

Mobile Campus Notesの設計と実現

橋本 英俊、堀口 雅志、中辻 さよ、安川 竜市、山口 慎太郎、秋山 義博
金沢工業大学 人間・情報・経営系、情報工学研究科
921 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1

Mobile Campus Notes (MCN) は、学生が授業、演習、図書館情報検索、研究プロジェクトなどのキャンパス活動を総合的にを行うことについての支援研究プロトタイプである。このシステム利用者は、学生が主であるが、教員、職員、システム管理者も含まれる。一般にこのようなシステムの利用機能は多岐にわたり、複数アプリケーションがモバイルネットワークを含むイントラネット上に実装される。この論文では、様々な分散複合アプリケーションと分散ユーザを想定するイントラネットシステムの分析設計方法を明かにし、イントラネット上に複数アプリケーションサーバーを適性に配置する方法について詳しく述べる。

On Designing and Implementation of Mobile Campus Notes

Hidetoshi Hashimoto, Masashi Horiguchi, Sayo Nakatsuji, Ryuuichi
Yasukawa, Shintarou Yamaguchi, Yoshihiro Akiyama,

Information & Computer Engineering, Kanazawa Institute of Technology
7-1 Ohgigaoka Nonoichi, Ishikawa Ishikawa 921 Japan

Mobile Campus Notes (MCN in short) is an research prototype of intranet system, including mobile networks, for supporting campus member's daily activities on such as lectures, workshops, accessing library information, laboratory research. Users of the system are students, teaching staffs, university office and systems administration staffs, etc.. Such applications are multipurpose and implemented over the intranet networks. This paper describes a analysis and design method for such intra/inter application systems that need to be implemented over an intranet network. Particularly, an algorithm of the optimized assignment of application servers over intranet network nodes is proposed.

はじめに

イントラネット上に実現されるアプリケーションシステムは、多数のユーザが多目的に利用する。しかしながら、そのアプリケーション群のそれぞれは個別・独立に開発され、そのサーバーも、開発者が速やかにアクセスできる近くのシステムに導入される場合が多い。このアプローチの抱える2つの重要な問題は、情報の重複と回線負荷の特定回線への偏りであり、解決方法はまだ提案されていない。

モバイルネットワークを含めたイントラネットの場合、そのネットワークとアプリケーションシステムおよび利用の管理が可能であることから、この問題の解決方法を確立することが出来る。

基本方針

多目的システムの分析設計に於いては、機能と情報の重複排除、データ項目間の正しい関連付け（データの正規化）、多数のユーザによる更新を含めた情報アクセスの許可、を先ず明らかにしなければならない。これは、各ユーザグループの要求機能名とデータ項目名の全部を求め、それらの間の重複や相互関係を明らかにするプロセスである。次に、このようにして得られる機能名・データベース名について、強い関連を持つものをまとめ、そのひとつのクラスターをひとつのA・サーバーとして定義する。”強い関連”とは、実行機能順序やひとつの機能に関して生成、更新、削除などの操作対象データベース名群である。このA・サーバーは情報管理の単位となり、この単位を崩すと、情報が正しく保持できなくなったり、データアクセスが分散する結果となる可能性が高くなる。

上で求めたそれぞれの機能は、ひとつ以上の処理シナリオとして実現され、それは、ユーザが行う操作とA・サーバー上のデータベースをアクセスする操作の順次的なプロセスとして表される。ひとつのシナリオは、クライアントシステムに於

いて実行され、入力データを必要な分だけA・サーバーに転送し、又、そのシステムのデータベースをアクセスしながら、一方では、得られた情報をディスプレイ表示する。シナリオの単位時間当たりの実行回数を与えれば、A・サーバーへのアクセス回数に分かる。これより、クライアントとA・サーバー間の単位時間当たりの総データ転送量（トラフィック量）を計算出来る。

一般に、イントラネット内のネットワークノード（これを簡単にN・サーバーと呼ぶ）のどれにユーザ・クライアントシステムのが位置するかは決まっていると仮定して良いだろう。以下ではこの場合を考える。次に、イントラネット内のN・サーバーにA・サーバーを割り当てることを考えて、この適性割り当てが分かればネットワーク全体の使用率を平均化し一方ユーザに対する応答時間を短縮化を適正に計ることが出来る。そこで、N・サーバーとそれらを接続するためのLAN回線情報を利用し、回線使用率と応答時間に関しての目的評価関数を作成する。A・サーバーの適性配置は、この評価関数に最小値を与えるような割り当て組みである。

PHSなどを利用するPCからのアクセスは、決まった番号システムにログインする、そのPCは移動可能であることから Terminal Mobility を有すると言う。一方、ユーザが別PCシステムに移動しシステムにログインする場合を Personal Mobility を有すると言い、この場合、確率的にアクセスポイントが移動するために、その確率分布に比例してA・サーバーへのアクセスが与えられる方式を考えることが出来る。これは、Terminal Mobility の場合のモデルに帰着出来ることを示している。この論文では、簡単のために、Terminal Mobility だけを想定する。

以下で、上位レベルのシステム分析方法、詳細な概略シナリオ分析設計法、クライアントとA・サーバー間の論理トラフィック量の求め方、最後にA・サーバーのN・サーバーへの適性配置アルゴリズムを述べる。

上位レベル (グローバル) システム分析

1. 目標

モバイルネットワークを含むイントラネット上に現れるユーザとその利用情報について、データベースと機能を同定する。更に、これらの間の関連の中で強いものをまとめクラスター化を行う。そのひとつのクラスターをA・サーバーとして導出すること。

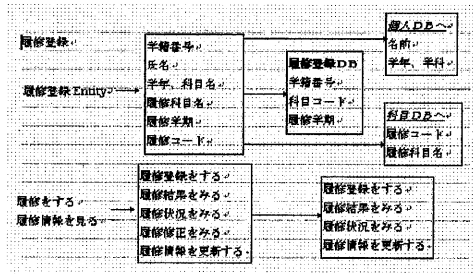


図1 データベース、機能の導出方法

2. データベース、機能の同定

まず、利用対象のユーザが処理させたい機能と関連データを全て収集する。この場合、名前の重複、不整合、不足、過分等が発生することから、それぞれを正規化されたデータ、独立なファンクションにきっちり定義する。履修登録情報の例について分析すると、図1のように正規化出来る。これにより得られたエンティティについて、エンティティ・リレーションシップダイアグラムを作成する。これにより、データベース間のつながりも明らかになっている。

3. サブシステム (A・サーバー) とその境界の同定

サブシステムを導出するために、上で得られたデータベースと機能の関係を (生成・更新・削除アクセスを”C”で、その他のアクセスを”R”で表す) ファンクション / エンティティ タイプマトリクスで表し(図2参照)、クラスター化を行う。このクラスター化を行う際には、”C”印を持つDBと機能あるいは実行順序の付いている

機能群 (強い関係を持つ) を互いに近くに配置する。このようにして得られる一つのクラスターを一つのサブシステムとして定義する (図3参照)。

	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	DB8
Function1			C	C	R			
Function2					C	C		
Function3							C	C
Function4	R			C	R	R		
Function5	C	C	R					R
Function6				R	R	C		
Function7			R					
Function8		C						R

図2 クラスター化前

	DB1	DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	DB8
Function5	C	C	R					R
Function8		C						
Function1			C	C	R			
Function4	R			C	R	R		
Function7			R					
Function2					C	C		
Function6				R	R	C		
Function3							C	C

図3 IEでのクラスター化後

この図に於いて、太線で囲まれたひとつのDB群がひとつのA・サーバーとして定義する。このようにして得られる機能の集合を{F}とし、サブシステムを{sa}とする。

サブシステム分析 (ユースケース法の場合)

1. 要求分析

システム分析に於いては、組織の観点と、ユーザの観点からの要求が重要である。すなわち、MCNシステムでは、学生や職員、教授などのユーザの観点からのシステム要求を分析し、設計する必要がある。

そこで、IEによる分析で定められたFunctionから、ユースケースアプローチを用いた分析設計を行うケースとして述べる。

例として、まず共同論文執筆に関する要求仕様の一部を示す。

<論文共同執筆概略>

・卒業論文を、研究グループで分担執筆する。

・作成した論文文書をチェックし合ったり、担当教授のアドバイスも受けながら論文作成・編集作業を行う。

・研究や研究論文に関するディスカッションも自由に行える。

2. 要求モデル

システムの提供すべき機能を定め、システム内で何が起こるかを定義するために要求モデルを作成する。

まず、ユーザの役割から定義された Actor とシステムが順次発生させる操作と事象をユースケースとして記述する。同時に、ユーザインタフェース記述を作成することによりユースケースを詳細化する。また、共通部分を抜き出すことによりユースケースの重複を排除する。

共同論文執筆のユースケースの一部を次に示す。

<要求モデル>

グループ	論文コンポーネント	作成者	作成日
MCG	表紙	中辻 さよ	'97.12.10
MCG	論文概要	堀口 雅志	'98.1.5
MCG	目次	中辻 さよ	'97.12.20
MCG	研究分担	安川 竜市	'98.12.2
MCG	1. 背景	堀口 雅志	'98.1.6
MCG	1.1.2 Mobile環境	山口 慎太郎	'98.1.4
MCG	1.1.3 日々変化する	安川 竜市	'98.1.5
MCG	1.3 アプローチ	中辻 さよ	'98.1.7

図4 ユーザインタフェース記述

論文レビュー&編集ユースケース

1. 共同論文執筆 Win の論文文書ビューから、レビュー・編集したい文書を選び、文書開くを選択。論文作成 Win で選択した文書を表示。

論文文書レビュー・編集。

2. 更新ボタンを選択。

文書が更新保存される。

3. 分析モデル

各ユースケースからオブジェクトを抽出し、システム内のオブジェクトの構造を図示することで、要求モデルを構造化する。この段階で、オブジェクトのグループ化を行い、サブシステムを定

めることができる。前に示したユース・ケースから、次のモデルが得られる。

<分析モデル>

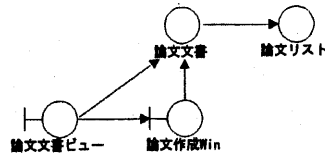


図5 論文レビュー&編集ユースケース

4. 設計モデル・実装

設計モデルでは、実際のシステム環境を考慮し、ユースケースごとにインタラクション図を作成する。この図ではオブジェクト間のやり取り（操作）を明確に示すことができる。実装する際には、この操作がオブジェクトの機能として実装される。

<インタラクション図>

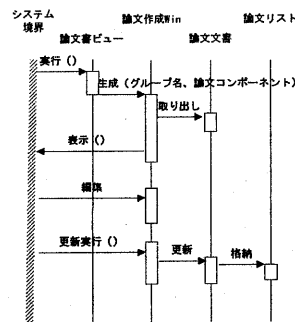


図6 論文レビュー&編集ユースケース

論理トラフィック量計算

以上の情報から、全クライアントと全A・サーバー間の単位時間当たりのデータ転送量を求める事を考える。そこで、次のパラメータを定義できる。

クライアント a が機能 F_i を単位時間に実行する回数を f_{ai} とする。この値によって、各クライアントに対して実行する機能を選択指定できる。又、機能 F_i の実行当りの（入力、出力）データ量を (n_{is}, d_{is}) とする。ここで、一般にクライアント a と A・サーバー s 間の通信路は通常一つに

決められるので、この入力と出力方向のデータ転送量の和をその通信経路に沿ったデータ量とすべきである。この時、単位時間当たりの全データ量 T_{as} は次式で与えられる。

$$T_{as} = \sum_{i=1}^{|F_i|} f_{ai} \times (n_{is} + d_{is}) \quad (1)$$

A・サーバーのイントラネットへの適性配置

1. 基本方針

N ・サーバーに A ・サーバーを割り当てる組み合わせのなかから、回線使用率及び、応答時間が最も適切である組み合わせを求める。

応答時間は回線使用率の増加に伴い長くなる。回線使用率を低くすることで応答時間の短縮かを計ることが出来るが、回線の使用率を必要以上に低くすることは効率的であるとはいえない。そこで、次の式を導入する。

$$\text{評価式} : I[C] = a(Ts/W) + b\rho \quad (2)$$

ここで、回線使用率： ρ 、1パケット当りのData転送時間： Ts 、1パケット当りの平均待ち時間： W とする。

この評価式では、 ρ の増加に伴い Ts/W は減少する。また係数 a, b は回線使用率と応答時間のどちらをどの程度重要視するかを示し、 $a+b=1$ を満たす非負数である。この評価式 $I[C]$ を最小値とするような ρ と W が最も目的に合った回線使用率と応答時間であることを示している。(図7)

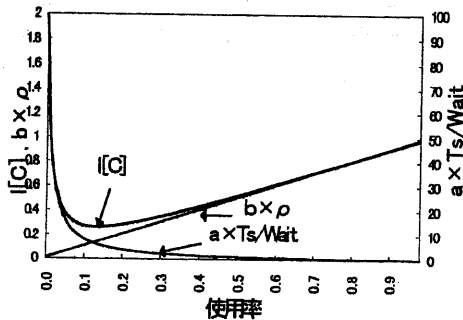


図7 使用率—平均待ち時間 評価式

3. 計算方法 (アルゴリズム)

システム分析から得られた情報を用い、前述の評価式を適用し、システム全体の評価を行う。

アルゴリズムで用いる要素と導出計算式を示す。

$P_{aj\alpha}$ = クライアント a ・ N ・サーバー経路回線番号,

L_{α} = 回線 α の回線速度,

クライアント a ・ A ・サーバー間トラフィック量 X_{as}

$$= T_{as} \times (1 + \text{Overhead}/\text{Packetsize}), \quad (3)$$

回線 α のラフィック量 V_{α}

$$= \sum_{P_{aj} \in P_{aj\alpha}} X_{as}, \quad (4)$$

回線 α の回線使用率 $\rho_{\alpha} = V_{\alpha} / L_{\alpha}$, (5)

回線 α での1パケット当り Data 転送時間 T_{α}

$$= (\text{Overhead} + \text{Packetsize}) / L_{\alpha}, \quad (6)$$

回線 α での1パケット当たりサービス時間 μ_{α}

$$= 1 / T_{\alpha}, \quad (7)$$

回線 α のパケット発生数 $\lambda_{\alpha} = \rho_{\alpha} \times \mu_{\alpha}$, (8)

回線 α での1パケット当り平均待ち時間 W_{α}

$$= \rho_{\alpha} / (\mu_{\alpha} - \lambda_{\alpha}) \quad (9)$$

全ての経路回線の評価結果の平均をとったものをシステム全体の評価関数とする時、次式を得る：

$$I[C_1, \dots, C_{\alpha}] = (1/|P|) \sum_{\alpha=1}^{|P|} (a(Ts_{\alpha}/W_{\alpha}) + b\rho_{\alpha}) \quad (10)$$

これより適性配置アルゴリズムは

$I[C_1, \dots, C_{\alpha}]$ が最小値となるような

割り当て組 (A_1, \dots, A_m) を求める

となる。

4. 事例：適性配置アルゴリズムの適用

導出した、適性配置アルゴリズムをMCNに対して適用する。

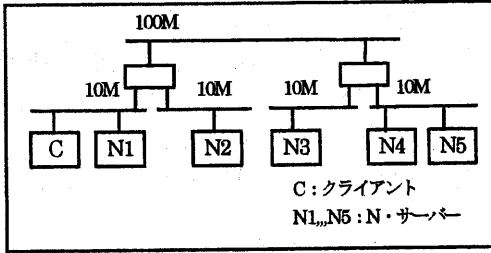


図8 N・サーバー / LAN 情報

図8は、クライアント及びN・サーバーと接続されたネットワークの構成を示しており、論理トラフィック量を $(Ta_1, \dots, Ta_6) = (60, 100, 85, 30, 70)$ (KB/Sec) と設定した場合の評価例を示す。このグラフは横軸を割り当て組、縦軸を平均の使用率と目的評価関数の結果とし、その関係を表わしている。

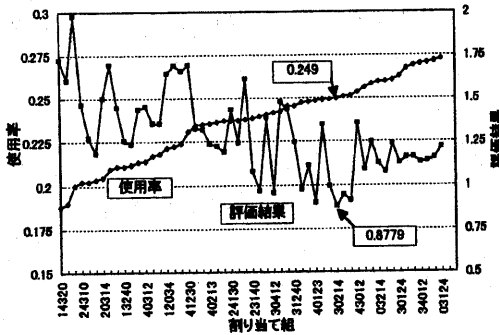


図9 目的評価関数適用結果

割り当ての組がN・サーバー列N1~N5に対しA・サーバー番号が30214の場合に最適配置となる。0は割り当てるA・サーバーが無い事を示している

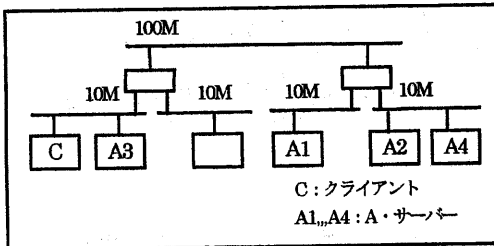


図10 A・サーバーの適性配置

まとめ

今回、モバイル環境を含むイントラネット上のシステム (MCN) についてIE、ユースケース分析技法を用いてシステム分析を行い、情報の重複が無く、クラスタ化されたA・サーバーの同定を行った。

また論理トラフィック量を求め、使用率の平均化、応答時間の短縮化を目的とした最適配置アルゴリズムを目的評価関数を用いて導出した。

一つのN・サーバーに対し、A・サーバーの多重割り当てを許す場合の適性配置アルゴリズムを求める予定である。

References

- [1] James Martin 著, 三菱CC研究会IEタスクフォース訳, "Information Engineering I, II, III" トッパン, 1991
- [2] Ivar Jacobson 著, 西岡利博, 渡邊克宏, 梶原清彦 訳, "オブジェクト指向ソフトウェア工学 OOSE —use-case によるアプローチ—", トッパン, 1995
- [3] Raj Pandya 著, "Emerging Mobile and Personal Communication Systems", IEEE Communication Magazine, June 1995 P44
- [4] Dimitri Bertsekas, Robert Gallager 著, 八星禮剛 訳, "Data Networks" オーム社 1995
- [5] 橋本英俊, 秋山義博, "ネットワーク特性から見たアプリケーションサーバーの配置方法", 平成9年度電気関係学会北陸支部連合大会 E-43