ソフトウェアに対する配信時電子透かし埋め込みシステムの提案と実装

19622026 永山 涼雅　情報セキュリティ研究室

背景

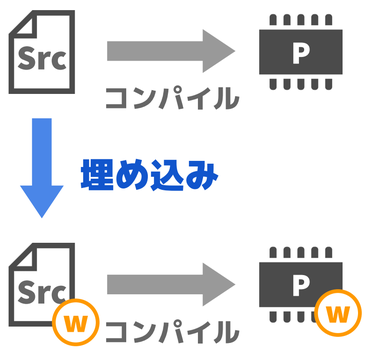
ソフトウェアの違法コピー・違法アップロードの増加
→ ソフトウェアの**権利保護技術**の必要性

電子透かし

- 微小な変化を与えることで情報を埋め込む技術
- 利用者の情報を埋め込むことで違法行為を**抑止**できる

既存研究

ソースコードに透かしを埋め込む[1][2]



- 埋め込み方法が**プログラミング言語に依存**
- 埋め込み情報ごとに**再コンパイルが必要**

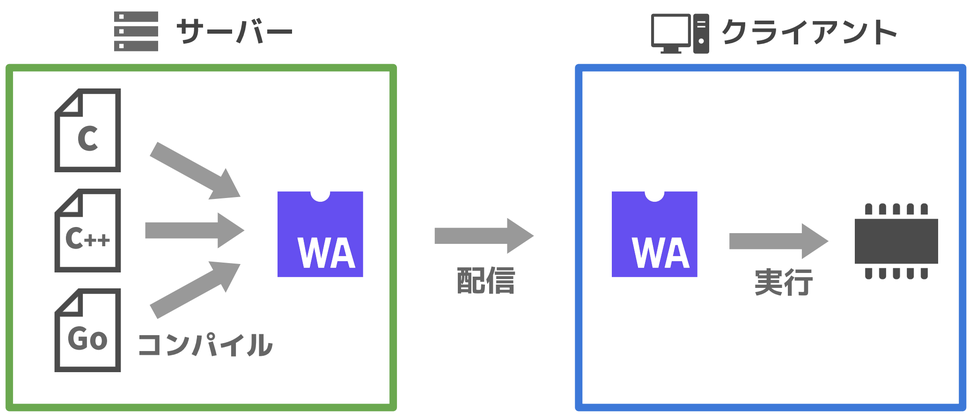
目的　実用性を損なわないソフトウェア透かしシステムの構築

[1]: A. Monden, H. Iida, K. ichi Matsumoto, K. Inoue, and K. Torii, “Watermarking java programs,” ISFST99, October 1999
[2]: A. Fionov, “Digital Watermarks for C/C++ Programs,” 7TH FRUCT, 2009

WebAssembly

WebAssembly[3]

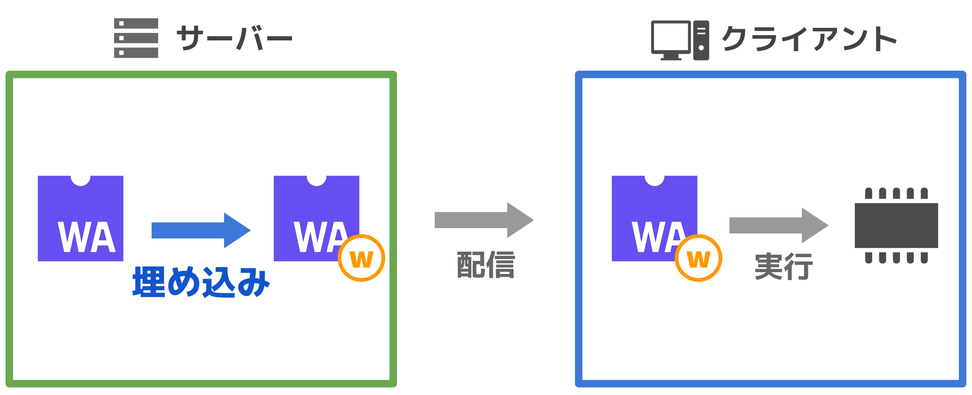
- スタックマシン型の仮想マシン上で動作する低級言語
- Webブラウザ上などでバイトコードを実行できる
- JavaScriptより高速に解析・実行される
- 様々な言語からWebAssemblyへコンパイルできる



[3] webassembly.org, “WebAssembly,” https://webassembly.org

提案システム

- **WebAssembly**に透かしを挿入する
- **配信時**にユーザ情報などを埋め込む

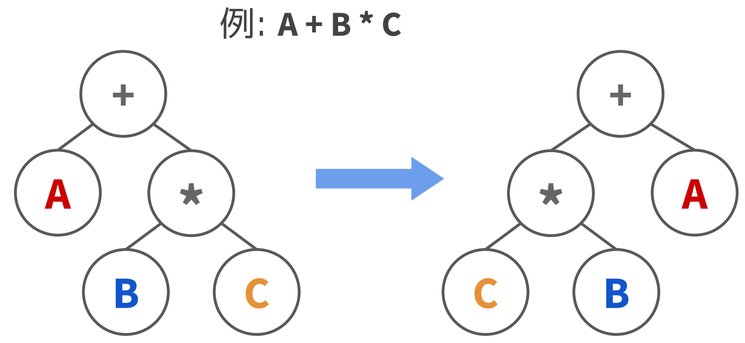


埋め込み手法

埋め込み手法１：命令オペランドの入れ替え

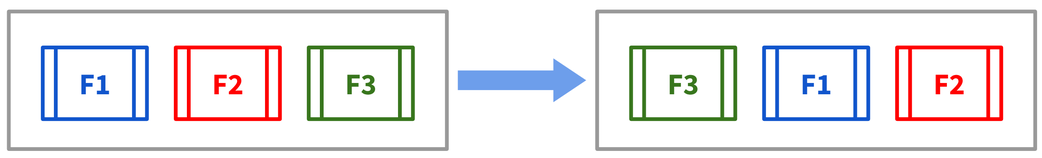
- **可換な命令**のオペランドを入れ替える

例: A + B * C



埋め込み手法２：関数の順序を変更

- プログラム内の関数の定義順を変更する



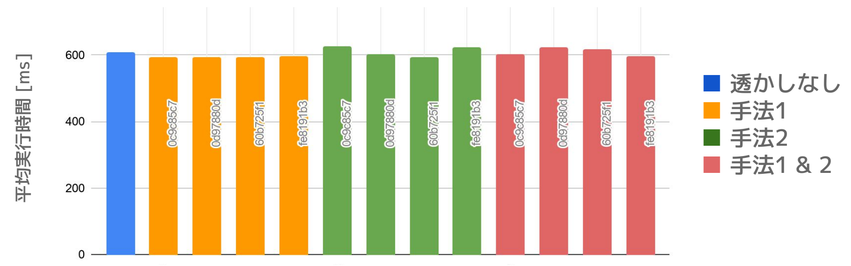
評価

埋め込み量

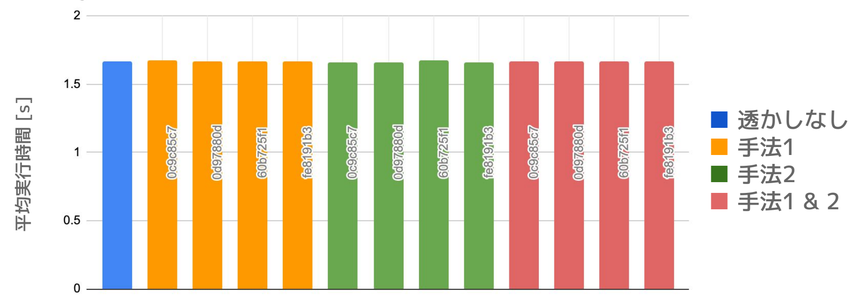
	バイナリサイズ [B]	関数の数	手法1 [bit]	手法2 [bit]
styled-jsx/ mappings.wasm	48,693	45	3,130	90
zlib.wasm	61,863	58	3,170	120
ammo.js/ ammo.wasm	687,520	1,640	37,227	3,444

実行速度

- zlib[4] deflateベンチマークの実行時間 (実行回数 N = 50)



- ammo.js[5]ベンチマークの実行時間 (実行回数 N = 50)



どちらも有意な実行速度の差は見られなかった

埋め込み時間

手法1, 2とも 200ms〜300ms 程度

[4]: G. Roelofs, M. Adler, J. Gailly, “zlib,” https://www.zlib.net/
[5]: Alon Zakai, “ammo.js,” https://github.com/kripken/ammo.js

まとめ

利点

- プログラムの実行速度を損なわない
- プログラムの開発言語に依存しない
- 配信時に情報を埋め込むため、再コンパイルが不要
- 配信の遅延が小さい

課題

- 上書き攻撃への耐性