

位置情報をコンテキストとしたマッチングシステムの アーキテクチャに関する研究

—催事会場における利用者マッチングを題材として—

2015SE085 遠山翔太郎 2015SE059 小田裕太郎

指導教員：沢田篤史

1 はじめに

マッチングサービスの需要拡大に伴い、数万人規模のマッチングに基づく催事（マッチング催事）が開催されることが多くなっている。催事中に変化する動的な情報を用いることでマッチングの精度を高め、利用者の利便性の向上を図ることができる。これまで、位置情報や個人の嗜好などの情報を用いた推薦に関して様々な研究が行われてきた [3]。

マッチング問題では、マッチング結果を算出する計算時間がマッチング対象のユーザの規模や、取り扱う情報の種類に応じて急激に増大する。精度の高いマッチング結果を得るためには、ユーザの位置情報など、動的な情報をリアルタイムに処理する必要がある。大規模な催事会場で行われる数万人規模の催事を想定した場合、リアルタイム処理が困難である。

本研究の目的は、大規模な催事会場におけるマッチングシステムで、下記の課題をアーキテクチャ設計の問題として解決することである。

- 利用者に精度の高いマッチングサービスを提供する。
- リアルタイムにマッチング結果を算出する。

そこで、本研究ではマッチングシステムにおいて、下のようアルゴリズムの切り替えを行なうアーキテクチャを設計する。

- 利用者が少なく計算処理に時間がかからない場合は、精度を重視するマッチングアルゴリズムに切り替える。
- 利用者が多く計算処理に時間がかかる場合は、処理速度を重視するマッチングアルゴリズムに切り替える。

アーキテクチャを提案することにより、既存のマッチングアルゴリズムを変更することなく、催事の利用状況に合わせて適したアルゴリズムを使い分けすることができる。我々は、催事会場の利用状況に応じて使用するアルゴリズムを切り替えるために、本研究室で提案されている自己適応のアーキテクチャパターンである PBR パターン [1] を用いる。PBR パターンを用いて提案するアーキテクチャでは、一定数以上のユーザが会場内に存在するか否かでシステムのマッチングアルゴリズムを変更する。

2 技術背景

2.1 マッチング問題

計算機科学的なマッチング問題とは、グラフにおける頂点ペアの集合、すなわち頂点と頂点を結びつけることである [2]。催事会場におけるマッチングでこの問題を考える。グラフの頂点を、催事における来場者（本研究ではゲストユーザと呼称する）やブースの運営者（本研究ではホスト

ユーザと呼称する）とみなすと、この二者はマッチング問題として定式化できる。

本研究ではマッチングのリアルタイム性を考慮する。マッチング問題では、マッチング結果を算出する計算時間がマッチング対象のユーザの規模や、取り扱う情報の種類に応じて急激に増大する。したがって、数万人規模の催事を想定した場合、リアルタイム処理が困難となる問題が生じる [2]。マッチングのリアルタイム性を保証するためには、解が最適でないものの最適に近い解をリアルタイムに求める近似アルゴリズムを用いる必要がある。

2.2 近似アルゴリズム

高速な計算を行なうアルゴリズムには差分探索方式、平均化されたマッチング結果の算出を行なうアルゴリズムには一般化中央安定マッチングアルゴリズムがそれぞれ提案されている。

2.2.1 差分探索方式

差分探索方式は、ある条件のデータ構造内での記憶位置と、変化した属性の前回値と現在値から照合処理を行なう技術である [4]。この技術を用いることで照合処理に要する時間が属性数に影響されず、多数の属性を扱う場合においてもデータの照合を短時間で短時間で行なうことができる。この方式では登録処理、照合処理を行なう。登録処理は条件間距離を計測、データ構造、任意値リンクの更新を属性の組み合わせが無くなるまで行なう。照合処理は前回記憶位置を取得し属性変化の距離を計測する。そして今回の照合における記憶位置を設定し任意値リンクを辿り、条件を抽出することで処理する。

2.2.2 一般化中央安定マッチングアルゴリズム

一般化中央安定マッチングアルゴリズムについて説明する。マッチング結果をゲストユーザの希望度順に並べる。このとき、ちょうど中央に対応するマッチングは、中央安定マッチングと呼ばれる。一般化中央安定マッチングアルゴリズムで算出される中央安定マッチングでは照合する二部の片側、すなわちユーザの片側に偏ることなく平等なマッチング結果を得られる [2]。一般に安定マッチングはマッチング対象のユーザの規模や、取り扱う情報の種類に応じて急激に計算時間が増大する。

3 催事会場における利用者マッチングシステムのアーキテクチャ

催事会場で精度の高いマッチング結果を得るためには、位置情報から算出される動的な情報をリアルタイムに処理する必要がある。また、マッチング対象となるユーザが

規定数以上になると、一般化中央安定マッチングアルゴリズムによってマッチング結果を平均化する計算の処理時間が膨大となってしまう。したがって、位置情報などの動的な情報に応じて使用するアルゴリズムを切り替える構造が必要である。その構造を提案することで、リアルタイム性とマッチング精度が保証される。

3.1 催事におけるマッチングシステム

我々が想定したシステムの全体図を図1に示す。このシステムではユーザが催事会場でスマートデバイスを用いてサーバにアクセスし、マッチング結果を反映した検索結果を受信する。サーバは、位置情報センサから得られる各ユーザの位置情報から様々な動的情報を算出する。その動的情報やユーザの登録情報を用いてマッチング結果を算出し、各ユーザに結果を返す。このシステムを設計することで、催事会場においてリアルタイムに変化する情報を用いて様々な状況を考慮したゲストユーザ、ホストユーザのマッチングを行なうことが可能となる。

利用シナリオを下に記述する。ユーザは催事が行われる前に、スマートデバイス上のポータルアプリケーションからウェブサイトにアクセスしプロフィールや相手に求める条件などの情報を登録する。また、ホストユーザはブース体験所要時間と収容可能人数を登録する。マッチング催事において、ゲストユーザは催事会場を移動する中でマッチング対象のブースまでの距離から算出される到達所要時間を更新していく。ホストユーザはフィールド内に存在するゲストユーザ数をゲストユーザの位置情報から更新する。また、ゲストユーザは会場内の様々なホストユーザのブースを訪問することでブース、すなわちフィールドに侵入することでブース訪問履歴を更新する。それらのゲストユーザとホストユーザ双方の動的な情報と事前に登録した情報、催事残り時間を用いたマッチングを行ない各ユーザにマッチング結果を反映した検索結果を返す。

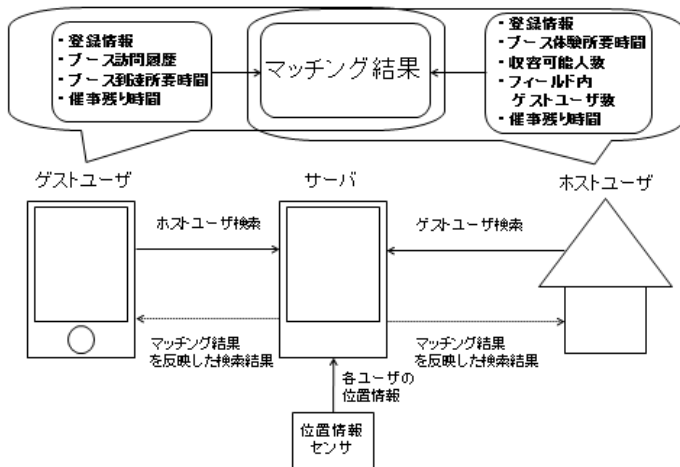


図1 催事におけるマッチングシステム

3.2 システム全体のアーキテクチャ

本研究で設計した、システム全体のアーキテクチャを図2に示す。このアーキテクチャはユーザがサーバにアクセ

スするための部分、アルゴリズムの切り替えを行なうための部分、ブースに存在するユーザを判断するための部分で構成されている。下に各コンポーネントについて説明する。

- マッチングエンジン … 指定したアルゴリズムを用いてマッチングを行ない、結果を算出する。
- 催事残り時間 … 催事終了までの残り時間。
- ポータルアプリケーション … ポートレットによって生成されたウェブコンテンツにアクセスし操作する際に、ユーザが利用するインターフェースを提供する。(ポートレット … ポータルページでダイナミックコンテンツを生成する Java クラス)
- ポータルウェブサイト … ユーザがシステムにアクセスする入り口となるウェブサイト。
- ポータルサブシステム … ポートレットの設計・実行、ポータルページの作成・維持・管理、ポータルコンテンツへのアクセス管理を行なう。
- ユーザ管理サブシステム … ユーザが登録した情報を維持・管理する。

他のコンポーネントについては、アーキテクチャのアルゴリズムの切り替えを行なうための部分と、アーキテクチャのブースに存在するゲストユーザを判断するための部分に分けて説明する。

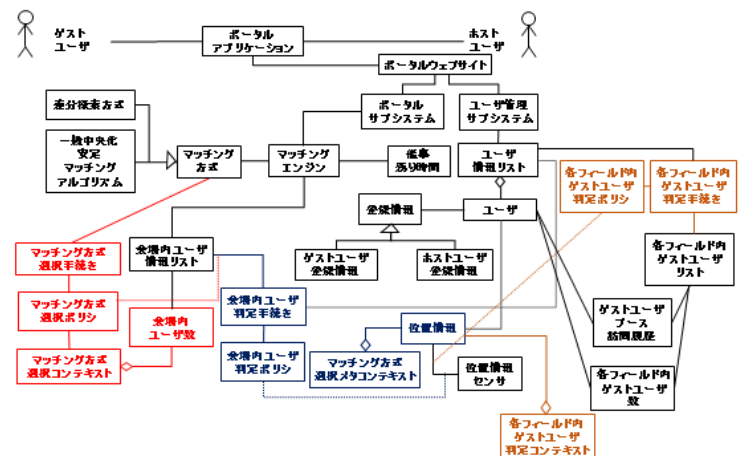


図2 システム全体のアーキテクチャの静的構造

3.2.1 アーキテクチャのアルゴリズムの切り替えを行なうための部分

本研究で設計したアーキテクチャの、システムのマッチングアルゴリズムの切り替えを行なうための部分を図3に示す。マッチング精度とリアルタイム性を保証するために、会場内のユーザ数に応じて通常マッチング方式と簡易マッチング方式の切り替えを行なう。マッチング方式を切り替える際、切り替えの条件式が複雑になってしまう問題がある。これを解決する技術としてPBRパターンがある[1].PBRパターンとは江坂らが提案している技術であり、自己適応のためのアーキテクチャパターンである.PBRパ

ターンを適用することで、コンテキストに応じた振舞いを分離して記述することが可能となる。我々はコンテキストに応じた振舞いをアスペクトとして動的に再構成するアーキテクチャをPBRパターンを用いて設計した。

会場内に規定数以上のユーザが存在するかを判断するために、会場内のユーザ数をポリシが取得するコンテキストとした。またコンテキストである会場内ユーザ数を変更させる要因となるユーザの位置情報をメタコンテキストとして定義した。メタコンテキストを定義したことにより、メタコンテキストに応じたコンテキストの変更が可能となる。

会場をユーザが出入りすることで会場内ユーザ情報リストが更新される。会場内のユーザ数が規定数以上になった時、マッチング結果を算出する計算量が膨大となる。そこでマッチング方式選択手続きが会場内全体のマッチング方式を通常マッチング方式から簡易マッチング方式に変更する。規定数以下になった時、精度の高いマッチング結果を算出するために、選択手続きは会場内全体のマッチング方式を通常マッチング方式に変更する。下に図中の各コンポーネントについて説明する。

- 位置情報センサ … ユーザの位置情報を更新する。
- メタコンテキスト … ユーザの位置情報をメタコンテキストとする。
- 会場内ユーザ判定ポリシ … ユーザの位置情報に基づいた会場内ユーザの判定に関する振舞いを記述。
- ユーザ情報リスト … システムに登録されているすべてのユーザ情報のリスト。
- 会場内ユーザ判定手続き … 会場内ユーザ判定ポリシに応じてユーザ情報リストから会場内ユーザリストの更新を行なう。
- 会場内ユーザ情報リスト … 会場内に存在するユーザのリスト。
- コンテキスト … 会場内ユーザ情報リストから算出された会場内ユーザ数。
- マッチング方式選択ポリシ … 会場内ユーザ数に基づいたマッチング方式の切り替えに関する振舞いを記述。
- マッチング方式選択手続き … マッチング方式選択ポリシに応じてマッチングエンジンが使用するマッチング方式の選択を行なう。
- マッチング方式 … マッチングで使用するアルゴリズム。

通常マッチング方式は、一般化中央マッチングアルゴリズムを用いた、平均化されたマッチング結果を算出する方式である。簡易マッチング方式は差分探索方式を用いて行う。この方式は、通常マッチング方式と比較してマッチング結果に偏りが生じるが、高速にマッチング結果を算出することができる。

一般化中央安定マッチングアルゴリズムを用いる理由を以下に述べる。通常のマッチング問題では、一方のユーザにとって精度の高いマッチングを行なうともう一方に

とっては精度の低いマッチング結果となるからである [2]。したがって、ゲストユーザとホストユーザのお互いに求める条件が存在するマッチングでは双方にとって平等な照合結果を算出する必要がある。

差分探索方式を用いる理由を以下に述べる。本研究では、取り扱う属性の条件に任意値や範囲値が含まれる可能性があり、この条件を扱うデータ構造は任意値、範囲値に対応させる必要があるからである [4]。任意値、範囲値に対応するデータ構造の従来研究としてトライ木をもとにした方式、区分木をもとにした方式が存在する。しかしこれらの方式では多数の属性を扱う場合、照合を短時間で実行することができないのでマッチングシステムの条件を記憶するデータ構造としての利用に不適である。

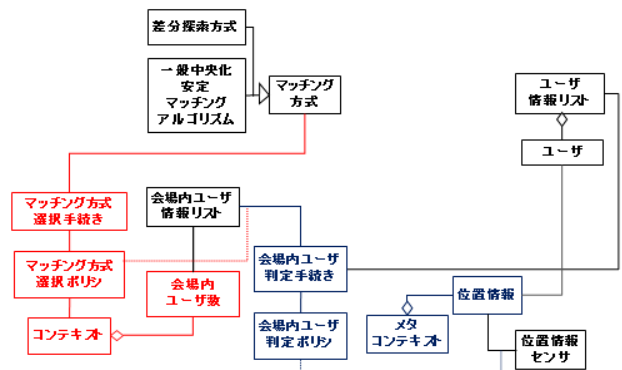


図3 アーキテクチャのアルゴリズムの切り替えを行なうための部分

3.2.2 アーキテクチャのブースに存在するゲストユーザを判断するための部分

本研究で設計したアーキテクチャの、ブースに存在するゲストユーザを判断するための部分を図4に示す。フィールドをホストユーザの展開ブースの面積と定義する。ユーザの動的な情報をマッチングに用いるために、ゲストユーザの位置情報に応じてフィールド内のゲストユーザを判定するアーキテクチャをPBRパターンを用いて設計した。ユーザの位置情報の更新からゲストユーザがフィールド内に存在するか否かを判断するために、ユーザの位置情報をコンテキストとして定義した。フィールドをユーザが出入りすることで、各フィールド内ユーザ情報リストが更新される。フィールド内ユーザリストからフィールド内のユーザ数を更新し、ユーザ数をマッチングエンジンに渡す。またフィールド内ユーザリストからゲストユーザが持つブース訪問履歴を更新する。下に図中の各コンポーネントについて説明する。

- 位置情報センサ … ユーザの位置情報を更新する。
- ユーザ情報リスト … システムに登録されているすべてのユーザ情報のリスト。
- コンテキスト … ユーザの位置情報をコンテキストとする。
- 各フィールド内ゲストユーザ判定ポリシ … ゲスト

ユーザの位置情報に基づいた各フィールド内ゲストユーザの判定に関する振舞いを記述。

- 各フィールド内ゲストユーザ判定手続き … 各フィールド内ゲストユーザ判定ポリシーに応じてユーザ情報リストから各フィールド内ゲストユーザリストの更新を行なう。
- 各フィールド内ゲストユーザ情報リスト … 各フィールド内に存在するゲストユーザのリスト。
- ゲストユーザブース訪問履歴 … 各フィールド内ゲストユーザ情報リストから算出されるゲストユーザのブース訪問履歴。
- 各フィールド内ゲストユーザ数 … 各フィールド内ゲストユーザ情報リストから算出される各フィールド内に存在するゲストユーザの人数。

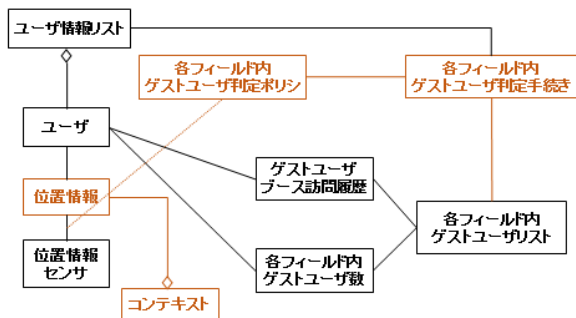


図 4 アーキテクチャのブースに存在するゲストユーザを判断するための部分

4 考察

4.1 提案したアーキテクチャに関する考察

提案したアーキテクチャに基づいて各コンポーネントを定義することにより、コンテキストに応じてマッチング方式を切り替えることが可能となった。これにより、会場内の利用者状況に応じて適切なマッチング方式を用いることができる。また、他のコンテキストに応じて使用するマッチング方式を切り替えるマッチングシステムの開発についても考察する。我々が提案したアーキテクチャに基づき、考慮するコンテキストや使用するマッチング方式を変更するのみで実現することが可能となった。

このアーキテクチャに基づく実装について考察する。コンテキストがマッチング方式切り替えの規定値に近い値で激しく変動した場合の、切り替えによってかかる時間を考慮して実装を行なう必要がある。その解決方法として、規定値の周辺に切り替えを行わない区間を設けることが挙げられる。

4.2 関連研究との比較

田中らの研究では、近距離無線通信によって検出されるユーザを想定した手法が提案されている [3]。田中らの手

法ではプロフィールに基づいて興味あるジャンルの広告を選択して表示する。

我々は PBR パターンを用いてマッチングシステムのアーキテクチャ設計を行なった。田中らのマッチング手法を利用して実現するためには、ジャンルに基づいた選択だけではなく他の来場者へのマッチング結果も利用するように拡張することになる。このとき、ブースの数だけでなく来場者の数との組み合わせを考慮しなければならない。しかし、田中らの研究では利用者数の増加によってマッチングの計算時間が膨大となる問題の解決策については言及されていない。

我々の提案するアーキテクチャでは利用者数に応じて使用するアルゴリズムの切り替えを行なう。田中らの手法を用いた際でも、利用者数の多い場合には時間効率を優先する簡易的なアルゴリズムに切り替えることで、リアルタイム処理が可能となる。

5 おわりに

数万人規模でのマッチング催事では、数万規模の位置情報などの動的なコンテキストをリアルタイムに処理する構造が求められる。そこで本研究では、位置情報などの動的なコンテキストを利用してリアルタイムにマッチングを行なうシステムのアーキテクチャを設計した。

アーキテクチャ設計にあたり、本研究室で提案されている自己適応のアーキテクチャパターンである PBR パターンを用いた。位置情報をメタコンテキスト、会場内のユーザ数をコンテキストとし、マッチング方式選択ポリシーが一定数以上のユーザが会場内に存在するか否かを判断する。その判断に応じてマッチング方式選択手続きがシステムのマッチングエンジンが採用するマッチング方式の構成を変更する。したがって、会場内の利用者状況に応じて適切なマッチング方式を用いることができる。

同様のマッチングシステムを開発する際、提案したアーキテクチャに基づいて設計することで実現可能となった。今後の課題として実際の催事における具体的なインスタンスを想定した実装を行ない、計算時間からマッチング方式の切り替えの規定値を検証することが挙げられる。

参考文献

- [1] 江坂篤侍, 野呂昌満, 沢田篤史: インタラクティブシステムのための共通アーキテクチャの設計, コンピュータソフトウェア, Vol. 35, No. 4, (2018), pp. 3-15.
- [2] 宮崎修一: 安定マッチングの数理とアルゴリズムトラブルのない配属を求めて, 現代数学社, 2018.
- [3] 田中碧海, 井上博之: コンテキストアウェアな情報表示端末における近距離無線を用いた視聴者情報の検出とコンテンツ選択, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON), Vol. 2, No. 2, (2014), pp. 48-56.
- [4] 山崎健太郎, 小林佑嗣, 喜田弘司: 多属性データの照合を短時間で実現する差分探索方式の提案と評価, 社団法人情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集, 2014, pp. 75-76.