An Information Theoretic Approach for Extracting and Tracing Non-functional Requirements

Anas Mahmoud

IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2015)

背景

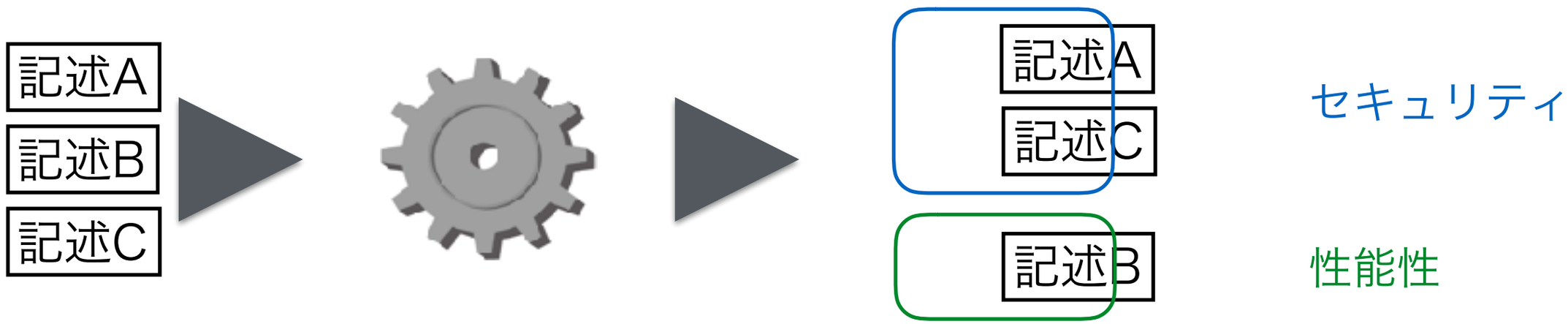
- 非機能要件はシステムが満たすべき品質のセット

- 非機能要件の認識ミスはシステムの品質に影響を与える
  - 非機能要件は見落とされることがしばしば
  - 明確に定義されていない

- 開発の早い段階で非機能要件を認識する必要がある

先行研究

- 非機能要件分類手法
  - ドキュメントの記述文を該当する非機能要件に分類
  - 機械学習や特徴語によって分類



学習データを用意する必要がありコストがかかる
新しいデータに対して対応できない

本研究の目的・アプローチ

- 目的
  - 要件定義書の非機能要件に関する記述を分類する教師なし学習手法を構築すること

- アプローチ
  - 要件定義書からキーワードを抽出
  - キーワードの類似度に基づきクラスタリング
  - 作成したクラスタに対してラベル付け

分類手法構築の流れ

1. 前処理
   - ストップワード除去，ステミング
2. 要件定義書からキーワードを抽出
3. キーワードの類似度を計算
4. 類似度の高いキーワードをクラスタリング
5. クラスタに非機能要件のカテゴリをラベル付け

キーワードの類似度の算出

- Normalized Google Distance（NGD）[1]を用いて単語同士の関連度を算出
  - NGD：同じWebページに含まれている単語は関連があるという考え方

$$NGD(w_1, w_2) = \frac{\max\{\log(D_1), \log(D_2)\} - \log(|D_1 \cap D_2|)}{\log(|D|) - \min\{\log(D_1), \log(D_2)\}}$$

D_1 :キーワード w_1 を含むページ数

D_2 :キーワード w_2 を含むページ数

D :インデックスされているページの総数

[1]R. Cilibrasi and P. Vitanyi, “The google similarity distance,” IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 19, no. 3, pp. 370–383, 2007.

NGDの設定

- WikipediaのWebページから単語を抽出
  - Web全体だとヒット数に変化が見られるため範囲を限定
  - 専門家によって更新されているためノイズが少ない
  - データが容易に取れる
  - NGD_{wiki}と表記する

NGDの算出例

TABLE II
MOST SEMANTICALLY SIMILAR WORDS TO THE WORD MAP FROM *SmartTrip* AND THE WORD CREDIT FROM *BlueWallet* USING NGD_{WIKI}

map		credit	
word	similarity	word	similarity
area	0.67	card	0.36
GPS	0.54	fee	0.35
zip	0.51	price	0.35
location	0.50	pin	0.34

$nNGD = e^{-2NGD(w_1,w_2)}$ で正規化した値

キーワードのクラスタリング

- 凝集型階層クラスタリング(AHC)を採用
- クラスタ間の距離に関しては以下の3つから最も良い手法を採用
  - 最短距離法（SL）
  - 最長距離法（CL）
  - 群平均法（SL）

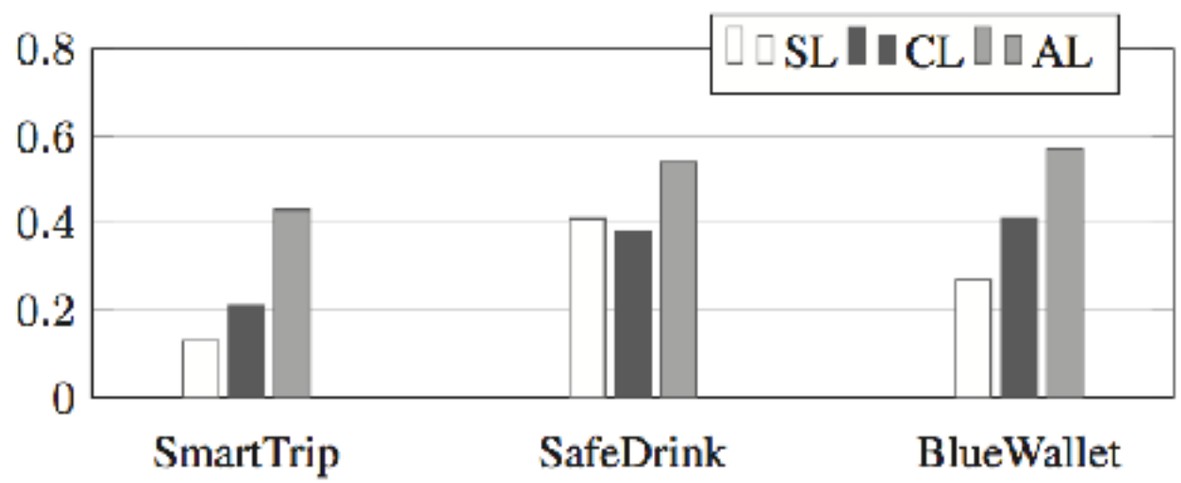


Fig. 2. Performance of different HAC clustering algorithms in terms of Silhouette Coefficient in *SmartTrip*, *SafeDrink*, and *BlueWallet*

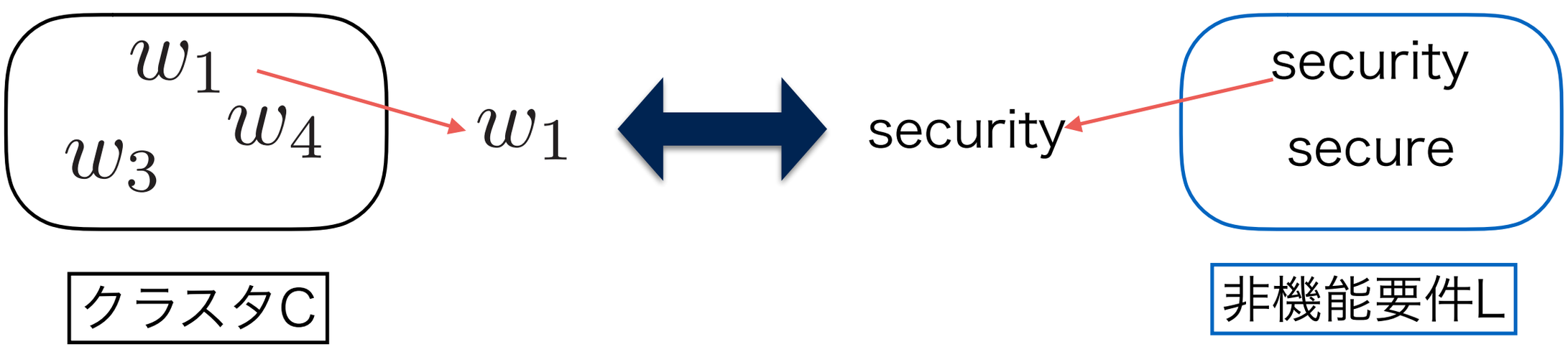
作成したクラスタに対してカテゴリの割当

- クラスタに含まれる単語と非機能要件の各カテゴリに含まれる単語の関連度をNGDで調べ，NGDが最も高いカテゴリをそのクラスタのラベルとする

$$P(C,L) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \max_{0 \le j \le M} NGD_{wiki}(w_i, l_j),$$

w_i：クラスタCに含まれる単語　　N：クラスタCに含まれる単語の総数

l_j：非機能要件Lに含まれる単語　　M：非機能要件Lに含まれる単語の総数



非機能要件の各カテゴリの単語

TABLE III
NFRs Categories and their Representative Words

NFR	Morphological Variants
Security	security, secure
Performance	performance, perform
Accessibility	access, accessible, accessibility
Accuracy	accuracy, accurately, accurate
Portability	portable, portability
Safety	safe, safety
Legal	legally, legal
Privacy	privacy, private
Reliability	reliable, reliability
Availability	availability, available
Interoperability	interoperable, interoperability

対象プロジェクト

TABLE I
EXPERIMENTAL SYSTEMS

System	LOC	CLOC	FR	WORDS	CLS.	DEVL.
SmartTrip	27.3k	7.7K	170	622	173	3
SafeDrink	44k	13.5K	214	717	266	3
BlueWallet	56.7k	19.4K	184	1034	374	2

実験結果

TABLE IV

NFRs Classification Performance at $\lambda = 0.28$. FR is the number of Functional requirements classified manually under the associated NFRs category, TP is true positive classifications, FP is false positives, P is precision, and R is recall

	SmartTrip					SafeDrink					BlueWallet				
NFR	**FR**	**TP**	**FP**	**R**	**P**	**FR**	**TP**	**FP**	**R**	**P**	**FR**	**TP**	**FP**	**R**	**P**
security	1	1	1	1	0.5	23	23	7	1	0.77	24	24	4	1	0.86
performance	29	24	9	0.83	0.73	9	8	9	0.89	0.47	8	8	8	1	0.5
accessibility	3	3	1	1	0.75	32	28	6	0.88	0.82	6	3	2	0.5	0.6
accuracy	7	4	4	0.57	0.5	11	7	2	0.64	0.78	34	30	9	0.88	0.77
portability	14	11	6	0.79	0.65	21	18	11	0.86	0.62	2	2	0	1	1
safety	10	10	3	1	0.77	21	17	4	0.81	0.81	0	0	0	NA	NA
legal	4	2	4	0.5	0.33	38	33	9	0.87	0.79	14	6	4	0.43	0.6
privacy	3	2	2	0.67	0.5	12	10	3	0.83	0.77	9	9	4	1	0.69
reliability	20	16	6	0.8	0.73	4	3	6	0.75	0.33	14	11	3	0.79	0.79
availability	7	4	3	0.57	0.57	NA	0	0	NA	NA	4	2	3	0.5	0.4
interoperability	19	4	6	0.21	0.4	14	2	0	0.14	1	0	0	0	NA	NA
other	53	39	6	0.72	0.86	29	4	4	0.14	0.5	69	45	7	0.65	0.87
average				0.72	0.6				0.71	0.69				0.77	0.78

- 全てのプロジェクトでRecall70%以上
- Precisionは0.6〜0.78

まとめ・所感

- まとめ
  - 非機能要件を分類する教師なし学習手法を構築した
  - 約73%の精度で正しく分類可能

- 所感
  - 教師なし手法は初
  - 対象のシステムが少ない印象
  - 先行研究との比較がなかったのが残念