

論文の内容の要旨

論文題目 ユーザ状況適応型サービス実現のためのサービス合成,
検索技術の研究開発

氏名 山登 庸次

【研究背景】

近年の IT 技術の進歩に伴い、PC だけでなく、様々な機器がネットワークにつながる、ユビキタス環境が実現しつつある。ユビキタス環境では様々な機器がネットワークに遍在し、従来は取得が難しかった実世界の状況（コンテキスト）取得が可能になってきている。

また、近年の別の潮流として、ビジネス動向、ユーザニーズが目まぐるしく変化することに伴い、サービスの変更を容易にするための、サービスのコンポーネント化技術が進展している。コンポーネントを組み合わせ、サービスを構成する概念として、Web サービスを用いた SOA、通信キャリアの SDP、インターネットの Web2.0 などが普及している。

ユビキタス環境では、ユーザ状況に適切なサービス（状況適応型サービス）提供が期待されているが、ユーザニーズは、位置、プレゼンスなどの実世界の状況に応じて動的に変化するため、従来の様にサービス提供者が予めサービスを作り込むことは困難である。そのため、ユーザに適切なサービスを提供するには、コンテキスト取得技術と、コンポーネント技術を利用し、実世界の状況に応じて、コンポーネントを組み合わせるユーザが所望するサービスを提供するアプローチが有力と考える。

これらの背景を踏まえ、本論文は、ユーザに適切なサービス提供のため、ユーザ状況に応じて動的にサービスコンポーネントを発見、選択し、合成するアプローチを提案し、そのためのキー技術となる、サービス合成、検索技術の研究開発を行う。

サービス合成技術に関しては、Semantic Web を用いた意味的シナリオにより、ユーザに

適切なコンポーネントを選択し、インタフェースを解決する方法を提案し、シナリオ記述性の評価、実装による性能評価、シナリオ生成手法の評価、関連研究との比較を行う。更に、実装したサービス合成システムの適用領域を整理し、実際に適用したアプリケーションを実現し、実証実験などを通して、開発効率、変更容易性の有効性を示す。

サービス検索技術に関しては、コンポーネントの大規模化を想定して、意味ベクトルとCANを応用した、P2P技術による効率的かつ柔軟な検索方法を提案し、シミュレーション実験による評価、関連研究との比較を行う。

【ユーザ状況適応型サービス提供の要求条件と課題】

ユビキタス環境で、ユーザ状況適応型サービスを提供するための要求条件として、以下の4つが上げられる。

要求条件①：未知の多様なコンポーネントを利用可能

ユビキタス環境では、ユーザの移動等に応じて利用可能なコンポーネントが変更されるため、コンポーネントの形式やインタフェースを予めサービス開発者が既知であることは困難である。そのため、未知の多様なコンポーネントを、実行時に利用可能であることが要求される。

要求条件②：ユーザに適したコンポーネントを選択し構成

ユーザにカスタマイズした連携サービス提供には、ユーザに適切なコンポーネントを連携する必要がある。そのため、個々のユーザポリシに応じた選択が要求される。

要求条件③：実行時の状況変化に応じてサービス再構成可能

連携サービス実行中にも、ユーザ状況は変化するため、長時間処理のサービスの場合は、ユーザ状況変化に応じてサービスを適応変化させ再構成することが要求される。

要求条件④：コンポーネント数が膨大になった際にストレス無く利用可能

ユビキタス環境で、膨大なコンポーネントが存在する際も、ストレス無く連携サービスが提供できる必要がある。そのため、コンポーネント検索の大規模環境対応が要求される。

これらの4つの要求条件を満たすには、既存技術では困難がある。例えば、Webサービスを連携する仕様として有力なBPELは、個々のWebサービスのインタフェースを厳密に記述する必要があり、ユーザ状況に応じてWebサービスを切替えることは出来ない。

要求条件を満たすために、解決しなければならない4つの課題を示す。

課題①：未知の多様なコンポーネントを利用可能にするインタフェース解決

ユーザ状況に応じたサービス連携のため、未知の多様なコンポーネントを、サービス実行時に発見し、インタフェースを解決して利用するインタフェース解決技術が必要である。

課題②：ユーザに適切なコンポーネントを選択するサービス選択

複数の候補コンポーネントから、ユーザポリシ、ユーザコンテキストに適切なコンポーネントを選択し、連携サービスに利用するため、サービス選択技術が必要である。

課題③：ユーザ状況変化に応じたサービス切替

ユーザの状況変化に応じて、連携サービスの状態を保ったまま、コンポーネントをより適切なコンポーネントに切替、サービスを再構成する、サービス切替技術が必要である。

課題④：大規模環境での負荷分散かつ柔軟な検索

コンポーネント数が膨大になった際も、ストレス無く検索できるため、負荷分散し効率的、かつ、ユーザ要望に適したコンポーネントを柔軟に検索できる検索技術が必要である。

【サービス合成方法の研究要旨】

サービス合成方法の研究では、課題①②③の、未知の多様なコンポーネントを利用可能にするインタフェース解決、ユーザに適切なコンポーネントを選択するサービス選択、ユーザ状況変化に応じたサービス切替を解決するための、サービス合成技術の提案を行う。

既存技術である BPEL は、インタフェース定義を厳密に記述するため、実行時の動的な選択は無かった。そこで、本研究では、ST (Service Template) と呼ぶサービスシナリオを、Semantic Web 技術の OWL-S メタデータを用いて意味的に記述し、メタデータを付与され公開されているコンポーネント (SE : Service Element) を実行時に検索し、ユーザに合わせて選択、実行するアプローチを取る。

課題①を解決するインタフェース解決技術を検討する。メタデータ管理 DB に登録されたメタデータ間の同値、継承関係を OWL リンクを用いて辿ることで、インタフェースの名称や型は異なるが同等機能を持つ SE を発見し、発見した SE を実行する際は、OWL-S Grounding を用いて、実際のインタフェースに変換して実行する。これにより、インタフェースは異なっても同等機能を持つ SE を利用可能とし、1つの ST で数多くの SE に対応できる。これにより、従来技術と比べて、コンポーネント利用可能数を向上できる。

課題②を解決するコンテキストウェアサービス選択技術を検討する。発見された候補 SE 群を、ユーザコンテキスト、ユーザポリシー、SE プロファイルの組で点数付けを行い、点数を元にユーザに適した SE を選択する。これにより、BPEL の switch 文のように様々なパターンを予め記載する必要がなく、多様なサービスを実現できる。

課題③を解決するサービス切替技術を検討する。ユーザ状況変化に適応するため、点数付け機能を周期的に動作させ、より現在の状況に適切な SE が見つかった際に、他の SE やパラメータなどは保持したまま、その SE に切替を行う。これにより、長期間のサービス実行中の、ユーザ状況変化に応じてサービスを再構成することが出来る。

サービス合成の評価として、ST 記述の効率性の検討を行い、BPEL、Task Computing 等に比べて効率的であることを示す。また、提案のサービス合成技術を実装し、性能評価により、市中 BPEL 製品と比べて十分な処理時間であることを示す。さらに、サービス合成システムを用いた、ショッピング支援サービスの実証実験を通じて、実サービスに有効であることを示す。

【サービス検索方法の研究要旨】

サービス検索方法の研究では、課題④の大規模環境での検索を解決するための、新たな P2P 技術の提案、評価を行う。コンポーネント数が大規模になった際に、集中レジストリでは、サービス検索の処理集中の観点で課題がある。そこで、P2P 技術を用いて負荷分散しかつ適切なコンポーネントを効率的に検索するアプローチをとる。

Gnutella, Winny 等の P2P 検索技術では、低適合率、過剰なトラフィック、悪質なコンテンツが問題であった。また、chord, CAN は、柔軟な検索が出来ない問題があった。そこで、本研究では、意味的に近いコンポーネントのインデックスを管理するピアにのみ、

クエリを効率的に転送し（複数回転送を遮断し）、悪質なコンテンツを発見しない、P2P 検索を行うため、可変長意味ベクトルと CAN トポロジを応用した方法を提案する。

具体的には、コンポーネントを語彙体系に基づいた可変長意味ベクトルで表し、意味ベクトルをユーザ評価により学習し、その意味ベクトルを CAN トポロジを利用して管理する。検索時は、N 次元 CAN トポロジで管理された、N 次元意味ベクトル空間上で、ユーザが欲するコンポーネントと意味的に近いコンポーネントのインデックスが管理されているピアにのみ、クエリをフラッディングすることで、トラフィックを抑えて、効率的に検索することが出来る。発見されたコンポーネントのユーザ評価を反映させ、意味ベクトルの長さ、方向をアップデートすることで、適切な意味ベクトルが自動で抽出される。

シミュレーション実験では、21次元の場合で、Gnutella型のナイーブな検索に比較して、検索トラフィックは 1/3 に抑えながら、再現率は 140 倍、適合率は 1.4-1.6 倍の値を示し、有効性を示している。関連研究である pSearch は、悪質なコンポーネントが多い際は、適合率が悪化するが、提案方式は悪質コンポーネントがあっても高適合率を実現できる。

【まとめ】

本論文では、ユーザ状況適応型サービスを提供するため、ユーザ状況に応じて動的にサービスコンポーネントを発見、選択し、合成するアプローチを提案し、そのためのサービス合成、検索技術を研究開発した。提案方式を、実装、実証実験、シミュレーションを通じて有効性を示した。