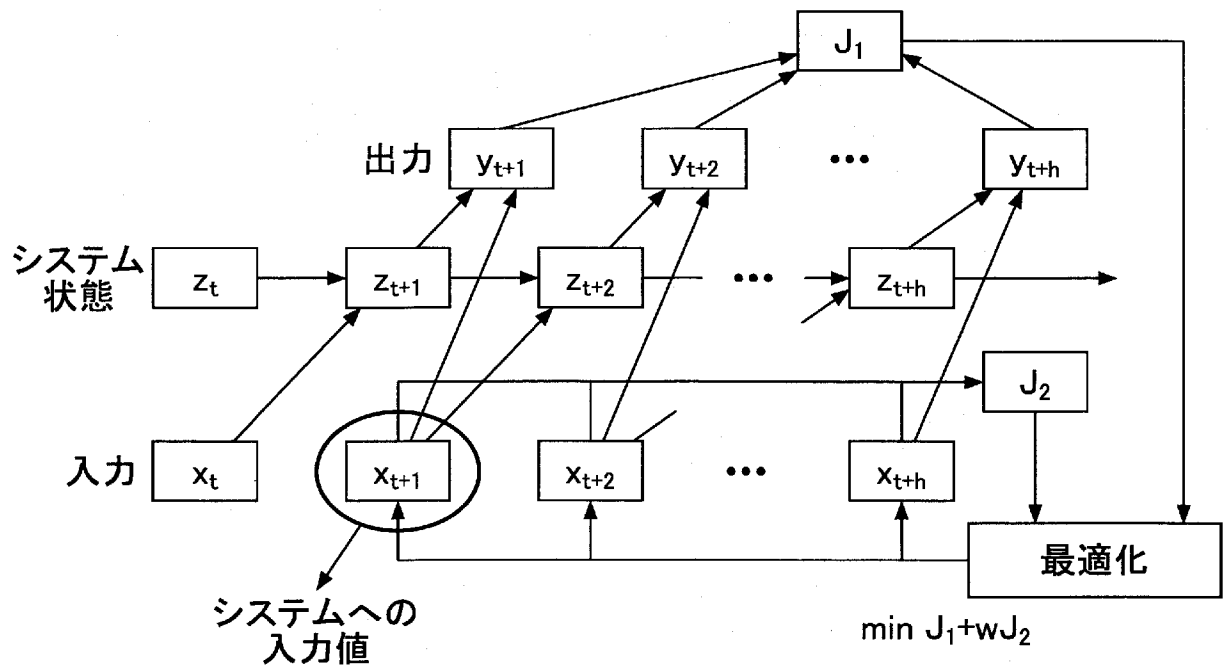
[図4]



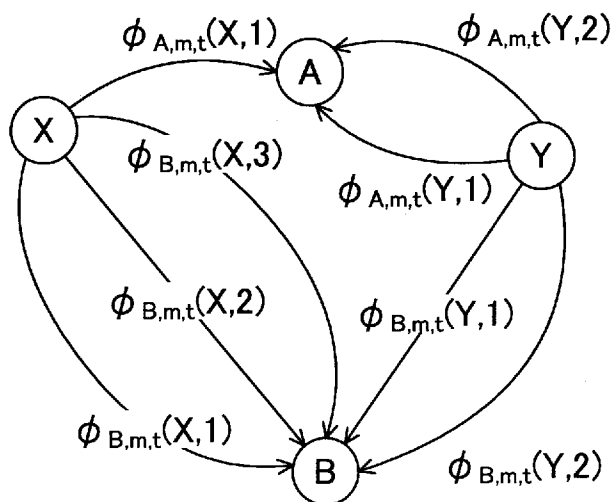
[図5]



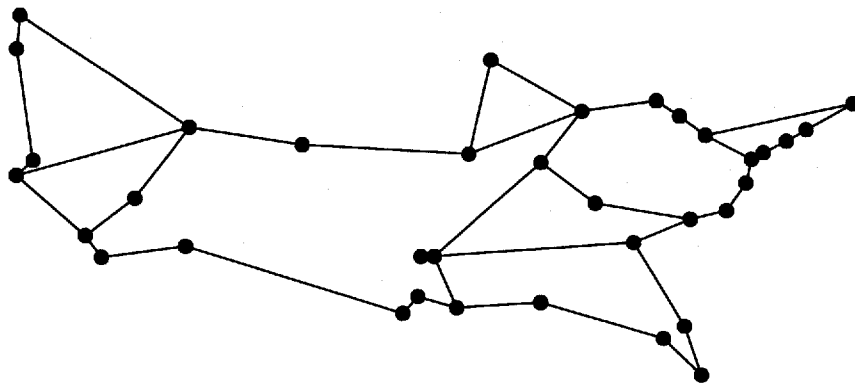
[図6]



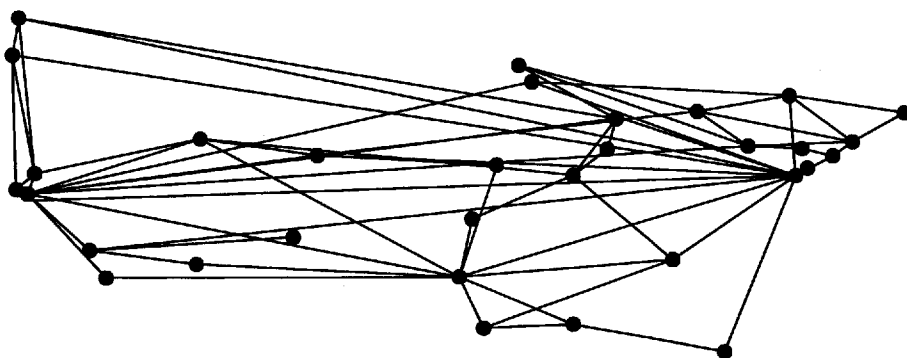
[図7]



[図8A]



[図8B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/053487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/725(2013.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L12/00-12/28, H04L12/44-12/955

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-199842 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 09 September 2010 (09.09.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2010-057107 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 11 March 2010 (11.03.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 March 2016 (04.03.16)

Date of mailing of the international search report
15 March 2016 (15.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04L12/725(2013.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04L12/00-12/28, H04L12/44-12/955

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-199842 A（日本電信電話株式会社）2010.09.09, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2010-057107 A（日本電信電話株式会社）2010.03.11, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-7

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.03.2016

国際調査報告の発送日

15.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

浦口 幸宏

5 X

3358

電話番号 03-3581-1101 内線 3596