Karlsruher Institut für Technologie

Intelligent IISAS Sensor-Actuator-Systems

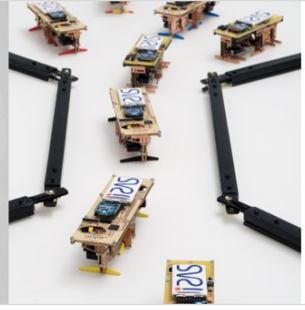
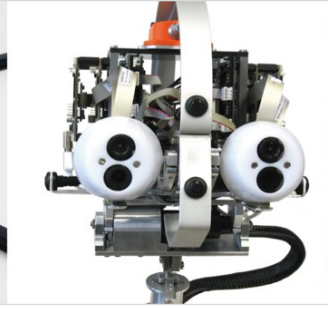
Interaktive Echtzeitsysteme IES

Fraunhofer IOSB

AMD Secure Encrypted Virtualization

Pascal Siekiera | 27. Januar 2023

Betreuer: Paul Wagner


Inhaltsverzeichnis

Cloud-Computing

- Bereitstellung IT-Ressourcen
- Modelle
  - Infrastructure as a Service
  - Platform as a Service
  - Software as a Service

```
Sicherheit wichtig ⇒ Trusted Cloud-Computing
```

{Bechtold 2005; IBM Zugriff: 12/2022; Ruediger Weis und Andreas Bogk 2004}

Stand der Technik I

- 1961 | Cloud-Computing Konzept (John McCarthy)
- 1990er Ende | Kundenbeziehungsmanagement-Webseite (Firma Salesforce) | SaaS
- 2006 | Amazon Web Services (Amazon) | IaaS
- 2007 | Förderung Cloud-Computing an US Universitäten (Google & IBM)
- 2010 Juli | OpenStack (NASA, AMD, Intel & Dell)

{Surbiryala und Rong 2019; Intel Corporation 2022, Zugriff: 11/2022; Advanced Micro Devices, Inc. 2020, Zugriff: 11/2022}

Stand der Technik II

- 2012 | Gründung OpenStack Foundation
- 2011 Okt. | Paper zur Unterstützung von Cloud-Service-Anbieter(Cloud Security Alliance)
- 2015 | Veröffentlichung Intel Software Guard eXtensions
- 2016 Mai | Ankündigung AMD Secure Encrypted Virtualization
- 2018 | Veröffentlichung AMD Secure Encrypted Virtualization

{Surbiryala und Rong 2019; Intel Corporation 2022, Zugriff: 11/2022; Advanced Micro Devices, Inc. 2020, Zugriff: 11/2022}

AMD Secure Memory Encryption

- Allzweckmechanismus zur Hauptspeicher-Verschlüsselung
- Hardware-Bauteile in CPU-Architektur
- Advanced Encryption Standard (AES) Modul
- AMD Secure Prozessor $\rightarrow$ Schlüssel
- zwei Verschlüsselungsmodelle
  - Full Memory Encryption
  - Partial Memory Encryption

{David Kaplan und Tom Woller 2021}

AMD Secure Encrypted Virtualization I

- kombiniert AMD SME & virtuelle Maschinen
- AMD-V Architektur
- Ziel: virtuelle Maschinen schützen
  - physische Angriffe
  - Hypervisor-Angriffe
  - Angriffe anderer virtuellen Maschinen
- keine Software-Modifikationen

{David Kaplan und Tom Woller 2021; Buhren, Werling und Seifert 2019}

AMD Secure Encrypted Virtualization II

- Sicherheitsmodell
  - isolierte Bereiche anstatt Ring-basiert
  - streng kontrollierte Kommunikationspfade zwischen Hypervisor & Gast
- Schwachstellen
  - SEV-Plattform vortäuschen
  - Migrations- & Debug-Override-Angriffe

genauer eingehen auf Architektur?

{David Kaplan und Tom Woller 2021; Buhren, Werling und Seifert 2019}

Intel SGX

- x86 Prozessorarchitektur Erweiterung
- Hardware-unterstützte Trusted Execution Environments (TEE) / Enklaven
- Schutz vor physikalische Speicherzugriffe o.Ä.
  Zugriffskontrollmechanismus
- Hardware-basierte Memory Encryption Engine (MEE)
- Datentransport zwischen Enklaven-Seiten-Cache (EPC) & System-Speicher
- Intel signierte Enklaven
  - Provisioning Enclave
  - Provisioning Certification Enclave
  - Quoting Enclave

Intel signierte Enklaven hier oder bei Remote Attestation vergleich?

{Costan und Devadas 2016; Knauth u. a. 2018; Mofrad u. a. 2018; Swami 2017}

Funktion & Anwendungsfälle

- Intel SGX
  - Desktop- / Mobile-Prozessor
  - Mikro-Services / kleinere Apps
  - kleine Menge an sicherheits-sensitiven Daten
- AMD SEV
  - Server-Prozessor (AMD EPYC)
  - anspruchsvolle Anwendungen
  - viele Daten, kein höheres Maß an Sicherheit

{Mofrad u. a. 2018}

Sicherheit

- Intel SGX
  - Advanced Encryption Standard → Speicherintegritätsschutz
  - Betriebssystem (OS) übernimmt System Calls → Denial of Service Attacke möglich (Enklaven-Prozesse von OS verweigert oder eliminiert)
  - Leistungssteigerung durch Multi-Threading → Kontrollfluss Verlust möglich
  - Cache-Zugriffsmessungen → Enklaven-Geheimnisse
  - Seitenkanalangriffe
- AMD SEV
  - Memory Encryption Engine im Electronic Codebook (ECB) Modus
  - Data-Leaks durch ECB → AMD Algorithmus
  - kein Speicherintegritätsschutz
  - Manipulation von Speicherseiten / DOS-Angriffe durch höher privilegierten Hypervisor → VM-spezifischen AMD Secure Prozessor Schlüssel

{Mofrad u. a. 2018}

Performance

- verschlüsselter Speicher, großer Pufferspeicher
  $\rightarrow$ AMD schneller
- Einsatz AMD SEV $\rightarrow$ Leistungseinbuße $\sim$1,9x
- Einsatz Intel SGX $\rightarrow$ Leistungseinbuße $\sim$8,2x

`komplexer Workload mit großem Pufferspeicher` $\Rightarrow$ **`AMD übertrifft Intel`**

{Mofrad u. a. 2018}

Remote Attestation

Sicherheitsmechanismus → Vertrauenswürdigkeit, Verifikation der Geräte-Integrität

- Intel SGX
  - gegen Vortäuschen von SGX
  - bei Enklaven-Instanziierung nötig
  - Intel signierte Enklaven
    - Provisioning Enclave
    - Provisioning Certification Enclave
    - Quoting Enclave
- AMD SEV
  - gegen Vortäuschen SEV & Modifikation von virtuellen Maschinen
  - bei Einsatz oder Migration eines Gastes nötig
  - sicherer Übertragungskanal
    → Authentizität, Integrität & Vertraulichkeit der Kommunikation

SEV einsatz von schlüsseln...?

{Knauth u. a. 2018; Swami 2017; Buhren, Werling und Seifert 2019}

Schlussfolgerung

- Intel SGX
  - starker Speicherintegritätsschutz

  $\Rightarrow$ kleine aber streng sicherheitskritische Applikationen
- AMD SEV
  - kein Speicherintegritätsschutz
  - Bereitstellung großer Mengen an Ressourcen für Applikationen
  - bessere Performance als Intel SGX

  $\Rightarrow$ komplexe & oder ältere Anwendungen/Dienstleistungen

Literatur I

[1] Advanced Micro Devices, Inc. *Secure Encrypted Virtualization API Version 0.24 — Technical Preview*. Techn. Ber. Advanced Micro Devices, Inc., 2020, Zugriff: 11/2022.

[2] Stefan Bechtold. *Trusted Computing: rechtliche Probleme einer entstehenden Technologie*. ger. Preprints of the Max Planck Institute for Research on Collective Goods 2005,20. Bonn, 2005. URL: http://hdl.handle.net/10419/26879.

[3] Robert Buhren, Christian Werling und Jean-Pierre Seifert. „Insecure Until Proven Updated: Analyzing AMD SEV's Remote Attestation“. In: *Proceedings of the 2019 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*. CCS '19. London, United Kingdom: Association for Computing Machinery, 2019, S. 1087–1099. ISBN: 9781450367479. DOI: 10.1145/3319535.3354216. URL: https://doi.org/10.1145/3319535.3354216.

[4] Victor Costan und Srinivas Devadas. *Intel SGX Explained*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2016/086. https://eprint.iacr.org/2016/086. 2016. URL: https://eprint.iacr.org/2016/086.

Literatur

Literatur II

[5] Jeremy Powell David Kaplan und Tom Woller. *AMD MEMORY ENCRYPTION*. Techn. Ber. Advanced Micro Devices, 2021.

[6] IBM. *Was ist Cloud-Computing? - Deutschland - IBM*. Techn. Ber. IBM, Zugriff: 12/2022.

[7] Intel Corporation. *Intel® Software Guard Extensions (Intel SGX), Protect and Isolate Confidential Data — Even While You Share and Process It*. Techn. Ber. Intel Corporation, 2022, Zugriff: 11/2022.

[8] Thomas Knauth u. a. *Integrating Remote Attestation with Transport Layer Security*. 2018. DOI: 10.48550/ARXIV.1801.05863. URL: https://arxiv.org/abs/1801.05863.

[9] Saeid Mofrad u. a. „A Comparison Study of Intel SGX and AMD Memory Encryption Technology“. In: *Proceedings of the 7th International Workshop on Hardware and Architectural Support for Security and Privacy*. HASP '18. Los Angeles, California: Association for Computing Machinery, 2018. ISBN: 9781450365000. DOI: 10.1145/3214292.3214301. URL: https://doi.org/10.1145/3214292.3214301.

Literatur

Literatur III

[10] Ruediger Weis und Andreas Bogk. *Trusted Computing - eine unendliche Geschichte*. Techn. Ber. cryptolabs Amsterdam, Chaos Computer Club Berlin, 2004.

[11] Jayachander Surbiryala und Chunming Rong. „Cloud Computing: History and Overview“. In: *2019 IEEE Cloud Summit*. 2019, S. 1–7. DOI: 10.1109/CloudSummit47114.2019.00007.

[12] Yogesh Swami. *SGX Remote Attestation is not Sufficient*. Cryptology ePrint Archive, Paper 2017/736. https://eprint.iacr.org/2017/736. 2017. URL: https://eprint.iacr.org/2017/736.

Literatur