عنوان ارائه:

بررسی الگوریتم‌های درهم‌سازی شکسته شده

A Review on Broken Hashing Algorithms

توسط: علیرضا صادقی نسب

استاد: دکتر وحید رافع

تاریخ ارائه: 1400/08/24

فهرست مطالب

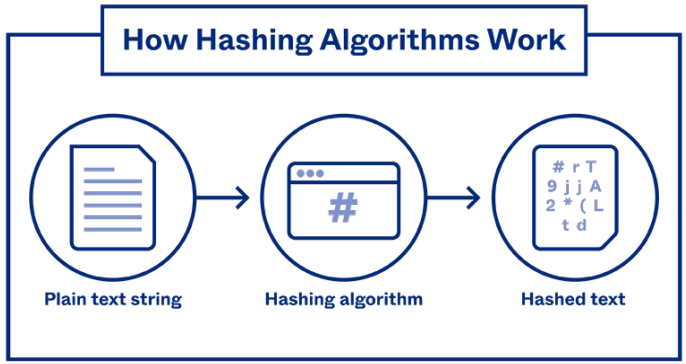
مقدمه

- **الگوریتم‌های درهم‌سازی**

☆ یک الگوریتم درهم‌سازی یا Hash، تابعی است که داده ورودی را به یک خروجی رشته‌ای با طول ثابت تبدیل می‌کند. خروجی این تابع به طور کلی، از داده اصلی بسیار کوچکتر است

☆ از الگوریتم‌های Hash برای کارهای مختلفی از جمله بررسی صحت یکپارچگی داده‌ها، ذخیره اطلاعات حساس و غیره استفاده می‌گردد

☆ الگوریتم‌های Hash به گونه‌ای طراحی می‌شوند تا در برابر تصادم، مقاوم باشند. این بدان معنی است که احتمال تولید یک رشته یکسان برای دو داده متفاوت، باید بسیار کم باشد



مقدمه

- **حمله تصادم**

☆ در رمزنگاری، حمله تصادم به یک تابع درهم‌سازی سعی می‌کند دو ورودی مختلفی را پیدا کند که مقدار درهم‌شده هر دو، یکسان باشد.

☆ به طور کلی، دو حمله تصادم وجود دارد:

☑ حمله تصادم: دو رشته مختلف m1 و m2 پیدا می‌شود به طوری که:

$$hash(m1) = hash(m2)$$

☑ حمله تصادم با پیشوند انتخاب شده: دو پیشوند متفاوت p1 و p2 و دو رشته m1 و m2 پیدا می‌شود به طوری که:

$$hash(p1 \,||\, m1) = hash(p2 \,||\, m2)$$

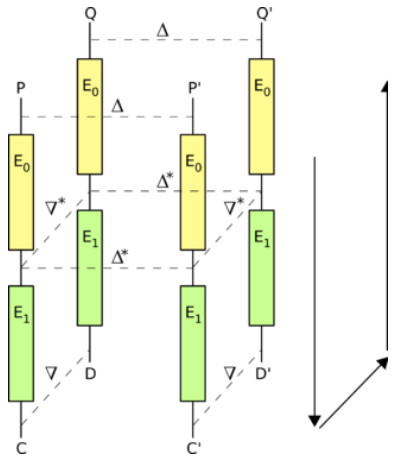
Concatenation Operator

مقدمه

- **حمله بومرنگ**

☆ در رمزنگاری، حمله بومرنگ روشی برای تجزیه و تحلیل رمزی (cryptanalysis) رمزهای بلوکی است. این روش مبتنی بر تحلیل رمزی افتراقی (differential cryptanalysis) است. از این روش در ابتدا برای شکستن رمز COCONUT98 استفاده شده بود

☆ همانطور که پیشتر اشاره شد، این حمله بر پایه تحلیل رمزی افتراقی است. در این رویه، یک مهاجم از این ویژگی که چگونه تفاوت در ورودی یک متن ساده می‌تواند بر تفاوت حاصل در خروجی (متن رمز) تاثیر بگذارد، سوء استفاده می‌کند.



مقدمه

- **حمله پیش‌تصویر**

☆ در رمزنگاری، حمله پیش‌تصویر سعی می‌کند یک رشته‌ای را پیدا کند که یک مقدار درهم شده خاصی را داشته باشد.

☆ به طور کلی، دو نوع مقاومت در برابر حمله پیش‌تصویر داریم:

☑ مقاومت پیش‌تصویر: این مقاومت صرفاً مختص خروجی‌های از پیش مشخص شده است. تابع درهم‌سازی مقاوم، تابعی است که در آن از لحاظ محاسباتی، پیدا کردن ورودی‌ای که مقدار خروجی آن مشخص باشد، امکان‌پذیر نباشد.

☑ مقاومت پیش‌تصویر دوم: این مقاومت مختص ورودی از پیش مشخص شده است. تابع درهم‌سازی مقاوم، تابعی هست که در آن از لحاظ محاسباتی، پیدا کردن ورودی دیگری که مقدار درهم آن، خروجی مشابه‌ای را تولید کند، امکان‌پذیر نباشد.

الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم SHA-0**

  - الگوریتم در سال ۱۹۹۳ معرفی شد
  - تا سال ۱۹۹۷ به عنوان یک الگوریتم درهم‌سازی قوی تلقی می‌شد اما در سال ۱۹۹۸ تضعیف شد
  - در سال ۲۰۰۴و ۲۰۰۵ چندین بار مورد حمله قرار گرفت. تمامی این حمله‌ها از جنس پیدا کردن تصادم بودند
  - در سال ۲۰۰۸ مورد حمله بومرنگ قرار گرفت و پیچیدگی پیدا کردن تصادم آن به قدری پایین آمد که تخمین زده شد یک کامپیوتر متوسط می تواند طی یک ساعت، این کار را انجام بدهد. پیچیدگی پیدا کردن تصادم‌ها در این روش، $2^{33.6}$ می‌باشد

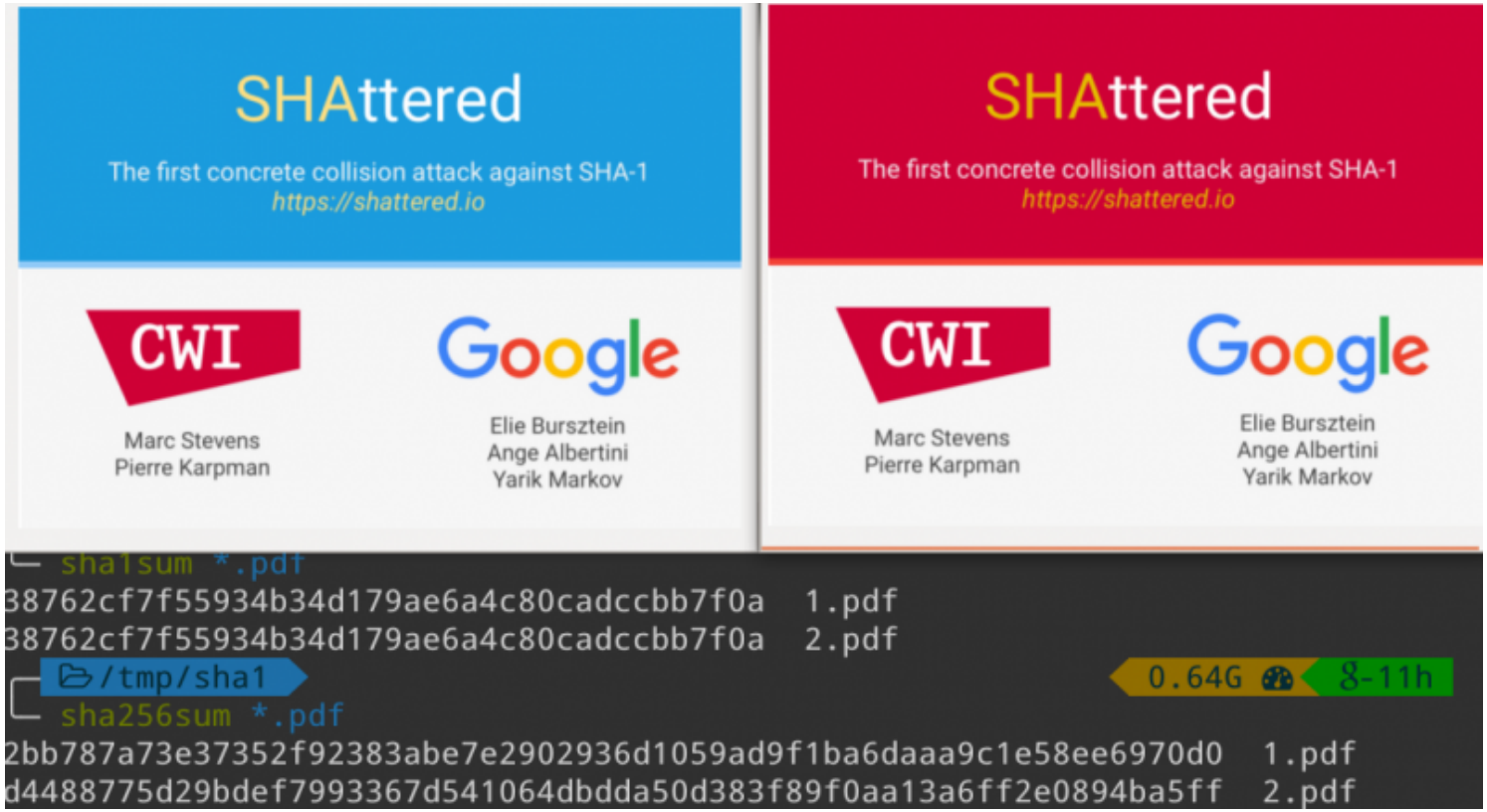
الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم SHA-1**

  - این الگوریتم در سال ۱۹۹۵ توسط سازمان NSA آمریکا معرفی و ثبت شد
  - استفاده‌های متعددی از SHA-1 در حوزه‌های مختلفی می‌شود از جمله، commit های Git همگی با این الگوریتم، درهم می‌شوند. البته استفاده از این الگوریتم در Git، به جهت امنیت نیست و صرفا برای بررسی یکپارچگی و تشخیص دستکاری شدن فایل‌ها می‌باشد. از استفاده‌های مشهور دیگر این الگوریتم می‌توان به بکارگیری در پروتکل‌های TLS و SSL و IPSec نام برد
  - این الگوریتم تا سال ۲۰۰۳ به عنوان یک الگوریتم درهم‌سازی قوی تلقی می‌شد اما در سال ۲۰۰۴ شبهاتی از جهات تئوری در خصوص مقاومت آن مطرح شد تا اینکه در سال ۲۰۱۷ به صورت رسمی، یک تصادم برای آن پیدا شد. اطلاعات این تصادم در وبلاگ تخصصی امنیت گوگل منتشر شد

الگوریتم‌های شکسته شده

https://shattered.io



الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم MD2**

* این الگوریتم در سال 1989 توسط آقای Ronald Linn Rivest معرفی شد. این الگوریتم برای کامپیوترهای ۸–بیتی بهینه‌سازی شده است
* این الگوریتم نیز تا سال ۲۰۰۳ تضعیف شده بود و در نهایت، در سال ۲۰۰۴، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ مورد حمله قرار گرفت. دو حمله اول از نوع پیش‌تصویر و حمله آخر از نوع تصادم می‌باشد
* این الگوریتم از سال ۲۰۰۴ به طور کامل شکسته شده و در سال ۲۰۰۹ هم در GnuTLS، OpenSSL و NSS غیرفعال گردید ولی هنوز در زیرساخت‌های کلید عمومی که برای تولید گواهینامه‌ها به کار می‌رود، مورد استفاده قرار می‌گیرد

الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم MD4**

* این الگوریتم نیز توسط آقای Ronald Linn Rivest در سال ۱۹۹۰ معرفی شد. طول رشته درهم‌شده، ۱۲۸ بیت می‌باشد

* تنها بعد از یک سال از معرفی، ضعف‌های الگوریتم در سال ۱۹۹۱ منتشر شد. همچنین در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۴ مورد حمله تصادم و در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ مورد حمله پیش‌تصویر قرار گرفت و مقاومت آن شکسته شد

MD4 collision example [edit]

Let:

```
k1 = 839c7a4d7a92cb5678a5d5b9eea5a7573c8a74deb366c3dc20a083b69f5d2a3bb3719dc69891e9f95e809fd7e8b23ba6318edd45e51fe39708bf9427e9c3e8b9
k2 = 839c7a4d7a92cbd678a5d529eea5a7573c8a74deb366c3dc20a083b69f5d2a3bb3719dc69891e9f95e809fd7e8b23ba6318edc45e51fe39708bf9427e9c3e8b9
```

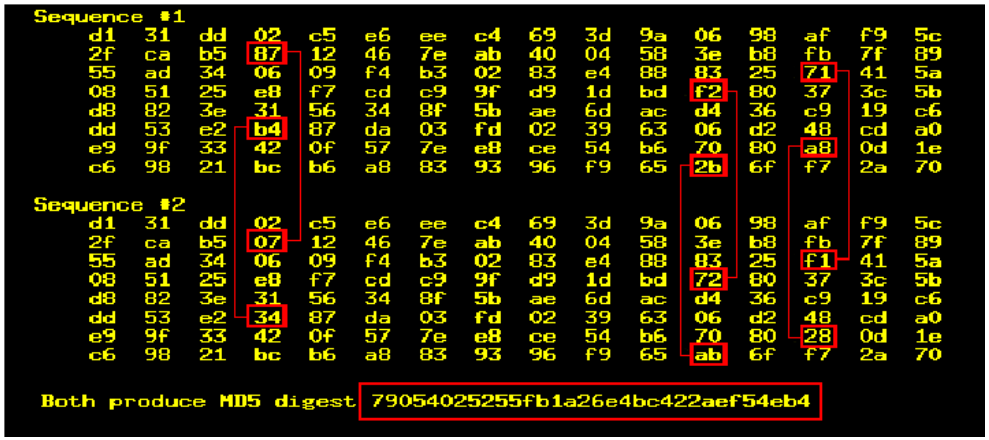
k1 ≠ k2, but MD4(k1) = MD4(k2) = 4d7e6a1defa93d2dde05b45d864c429b

الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم MD5**

✱ این الگوریتم در سال ۱۹۹۲ منتشر و معرفی شد. در ابتدا جهت رمزنگاری مورد استفاده قرار می‌گرفت اما به دلیل تهدیدات امنیتی زیادی که مورد توجه آن قرار گرفت، به کلی کنار گذاشته شد اما هم‌اکنون هم برای بررسی یکپارچگی فایل‌ها (checksum) مورد استفاده قرار می‌گیرد

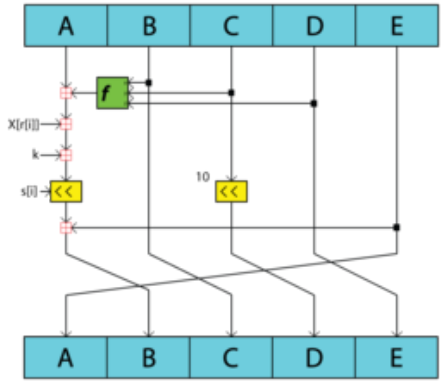
✱ برای اولین بار در سال ۲۰۰۴، تصادم برای آن ارائه شد. این الگوریتم هر چند که در مقاله‌های دیگری نیز مورد حمله‌های تصادم و پیش‌تصویر قرار گرفته است ولی هنوز در برخی از سیستم‌ها، به عنوان درهم‌کننده رمز عبور کاربران استفاده می‌شود



الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم RIPEMD**

* نمونه ابتدایی پیاده‌سازی این الگوریتم در سال ۱۹۹۲ و نمونه‌های دیگر آن در سال ۱۹۹۶ معرفی شدند. در حال حاضر، نمونه RIPEMD-160 متداول بوده و به صورت عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد
* در سال ۲۰۰۴، نمونه تصادم برای آن معرفی شد اما قابل اعمال برای نمونه دیگر آن (RIPEMD-160) نبود
* از نمونه توسعه یافته این الگوریتم برای تولید آدرس‌های بیت‌کوین نیز استفاده می‌شود



یک زیربلوک از تابع فشرده‌سازی الگوریتم درهم‌سازی RIPEMD-160

الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم HAVAL**

✱ این الگوریتم در سال ۱۹۹۲ معرفی شد. برخلاف الگوریتم MD5، این الگوریتم می‌توان رشته‌های درهم شده با طول متفاوتی را تولید کند. همچنین امکان مشخص کردن تعداد round ها نیز توسط کاربر وجود دارد

✱ خروجی‌های این الگوریتم به صورت اعداد هگزادسیمال ۳۲، ۴۰، ۴۸، ۵۶ و ۶۰ بیتی نشان داده می‌شوند

✱ این الگوریتم نیز مشابه MD5 و RIPEMD در سال ۲۰۰۴ و در همان مقاله، شکسته شد و برای آن یک تصادم ارائه شد

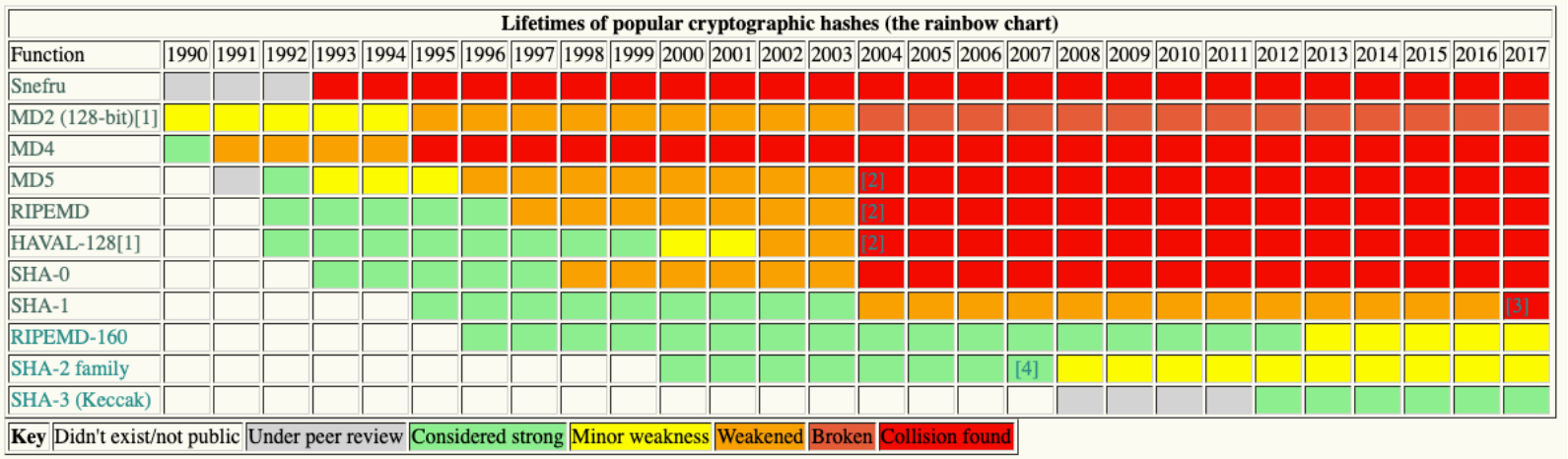
الگوریتم‌های شکسته شده

- **الگوریتم Snefru**

* این الگوریتم در سال ۱۹۹۰ توسط Ralph Merkle اختراع شد. خروجی‌های این الگوریتم به صورت ۱۲۸ بیتی و ۲۵۶ بیتی هستند
* در سال ۲۰۰۸، با بهره‌گیری از تحلیل رمزی افتراقی، تصادم برای آن کشف شد
* طراحی الگوریتم بعد از این اتفاق دستخوش تغییر شد و تعداد پیمایش‌های اصلی الگوریتم از ۲ به ۸ واحد افزایش یافت. هر چند که تحلیل رمزی افتراقی می‌تواند نسخه بهبود یافته را نیز شکست دهد اما تعداد عملیات‌های آن به قدری زیاد است که در عمل امکان‌پذیر نیست

الگوریتم‌های شکسته شده

- طول عمر الگوریتم‌های بررسی شده



Lifetimes of popular cryptographic hashes (the rainbow chart)

Function	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Snefru																												
MD2 (128-bit)[1]																												
MD4																												
MD5															[2]													
RIPEMD															[2]													
HAVAL-128[1]															[2]													
SHA-0																												
SHA-1																												[3]
RIPEMD-160																												
SHA-2 family																		[4]										
SHA-3 (Keccak)																												

Key Didn't exist/not public | Under peer review | Considered strong | Minor weakness | Weakened | Broken | Collision found

با تشکر از توجه شما