Využití symbolické exekuce pro testování real-time bezpečnostně kritického softwaru

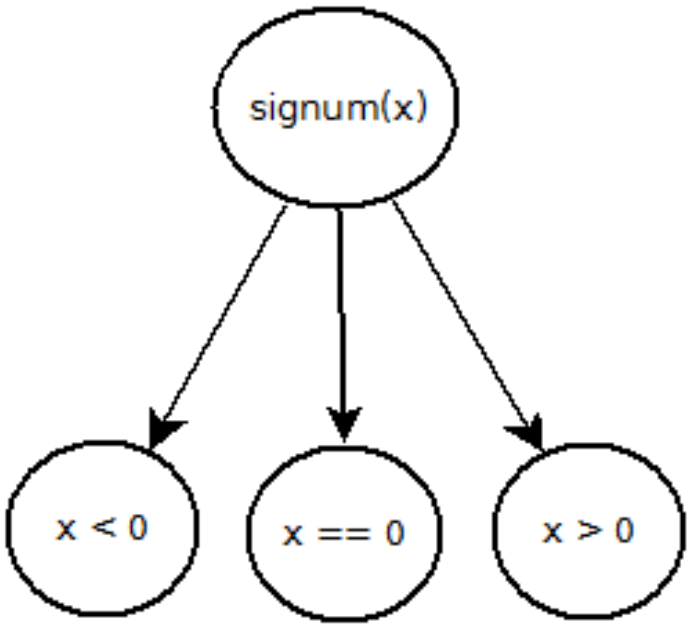
Martin Hořeňovský
Vedoucí práce: Michal Sojka

FEL ČVUT

2015

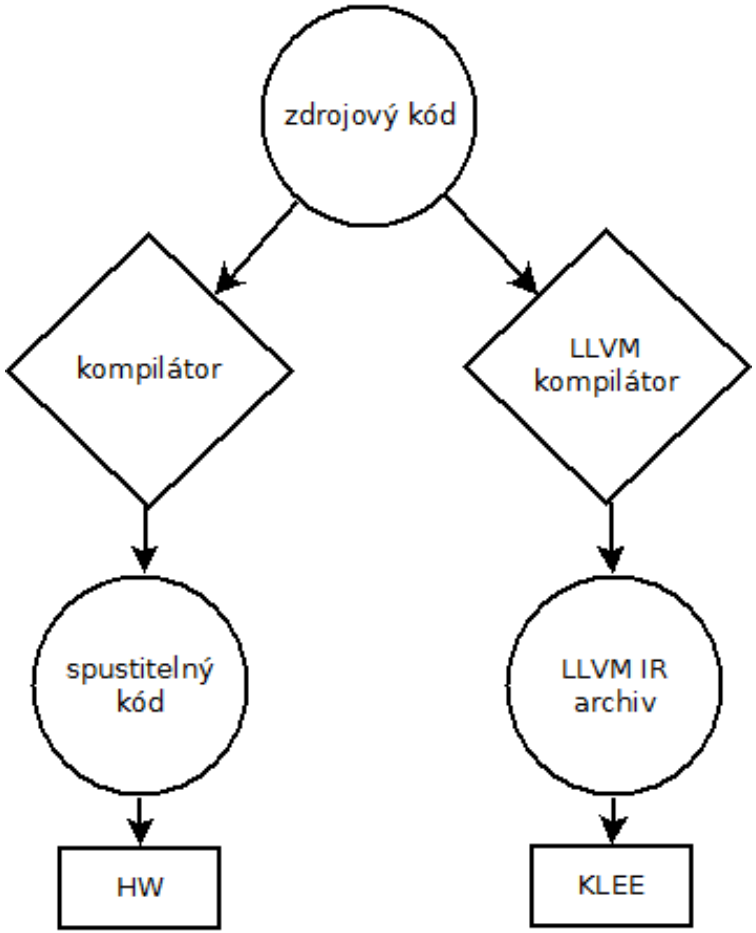
Symbolická exekuce

- Umožňuje prozkoumat všechny průchody programem
- Nepotřebuje programátorem dodané vstupy
- Umožňuje najít chyby které se projeví až za běhu
- Extrémně náročná na výpočetní zdroje
- Některé konstrukce v kódu jsou neřešitelné



KLEE

- KLEE vzniklo v roce 2008 jako nástroj pro automatické generování unit testů
- Umožňuje spustit podmnožinu jazyka C (vlákna, symbolické floaty, ASM nejsou podporovány)
- Pracuje na spustitelném programu převedeném do interní reprezentace LLVM nástrojů


zdrojový kód
kompilátor
LLVM kompilátor
spustitelný kód
LLVM IR archiv
HW
KLEE

Cíl práce

- Prozkoumat možnost použití KLEE pro verifikaci bezpečnostně kritického, real-time softwaru
- Analýza eMotor softwaru pro řízení elektrických motorů
- Analýza MaCAN knihovny
- Návrh dalších vylepšení

- Dokumentace výsledků

MaCAN - Message Authenticated CAN

- CAN je standard pro industriální sítě
- Nemá v sobě žádné zabezpečení nebo autentifikaci
- MaCAN je zpětně kompatibilní nadstavba na CANu, umožňující podepisovat zprávy
- Knihovna implementovaná katedrou řídící techniky

Modifikace MaCAN knihovny

- MaCAN knihovna má silně abstrahované HW závislosti
  - Většina práce tedy spočívala v doplnění KLEE "hardwaru"
- Byl vytvořen klient pro práci s knihovnou
- Vzhledem ke svému účelu používá kryptografická primitiva, která bylo potřeba obejít

Nalezitelné chyby

- Assertion violation
- Přístup k nealokované paměť
- Dělení nulou
- Přetečení integrální aritmetiky

Nalezené chyby

- Testování nalezlo 10 potenciálních problémů, všechny v integrální aritmetice
- 3 z nich byly reálné chyby
- 1 byla nalezena jíž dříve
- 1 byla opravena
- 1 je neškodná pro současné implementace HW závislostí

Evaluace

- MaCAN knihovna v testované konfiguraci má 1340 LOC, 1700 instrukcí
- Nejlepší běh pokryl 60% všech větví a 77% všech instrukcí
- Výsledky jsou z běhu dlouhého 5 dní
- Celkové výsledky byly dostatečně dobré, aby bylo KLEE přidáno mezi způsoby testování MaCAN knihovny

Problémy

- Miskonfigurace verifikovaného programu může vést k nalezení neexistujících chyb
- Defaultní heuristika vede k zaseknutí KLEE (chyba v paměťové alokaci)
- Ani při 100% pokrytí by analýza nebyla kompletní
  - Musel jsme obejít kryptografii
  - Netestoval jsem všechny možné konfigurace knihovny

Možné pokračování

1. Heuristika pro prioritní pokrytí chybových stavů
2. Přidání detekcí dalších chyb
3. Možnost označit specifickou chybu za neškodnou

Děkuji za pozornost

Více problémů nalezeno přes dfs10

Jedná se o přehlédnutí v tabulce, dfs10 má větší pokrytí.

Path	Instrs	Time(s)	ICov(%)	BCov(%)	ICount	TSolver(%)
15dfs	4547644	416400.30	75.37	57.85	1697	99.93
10dfs	52135650	302651.30	77.61	60.76	1697	99.39
covnew	4834942	51827.84	54.10	38.66	1697	99.59

Ostatní

1. Hloubka zpráv
   - covnew spuštění běžel s hloubkou 15 stránek.
2. Doba běhu
   - Měření není přesné, dochází k dilataci (extrémní případ je zaseklý covnew)
   - Tabulka 4.7 používá data z nejúspěšnějšího běhu, který běžel kratší dobu
3. Paměťové nároky a pokrytí se s časem zvětšují