

Störungstolerante Datentheorie für drahtlose Kommunikation

Obaid Ur-Rehman · Natasja Zivic

Störungstolerante Datentheoretische Authentifizierung für drahtlose Kommunikation

Obaid Ur-Rehman
Lehrstuhl für Digitale
Kommunikationssysteme
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

Natasa Zivic
Fakultät Digitale Transformation
Hochschule für Technik, Wirtschaft und
Kultur Leipzig
Leipzig, Deutschland

ISBN 978-3-031-41751-1 ISBN 978-3-031-41752-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-41752-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnetet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Dieses Buch ist eine Übersetzung des Originals in Englisch „Noise Tolerant Data Authentication for Wireless Communication“ von Obaid Ur-Rehman, publiziert durch Springer Nature Switzerland AG im Jahr 2018. Die Übersetzung erfolgte mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (maschinelle Übersetzung). Eine anschließende Überarbeitung im Satzbetrieb erfolgte vor allem in inhaltlicher Hinsicht, so dass sich das Buch stilistisch anders lesen wird als eine herkömmliche Übersetzung. Springer Nature arbeitet kontinuierlich an der Weiterentwicklung von Werkzeugen für die Produktion von Büchern und an den damit verbundenen Technologien zur Unterstützung der Autoren.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Axel Garbers
Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Das Papier dieses Produkts ist recycelbar

Vorwort

Mit der schnellen Entwicklung und der Vereinfachung der Erstellung und Verteilung digitaler Inhalte über das Internet ist das Teilen digitaler Daten zu einem allgegenwärtigen Teil unseres täglichen Lebens geworden. Dies beinhaltet Daten in Form von digitalem Multimedia wie Text, Audio, Video und Bilder. Gleichzeitig gab es ein enormes Wachstum bei den Methoden, die Authentizität und Authentifizierungsmethoden von Daten, die über moderne Kommunikationsnetzwerke übertragen werden, sowie die gespeicherten Daten zu kompromittieren.

Standard-Authentifizierungsmechanismen sind sehr empfindlich und nicht robust gegenüber jeglichen Modifikationen. Selbst eine einzige Bit-Modifikation wird die Daten nach dem Scheitern des Authentifizierungstests beim Empfänger unbrauchbar machen. Meistens ist ein Wiederholung möglich, und die Daten können von der Quelle erneut übertragen werden. Manchmal existiert jedoch eine solche Wiedermöglichkeit nicht, z. B. im Falle einer Satellitenübertragung. In solchen Fällen besteht die Notwendigkeit, dass solche Datenauthentifizierungsmechanismen verwendet werden, die nicht nur in der Lage sind, unbeabsichtigte Modifikationen zu tolerieren, sondern auch bestimmte Modifikationen zu identifizieren, zu lokalisieren und wenn möglich zu korrigieren.

Dies wird durch die Verwendung einiger neuer Algorithmen für die Datenauthentifizierung ermöglicht, die mit Techniken zur Vorwärtsfehlerkorrektur zusammenarbeiten, so dass geringfügige Modifikationen oder Fehler nicht nur toleriert, sondern auch so weit wie möglich korrigiert werden. Dies hängt von vielen Faktoren ab, wie z. B. der Fehlerkorrekturfähigkeit der von der störungsresistenten Authentifizierungsmethode verwendeten Vorwärtsfehlerkorrekturcodes und auch der Störungsresistenzfähigkeit der Authentifizierungsschemata. Es besteht natürlich die Gefahr, dass die Sicherheit durch die Zulassung einer höheren Robustheit beeinträchtigt werden könnte. Einige der in diesem Buch diskutierten geräuschresistenten Authentifizierungsmethoden haben die Fähigkeit, die Robustheit mit bestimmten Parametern des Schemas zu konfigurieren.

Dieses Buch ist in sieben Kapitel gegliedert. Die ersten vier Kapitel führen das Hintergrundmaterial ein, das benötigt wird, um die nächsten drei Kapitel zu verstehen. Die letzten drei Kapitel basieren auf den Ergebnissen der

Forschungsarbeit, die die Autoren während ihrer Arbeit an der Universität Siegen, Deutschland, durchgeführt haben.

Kap. 1 führt die Grundlagen der Datentypauthentifizierung in Anwesenheit von Modifikationen ein. Daten, die an der Quelle erzeugt werden, können auf viele Arten von Quelle zu Senke modifiziert werden. Dies beinhaltet absichtliche und unbeabsichtigte Modifikationen, wobei die ersten ernster sind, aber auch den letzteren sollte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Kap. 2 behandelt die Eigenschaften eines drahtlosen Kommunikationskanals und wie die Datenübertragung durch den Kanal beeinflusst wird. Mit dem ständig steigenden Einsatz moderner Geräte mit Internetverbindung wird immer mehr Daten über den drahtlosen Kanal zusätzlich zum standardmäßigen verkabelten Kanal übertragen. Verschiedene Mittel zur Bekämpfung der durch die Kommunikation über einen drahtlosen Kanal eingeführten Datenkorruption werden in dem Kapitel vorgestellt.

Kap. 3 diskutiert die Notwendigkeit robuster Authentifizierungsmechanismen. Diese Authentifizierungsmechanismen, im Gegensatz zu den Standard-Datenauthentifizierungsmechanismen, sind tolerant gegenüber bestimmten Modifikationen. Einige dieser Mechanismen sind so konzipiert, dass sie einige Bit-Modifikationen tolerieren, während andere zusätzlich auch die modifizierten Datenpartien korrigieren können, indem sie Vorwärtsfehlerkorrekturcodes als Teil der Authentifizierung verwenden. Störungstolerante Authentifizierung mit speziell entworfenen Nachrichtenauthentifizierungscodes sowie digitales Wasserzeichen wird in dem Kapitel diskutiert.

Kap. 4 führt die digitalen Wasserzeichentechniken zur Authentifizierung von Multimediadaten ein. Digitales Wasserzeichen, seine Klassifizierung und Eigenschaften werden diskutiert.

Kap. 5 diskutiert zwei digitale Wasserzeichentechniken zur Datentypauthentifizierung in Anwesenheit von Rauschen. Die in diesem Kapitel diskutierten Wasserzeichentechniken haben die Fähigkeit zur störungstolerante Datentypauthentifizierung sowie zur Fehlerkorrektur. Die diskutierten Techniken verwenden duale Wasserzeichen, bei denen die Fähigkeit zur Erkennung von modifizierten Standorten erlangt wird. Die zusätzliche Verwendung von Vorwärtsfehlerkorrekturcodes verleiht den Techniken die Fähigkeit, einige Modifikationen zu korrigieren. Dies ist nützlich, wenn die Modifikationen unbeabsichtigt erfolgen, z. B. durch Kanalrauschen.

Kap. 6 behandelt eine Methode zur Bildauthentifizierung mit einer modifizierten Methode zur Bildauthentifizierung basierend auf Standard-Nachrichtenauthentifizierungscodes und Kanalcodes. Die diskutierte Methode teilt das Bild in wichtige Teile, die als Region of Interest bezeichnet werden. Durch die Authentifizierung der Region of Interest mit der Soft-Input-Decryption-Methode und die Verwendung der authentifizierten Teile als Feedback für das Decodieren wird das Ergebnis der Kanaldecodierung zusätzlich zur störungstoleranten Authentifizierung verbessert.

Kap. 7 diskutiert zwei störungstolerante Datentypauthentifizierungsalgorithmen, die auf geräuschtoleranten Nachrichtenauthentifizierungscodes basieren. Diese

Codes basieren selbst auf Standard-Nachrichtenauthentifizierungscodes. Die diskutierten Methoden haben die Fähigkeit, Modifikationen zu erkennen und auf Blockebene zu lokalisieren. Es kann eine Blockgröße definiert werden, die die Granularität der Modifikationslokalisierung steuert. Diese Algorithmen haben auch die inhärente Fähigkeit zur Fehlerkorrektur. Wenn die Modifikationen die erlaubten Grenzen überschreiten und über die Fehlerkorrekturfähigkeit der Vorwärtsfehlerkorrekturcodes hinausgehen, werden die Modifikationen als Fälschungen kategorisiert.

Siegen, Deutschland
Leipzig, Deutschland

Obaid Ur-Rehman
Natasa Zivic

Danksagungen

Dieses Buch basiert auf der Forschungsarbeit, die wir, die Autoren, am Lehrstuhl für Datenkommunikationssysteme an der Universität Siegen, Deutschland, durchgeführt haben. Wir möchten die Beiträge unserer ehemaligen und gegenwärtigen Kollegen am Lehrstuhl anerkennen, denn ohne ihre Unterstützung wäre dieses Buch nicht möglich gewesen. Wir möchten insbesondere den folgenden Personen für ihre Unterstützung aufrichtig danken.

Unser erster und vorrangiger Dank gilt Christoph Ruland, der nicht nur der Vorsitzende des Lehrstuhls für Datenkommunikationssysteme ist, sondern auch der Doktorvater beider Autoren war. Er hat uns die Umgebung zur Verfügung gestellt, die wir für die Arbeit an den in dem Buch diskutierten Forschungsthemen benötigten. Er hat uns auch unterstützt, indem er uns ermöglicht hat, an der internationalen Zusammenarbeit mit der Universität Shanghai, China, zu arbeiten. Die während der Zusammenarbeit ausgetauschten Forschungsideen haben eine Grundlage für bestimmte fortgeschrittene Themen gebildet, die in dem Buch diskutiert werden.

Zweitens möchten wir auch unserem ehemaligen Kollegen Amir Tabatabaei danken, der mit uns an mehreren störungstoleranten Datenauthentifizierungsschemata kooperiert und zusammengearbeitet hat. Wir danken ihm besonders für seine Unterstützung bei der Sicherheitsanalyse der Algorithmen.

Last but not least möchten wir auch unseren Kooperationspartnern, Frau Chen Ling und Professor Wenjun Zhang, danken, die wir zunächst während des Forschungsprojekts zur störungstoleranten Videoauthentifizierung mit der Universität Shanghai kennengelernt haben. Durch verschiedene Interaktionen und Diskussionen während der Zusammenarbeit haben wir gemeinsam an vielen interessanten Ideen im Bereich des digitalen Wasserzeichens zur Authentifizierung von Videostreams gearbeitet.

Am wichtigsten möchten wir auch unseren Familien für ihre Geduld danken, während wir an dem Buch gearbeitet haben.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung und die Notwendigkeit für störungstolerante Datensauthentifizierung	1
1.1 Gestörte Daten	1
1.2 Datensauthentifizierung	2
1.3 Nachrichtenauthentifizierungscode	2
1.3.1 MAC-Erzeugung	3
1.3.2 MAC-Überprüfung	4
1.4 Authentifizierung von gestörten Daten	4
1.5 Daten- versus Inhaltsauthentifizierung	5
1.6 Schlussfolgerung	6
Literatur	6
2 Drahtlose Kommunikationen	7
2.1 Drahtlose Kommunikationstechnik	7
2.2 Drahtloser Kanal	7
2.3 Inter-Symbol-Interferenz	10
2.4 Ausbreitungsmodell	12
2.4.1 Einweg-Ausbreitung	12
2.4.2 Zweiwege-Ausbreitung	13
2.4.3 N-Wege Ausbreitung	14
2.5 Fading Modell	14
2.5.1 Rayleigh Fading	14
2.5.2 Rician Fading	15
2.6 Doppler-Verschiebung	15
2.7 Fehlerunterdrückung und -korrektur	16
2.7.1 Automatische Wiederholungsanforderung	16
2.7.2 Vorwärts-Fehlerkorrekturcodes	17
2.7.3 Diversität und Kombinationstechniken	19
2.8 Multiple Input Multiple Output	21
2.9 Schlussfolgerung	21
Literatur	21

3 Mechanismen für störungstolerante Datentypauthentifizierung	23
3.1 Approximative Message Authentication Code	23
3.2 Soft Input Decryption für Datentypauthentifizierung	25
3.3 Störungstoleranter Message Authentication Code	27
3.4 Gewichteter Störungstoleranter Message Authentication Code	28
3.5 Authentifizierung basierend auf Merkmalsextraktion	29
3.6 Zweiphasige Soft-Authentifizierung	30
3.7 Wasserzeichenbasierte Authentifizierung von gestörten Daten	30
3.8 Schlussfolgerung	31
Literatur	31
4 Digitales Wasserzeichen für Bildauthentifizierung	33
4.1 Digitales Wasserzeichen	33
4.1.1 Erzeugung des Wasserzeichens	33
4.1.2 Einbettung des Wasserzeichens	34
4.1.3 Extraktion des Wasserzeichens	34
4.2 Anforderungen an digitales Wasserzeichen	34
4.2.1 Unsichtbarkeit	34
4.2.2 Manipulationserkennung	35
4.2.3 Robustheit	35
4.2.4 Kapazität	35
4.3 Klassifizierung von digitalen Wasserzeichen	35
4.3.1 Einbettung	36
4.3.2 Robustheit	36
4.3.3 Wahrnehmbarkeit	37
4.3.4 Kompression	37
4.4 Schlussfolgerung	38
Literatur	38
5 Duales Wasserzeichen	39
5.1 Wasserzeichen in mehreren Bereichen	39
5.1.1 Kantenerkennung	40
5.1.2 Diskrete Cosinustransformation	41
5.1.3 Erzeugung und Einbettung von dualen Wasserzeichen	41
5.1.4 Einbetten von Wasserzeichen	45
5.1.5 Extraktion von Wasserzeichen	45
5.1.6 Fehlerlokalisierung und Korrektur mit Hilfe des extrahierten Wasserzeichens	46
5.2 Simulationsergebnisse und Analyse	46
5.2.1 Simulationseinrichtung und Ergebnisse	46
5.2.2 Sicherheitsanalyse	48
5.3 Wasserzeichenschema basierend auf der diskreten Wavelet-Transformation	48
5.3.1 Diskrete Wavelet-Transformation	48
5.3.2 Erzeugung von Wasserzeichen	49

5.3.3	Einbetten von Wasserzeichen	50
5.3.4	Extraktion von Wasserzeichen	51
5.3.5	Bildauthentifizierung	51
5.3.6	Simulationsergebnisse für COFDM.	51
5.4	Schlussfolgerung	51
	Literatur.	52
6	Verbesserte Kanaldecodierung basierend auf der Authentifizierung der Bildbereiche von Interesse	53
6.1	Verbesserte Kanaldecodierung.	53
6.2	Senderseite	54
6.3	Empfängerseite	54
6.3.1	Phase 1	55
6.3.2	Phase 2	57
6.4	Simulationsergebnisse	58
6.5	Schlussfolgerung	59
	Literatur.	60
7	Authentifizierung mit Fehlerlokalisierung auf Blockebene	61
7.1	Authentifizierung mit Fehlerlokalisierung und -korrektur.	61
7.2	Bausteine der Authentifizierungsmethode	62
7.3	Allgemeine Annahmen.	63
7.4	Fehlerlokalisierender und korrigierender NTMAC	63
7.5	Fehlerlokalisierender und -korrigierender WNTMAC	64
7.6	Simulationsparameter	65
7.7	Simulationsergebnisse	66
7.8	Schlussfolgerung	69
	Literatur.	71