

ウィジェットの適応レイアウト問題 —ファジィ制約充足問題としての定式化と解法—

柳田 拓人 野中 秀俊

北海道大学大学院情報科学研究科 〒105-0123 北海道札幌市北区北 14 条西 9 丁目

E-mail: {takty, nonaka}@main.ist.hokudai.ac.jp

概要 本稿ではウィジェットの適応レイアウト (FWL) 問題をファジィ制約充足問題 (FCSP) として定式化する。グラフィカル・ユーザ・インタフェースの自動生成において、ウィジェットのレイアウトの最適化は重要な課題の一つである。さらに、モデルに基づいたユーザ・インタフェース (UI) 設計の分野では、UI の論理仕様記述の要求を満たすウィジェットの中から最適なものを選択することも必要となる。そこで本研究では、使用するウィジェットとその並べ方を決定すること、そのレイアウトをある時間内に完了させることの 2 点が要求されるレイアウトを FWL と呼び、決定の望ましさをファジィ制約として定式化することによって、FWL の解法を示す。

1. はじめに

グラフィカル・ユーザ・インタフェース (graphical user interface: GUI) の生成において、ウィジェットのレイアウト最適化は最も重要な課題の一つである [2]。

モデルに基づいたユーザ・インタフェース (user interface: UI) 設計 [1][5] の分野では、さらに使用するウィジェットの**選択**も必要とされるため、ウィジェット・レイアウトはより複雑となる。この分野における多くの研究では、UI の**論理仕様記述**に基づき、レイアウト・プロセスを経て自動的に GUI を生成するシステムが提案されている。しかし、ウィジェットの選択とレイアウトよりも、様々なデバイスやプラットフォームの実現が主な研究対象となっている。

論理仕様記述に基づく自動 GUI 生成システムには、(1) どのウィジェットを使用し、それらをどのように並べるのかを決定すること、及び、特に実行時に UI 生成を行う場合、(2) そのレイアウトを一定の時間内に完了させることの 2 点が要求される。本稿ではこれらの条件を満たすレイアウトを**ウィジェットの適応レイアウト** (flexible widget layout: FWL) と呼ぶ。

本稿では、この FWL 問題を**制約充足問題** (constraint satisfaction problem: CSP) の拡張である**ファジィ制約充足問題** (fuzzy CSP: FCSP) [3] として定式化する。

2. ウィジェットの適応レイアウト問題

ウィジェットの適応レイアウト (FWL) 問題では、使用するウィジェットの候補とそれらの**ポジショニング** (並べ方) の候補の組み合わせの中から、レイアウト可能で出来るだけ最適なものが探索される。ここではダイアログ・ボックスやウィジェット、ポジショニングの**サイズ**がレイアウト可能かどうかを決める制約

条件となり、ウィジェットやポジショニングの**望ましさ**が最適さを決める制約条件となる。

ウィジェット適応レイアウト問題のウィジェット候補集合やポジショニング候補集合は、UI 機能やそのグルーピングを含む **UI モデル** の、論理仕様として書かれた記述に基づいて決定される。論理仕様記述における UI モデルとして、**選択行為モデル**を採用する [6]。

本稿では、UI モデルにおける選択行為をウィジェット (単一チェック・ボックスとラジオ・ボタン、ドロップ・ダウン・リスト・ボックス、複数チェック・ボックス、リスト・ボックス) として表現する。ウィジェットの種類に対応した望ましさの指標を $\alpha_i \in [0, 1]$ で表す。UI モデルにおける選択行為は FWL においてウィジェットの候補の集合へと対応づけられる。

UI モデルにおけるグループと選択行為のキャプションをそれぞれ**配列コンテナ**と**ラベル・コンテナ**として表現する。コンテナのポジショニングにはそれぞれ種類に応じた望ましさの指標があり、ウィジェットの場合と同様に $\alpha_i \in [0, 1]$ で表す。UI モデルにおけるグループやキャプションはコンテナとして FWL においてポジショニングの候補の集合へと対応づけられる。

3. 定式化

変数集合 $X = X_W \cup X_P \cup X_D$ をそれぞれ、ウィジェット、ポジショニング、ダイアログの候補集合とし、変数 $x_{w_i} \in X_W$, $x_{p_i} \in X_P$, 及び $x_{d_i} \in X_D$ の値はそれぞれどの候補が選択されているのかを表す。

各ドメインの要素はタプルとなる。ウィジェット候補変数 x_{w_i} のドメインは、ウィジェット w_i とその最小サイズ (w_{w_i}, h_{w_i}) から構成されるタプル集合とする。ポジショニング候補変数 x_{p_j} のドメインは、ポジショニング p_j , その最小サイズ (w_{p_j}, h_{p_j}) 及び各子要素に対

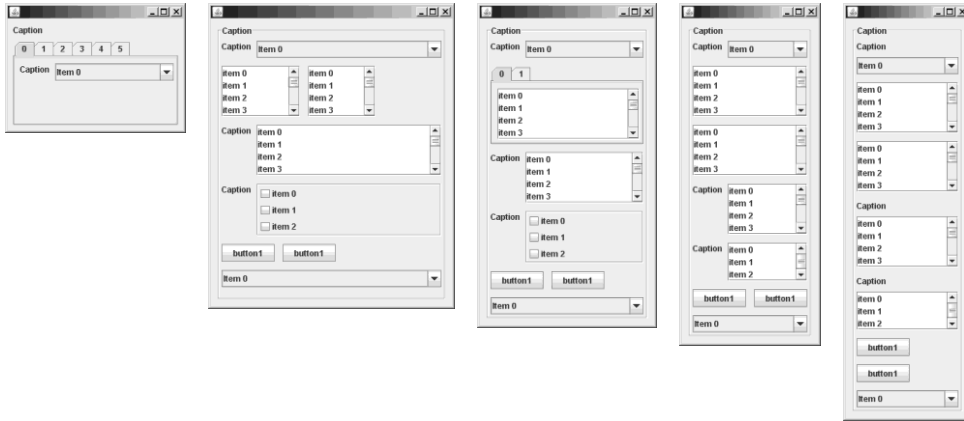


図 1 同じ UI モデルに基づく異なるサイズのダイアログ・ボックス上のレイアウト結果

する許容最大サイズ ($W_{p_{j,k}}, H_{p_{j,k}}$) から構成されるタプル集合とする. ダイアログ変数 x_D のドメインは, ダイアログのクライアント領域サイズ (W_d, H_d) を子要素の許容最大サイズとするタプルのみを要素とする.

ダイアログ変数を除く個々の変数には望ましさを表現する単項制約が付加され, 任意の二つの変数には包含関係を表現する 2 項制約が付加される. 単項制約 $C_{des W_i}, C_{des P_j} \in C_{des WP}$ はそのスコープ x_{W_i}, x_{P_j} の値の望ましさを制約充足度として表す. 2 項制約 $C_{con P_{j,k}} \in C_{con P}$ は $\{x_{P_j}, x_{P_{j,k}}\}$ をスコープとし, コンテナ P_j がその子要素 $P_{j,k}$ を自身の矩形領域に収められるかどうかを表す.

4. レイアウト・システム

提案手法を実装するシステムは, 三つのステップを経て FWL を実行する.

最初のフェーズでは, 与えられた論理仕様記述 (UI モデル) から FCSP (制約グラフ) を生成する. ウィジェットの最小サイズは, 対応する選択行為のパラメータから決定され, コンテナの最小サイズはコンテナの子要素の最小サイズから計算される. コンテナ変数と対応するドメインのタプルの要素である子要素の最大許容サイズは, ダイアログからその子孫コンテナへ, 与えられたダイアログ・サイズから順に決定される.

二つ目のフェーズでは, 前フェーズで作られた FCSP に対し, 最悪制約充足度に基づいたドメインの枝刈りを行いながら前方チェック・アルゴリズムを反復適用し, より良い変数への割り当て (解) を求める. アルゴリズムを適用する前にドメインの枝刈りを行うことによって, 解の探索効率を上げることが可能となる.

最後のフェーズでは, 変数の割り当て, すなわち選択された候補に基づいて, 実際の位置とサイズを決定し, ウィジェットを配置する.

本稿では提案システムをノート PC (Pentium M 1.10 GHz CPU, 512 MB メモリ, Windows XP Professional edition) 上に Java 6 を用いて実装し (デモを公開中[7]), 例題

(図 1) のレイアウトを 250 ms 以内に終わることを確認した. これは GUI の実時間生成という課題に対して, 実用上十分な速度である.

5. おわりに

本稿では, 適応ウィジェット・レイアウト問題と名づけたウィジェットの切り替えを含むレイアウト問題をファジィ制約充足問題として定式化し, 実用的な時間内に解くための手法を提案した.

今後の課題として, GUI ガイドラインに基づいたより複雑なレイアウト・ルール (制約) の追加や, ある程度までの異なる規模のレイアウトをシステムに実行させることによる規模と時間との関係の評価, また FCSP の解を求めるアルゴリズムとして SRS[4] のような確率的アルゴリズムの適用も検討する必要がある.

文 献

- [1] J. Eisenstein, J. Vanderdonckt, and A. Puerta. "Applying model-based techniques to the development of UIs for mobile computers." In UI '01, 2001.
- [2] S. Lok and S. Feiner. "A survey of automated layout techniques for information presentations." SmartGraphics '01, 2001.
- [3] Z. Ruttkay. "Fuzzy constraint satisfaction." In Proceedings 1st IEEE Conference on Evolutionary Computing, pp. 542-547, 1994.
- [4] Y. Sudo and M. Kurihara. "Spread-repair-shrink: A hybrid algorithm for solving fuzzy constraint satisfaction problems." In IEEE International Conference on Fuzzy Systems (WCCI 2006), 2006.
- [5] J. M. Vanderdonckt and F. Bodart. "Encapsulating knowledge for intelligent automatic interaction objects selection." In CHI '93, 1993.
- [6] T. Yanagida, H. Nonaka, and M. Kurihara. "User-preferred interface design with abstract interaction description language." In IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2006.
- [7] 柳田拓人, 須藤康裕, 野中秀俊. "FWL デモ・アプレット公開ウェブ・ページ." Available at <http://aiwww.main.ist.hokudai.ac.jp/~taktty/demo/fwl/fwl.html>.