"The science of today is the technology of tomorrow."

(Zitat: Edward Teller, Physiker)

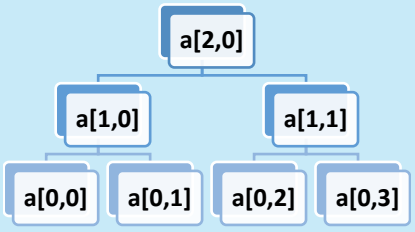
mVISE erklärt: Vorteile der Post-Quanten-Signaturen

Elektronische Signaturen spielen bei IT-Sicherheitslösungen eine entscheidende Rolle. Sie ermöglichen die Echtheitsverifizierung von Kommunikationspartnern im Internet, z.B. in E-Commerce- und E-Banking-Lösungen. Zudem sollen sie die Echtheit von E-Mails, SSL-Zertifikaten oder Software-Updates gewährleisten und gehören zu den asymmetrischen kryptographischen Verfahren.

XMSS: die Zukunft der Signaturen

Das neue e**X**tended **M**erkle **S**ignature **S**cheme (XMSS) Signatur-Verfahren wurde in RFC 8391 als offener Internet-Standard definiert. Es ist eines der ersten standardisierten asymmetrischen Kryptosysteme für Signaturen, welches sich gegen Angriffe von Quantencomputern behaupten kann.

In der asymmetrischen Kryptographie gibt es zwei Schlüssel: einen privaten und einen öffentlichen Schlüssel. Der öffentliche Schlüssel, auch Public Key genannt, ist für jeden frei zugänglich. Die Sicherheit von Public Key Krypto-Verfahren hängt davon ab, ob sich ein komplexes mathematisches Problem in einem bestimmten Zeitraum lösen lässt (wie z.B. der diskrete Logarithmus oder das Zerlegen von Zahlen in ihre Primfaktoren). Was für herkömmliche Computer unlösbar ist, stellt für die neuen Quantencomputer jedoch kein Problem dar – sie können die mathematischen Probleme in kürzester Zeit lösen. Somit sind bisherige Public Key-Verfahren nicht mehr sicher und digitale Unterschriften können gefälscht werden.



Merkle-Baum mit 4 Blättern, n = 2.

Deshalb sind neue Verfahren gefragt, um auch in der Zukunft sichere Kommunikation zu ermöglichen.

Wie funktioniert XMSS?

XMSS basiert auf dem Merkle-Signaturverfahren, welches sogenannte Merkle-Bäume und Einmalsignaturen (Hashfunktionen) verwendet. Die Sicherheit dieses Signaturverfahrens hängt von den gewählten Hashfunktionen ab.

Bei dem XMSS-Verfahren wird zunächst eine Signatur mit dem Winternitz⁺ One-time Signature Scheme (W-OTS⁺) gebildet. Anschließend wird ein leicht abgewandelter Merkle-Hash Baum verwendet. Dieser kann eine limitierte Anzahl von Nachrichten ($N = 2^n$) verifizieren. Dies funktioniert folgendermaßen:

Wenn Alice eine Nachricht an Bob schickt, hat Bob Zugriff auf den öffentlichen Schlüssel K_{pub} von Alice. Dieser kann durch den öffentlichen Schlüssel X und dem privaten Schlüssel (Y) 2^n - verschiedene Einmal-Signaturen verifizieren. Für die privaten Schlüssel Y_i wird eine Einweg-Funktion, eine sogenannte Hash-Funktion (H) angewendet, so dass $h_i = H(Y_i)$. Das entspricht dem Blatt $a_{0,i}$ im Merkle Hash-Baum. Der Baum selber hat die Knoten $a_{j,i}$ – wobei i von links nach rechts durchnummeriert wird. Die Ebene des Baumes wird von j dargestellt und startet bei den Blättern mit 0 und endet bei n. H(Y[0]) wäre demensprechen a[0,0], und ist Bob als gesendete Nachricht bekannt. Um den nächsten Knoten a[1,0] zu verifizieren, muss Alice a[0,1] schicken, so dass der Knoten berechnet werden kann: a[1,0] =

H(a[0,0]|| a[0,1]) . Dies geschieht nach der folgenden Formel: $a_{i,j} = H(a_{i-1,j} || a_{i-1,j-1})$. Der Schritt wird so oft wiederholt, bis der Knoten a[n,0] erreicht wurde, welcher unser K_{pub} ist. Dieser ist der Wurzelknoten. Sind beide Werte, gegebener und errechneter, identisch, so ist die Signatur gültig.

XMSS nutzt zusätzlich Zufallszahlen bei der Verifizierung einzelner Knotenpunkte. Dies erhöht die Sicherheit des Verfahrens.

Warum ist XMSS „post-quanten-sicher“?

Dadurch, dass das XMSS-Verfahren seine Sicherheit nicht aus der mathematischen Aufgabenstellung (wie diskrete Logarithmus oder Primfaktorzerlegung) gewinnt, sondern aus der Schwierigkeit der Umkehrbarkeit der Hashfunktion, verliert ein Quanten-Computer seinen mathematischen Vorteil. Denn ein Quanten-Computer kann, im Vergleich zu einem herkömmlichen Rechner, viele Ergebnisse parallel bearbeiten. Folglich erlauben die verwendeten Hashfunktionen durch den Einsatz des Merkle-Baums die digitale Signatur. Dies ist nun die Voraussetzung für eine post-quanten sichere digitale Signatur.

Was bietet mVISE an?

Die mVISE AG bietet ein umfassendes Leistungsspektrum rund um das Thema Informationssicherheit. Kunden profitieren von einem ganzheitlichen Lösungsansatz. mVISE unterstützt, berät und realisiert IT-Security-Projekte von der Konzeption bis zur Umsetzung in allen Phasen. Die Herausforderungen der Digitalisierung löst mVISE gemeinsam mit den Kunden.

Über den Autor

Bernhard Borsch ist als Manager IT Security bei der mVISE AG tätig. Zu seinen Kernkompetenzen gehört neben PKI und Kryptographie auch das Themenfeld Enterprise Security.

Derzeit unterstützt er mit seinem Team Kunden bei der Absicherung ihrer Enterprise Serverlandschaft.

Bernhard Borsch
Senior Security Consultant bei der mVISE AG
Mail: Bernhard.Borsch@mvise.de
Mobil: +49 152 341 512 36

Referenzen

Buchmann, Johannes, Erik Dahmen, and Andreas Hülsing. "XMSS-a practical forward secure signature scheme based on minimal security assumptions." International Workshop on Post-Quantum Cryptography. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.

Huelsing, A., Butin, D., Gazdag, S., Rijneveld, J., & Mohaisen, A. (2018). XMSS: eXtended Merkle Signature Scheme (No. RFC 8391).