

Themen

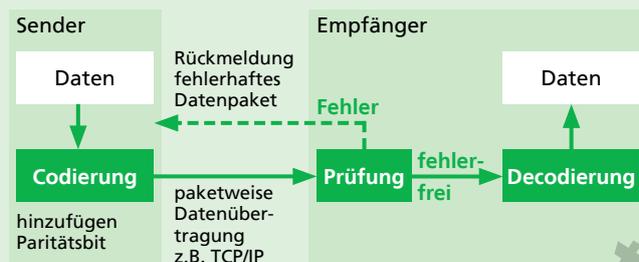
	Seite	
Barcode (EAN)	A-4	1
QR-Code	A-7	2
Paritätsbit	A-10	3
Prüfziffer	A-13	4
Vorwärtsfehlerkorrektur	A-17	5
Fehlerkorrekturverfahren bewerten	A-20	6
Hexadezimale Zahlen	A-25	7

weitere Themen siehe Seite A-3

Vorwärtsfehlerkorrektur

Durch technische Probleme oder äußere Einflüsse können bei der Übertragung von Daten Fehler auftreten. Sie können zur Veränderung einzelner Bits oder ganzer Datenpakete führen. Zu einer sicheren Datenübertragung gehören daher auch Maßnahmen zur Fehlererkennung und -korrektur.

Seit den frühen 1970er Jahren beruht die Datenübertragung im Internet auf dem Protokoll TCP/IP. Sender und Empfänger stehen während der Datenübertragung über dieses Protokoll in ständigem Kontakt zueinander. Beim Empfänger werden ankommende Daten auf Fehler überprüft. Dabei werden Paritätsbits genutzt, die beim Sender im Zuge der Codierung zu den Datenpaketen hinzugefügt wurden. Wird ein Fehler festgestellt, erfolgt eine Rückmeldung an den Sender und das betreffende Datenpaket wird erneut übertragen.

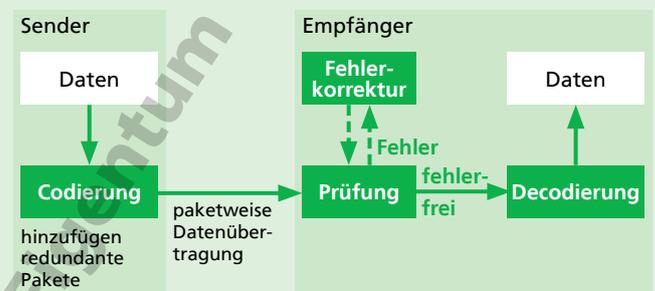


Ablaufschema Rückwärtsfehlerkorrektur

Da die Fehlerkorrektur eine Rückmeldung an den Sender erfordert, nennt man diese Art der Fehlerkorrektur auch Rückwärtsfehlerkorrektur. Sie benötigt kaum zusätzliche Übertragungskapazität, ist durch die mehrfache Übertragung fehlerhafter Pakete aber langsam.

Für Anwendungen, in denen es auf schnelle Datenübertragung ankommt, wie beim digitalen Antennenfernsehen (DVB), beim Mobilfunk oder aber auch beim Abspielen einer gewöhnlichen Audio-CD ist die Rückwärtsfehlerkorrektur daher nicht geeignet. Hier wird stattdessen die so genannte Vorwärtsfehlerkorrektur eingesetzt.

Statt eines Paritätsbits werden den Datenpaketen bei der Vorwärtsfehlerkorrektur beim Codieren zusätzliche, redundante Datenpakete hinzugefügt. Werden beim Empfänger Datenfehler festgestellt, können die fehlerhaften Datenpakete direkt beim Empfänger anhand dieser redundanten Daten wiederhergestellt werden.



Ablaufschema Vorwärtsfehlerkorrektur

Da bei der Vorwärtsfehlerkorrektur die Rückmeldungen an den Sender und die mehrmalige Übertragung einzelner Datenpakete entfallen, ist dieses Verfahren deutlich schneller. Die zusätzlich übertragenen redundanten Datenpakete benötigen jedoch zusätzliche Übertragungskapazität.

Redundanzpaket erzeugen und verlorene Pakete wiederherstellen mit dem XOR-Operator

Für das Erzeugen der Redundanzpakete wird z. B. der XOR-Operator verwendet. XOR ist die Kurzform für „eXclusive OR“ (deutsch exklusiv oder) und zählt zu den logischen Operatoren. Verknüpft man zwei Bits miteinander, ist das Ergebnis eine 1, wenn die Bits unterschiedlich sind.

$$0 \text{ XOR } 0 = 0 \qquad 1 \text{ XOR } 0 = 1$$

$$0 \text{ XOR } 1 = 1 \qquad 1 \text{ XOR } 1 = 0$$

Auch zwei Datenpakete lassen sich auf diese Weise Bit für Bit mit dem XOR-Operator verknüpfen:

P1	1	0	1	0	1	0	1	0
P2	0	0	1	1	0	0	1	1
P1 XOR P2	1	0	0	1	1	0	0	1

Das wird für das Erzeugen von Redundanzpaketen aus mehreren verknüpften Datenpaketen genutzt.

Die drei Datenpakete P1, P2 und P3 werden beispielsweise um ein Redundanzpaket PR ergänzt, indem sie über die Formel $PR = (P1 \text{ XOR } P2) \text{ XOR } P3$ verknüpft werden.

P1	1	0	1	0	1	0	1	0
P2	0	0	1	1	0	0	1	1
P3	0	0	0	0	1	1	1	1
P1 XOR P2	1	0	0	1	1	0	0	1
PR=(P1 XOR P2) XOR P3	1	0	0	1	0	1	1	0

Kommt eines der drei Datenpakete beim Empfänger nicht an und ist bekannt, welches der drei Pakete fehlt, lässt es sich aus den übrigen drei Paketen wiederherstellen.

$$P1 = (PR \text{ XOR } P3) \text{ XOR } P2 \qquad P2 = (PR \text{ XOR } P1) \text{ XOR } P3$$

$$P3 = (PR \text{ XOR } P2) \text{ XOR } P1$$

Vorwärtsfehlerkorrektur

Aufgabe 1

Beschreibe den Ablauf der Vorwärtsfehlerkorrektur.

Beim Codieren werden den Datenpaketen zusätzliche, redundante Datenpakete hinzugefügt.

Beim Empfänger werden die Daten auf Fehler geprüft. Werden Datenfehler festgestellt, werden die fehlerhaften Datenpakete anhand der redundanten Daten wiederhergestellt.

Aufgabe 2

Vergleiche die Rückwärtsfehlerkorrektur und die Vorwärtsfehlerkorrektur in Bezug auf die benötigte Übertragungskapazität und die Übertragungsgeschwindigkeit.

	Rückwärtsfehlerkorrektur	Vorwärtsfehlerkorrektur
Übertragungskapazität	kaum zusätzliche Übertragungskapazität nötig	zusätzliche Kapazität für die Übertragung der Redundanzpakete nötig
Übertragungsgeschwindigkeit	gering aufgrund mehrmaliger Übertragung fehlerhafter Pakete	hoch, da alle Pakete nur einmal übertragen werden müssen

Aufgabe 3

Warum ist die Datenübertragung mittels Vorwärtsfehlerkorrektur schneller als mittels Rückwärtsfehlerkorrektur?

Rückmeldungen an den Sender und mehrmalige Übertragung fehlerhafter Datenpakete führen bei der Rückwärtsfehlerkorrektur zu einer geringen Übertragungsgeschwindigkeit.

Durch die Wiederherstellung fehlerhafter Datenpakete direkt beim Empfänger sind keine Rückmeldungen an den Sender nötig und alle Datenpakete müssen nur einmal übertragen werden. Dadurch ist die Übertragungsgeschwindigkeit höher als bei der Rückwärtsfehlerkorrektur.

Vorwärtsfehlerkorrektur

Aufgaben 4

Wie lautet das Redundanzpaket PR, das aus den folgenden Datenpaketen mit Hilfe des XOR-Operators ermittelt wird?

P1	1	0	0	1	1	0	0	1
P2	1	1	1	0	1	1	1	0
P3	0	1	0	0	1	1	0	0

$P1 \text{ XOR } P2$	0	1	1	1	0	1	1	1
$PR = (P1 \text{ XOR } P2) \text{ XOR } P3$	0	0	1	1	1	0	1	1

Aufgabe 5

Bei der Übertragung ging das Datenpaket P3 verloren. Stelle es mit Hilfe des Redundanzpakets PR und des XOR-Operators wieder her.

P1	1	0	0	1	0	0	0	1
P2	1	1	1	0	1	0	1	1
P3								
PR	0	0	0	1	0	0	0	1

$PR \text{ XOR } P2$	1	1	1	1	1	0	1	0
$P3 = (PR \text{ XOR } P2) \text{ XOR } P1$	0	1	1	0	1	0	1	1