

DIN EN 16603-50-16

DIN

ICS 49.140

**Raumfahrttechnik –
Zeitgesteuertes Ethernet;
Englische Fassung EN 16603-50-16:2021**

Space engineering –
Time triggered Ethernet;
English version EN 16603-50-16:2021

Ingénierie spatiale –
Ethernet à déclenchement temporel (TTE);
Version anglaise EN 16603-50-16:2021

Gesamtumfang 111 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16603-50-16:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN-CENELEC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-06-02 AA „Interoperabilität von Informations-, Kommunikations- und Navigationssystemen“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Dieses Dokument (EN 16603-50-16:2021) basiert auf ECSS-E-ST-50-16C.

Dieses Dokument enthält unter Berücksichtigung des DIN-Präsidialbeschlusses 1/2004 nur die Englische Fassung von EN 16603-50-16:2021.

Dieses Dokument wurde speziell zur Behandlung von Raumfahrtsystemen erarbeitet und hat daher Vorrang vor jeder anderen EN-Norm, die denselben Anwendungsbereich abdeckt, aber einen breiter gefassten Geltungsbereich besitzt (z. B. Luft- und Raumfahrt).

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Begriffe und Abkürzungen

Reihenfolge und Inhalt der folgenden Begriffe sind identisch mit denen in Abschnitt „Begriffe“ der Englischen Fassung.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe aus anderen Normen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach ECSS-S-ST-00-01.

3.2 Spezifische Begriffe

3.2.1

Annahmezeitfenster

Zeitintervall, in dem der Empfang des zu einer VL-ID gehörenden Frames erwartet wird

3.2.2

Bandwidth Allocation Gap

minimale Verzögerung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rate-Constrained-Frames, die zum gleichen Sendeintervall gehören

[QUELLE: ARINC 664 Part 7]

3.2.3

Best-Effort-Traffic

Standard-Ethernet-Frame, der weder **kritischer Verkehr** noch flussgesteuerter Verkehr ist

ANMERKUNG Ein Best-Effort-Frame oder -Traffic, wie nach Norm [IEEE 802.3] festgelegt.

3.2.4

Rundsendung

Übertragung eines Ethernet-Frames von einem Sender zu allen Empfängern

3.2.5

Cluster

Ethernet-Netzwerk, das aus Knoten besteht, die durch das zeitgesteuerte Ethernet-Protokoll miteinander synchronisiert sind

3.2.6

Komprimierungsmaster

Rolle eines Elements des Clusters, das Protokoll-Steuer-Frames (PCFs) von den Synchronisationsmastern sammelt und sie in einem Timing-Algorithmus (Komprimierung) verwendet, bevor sie an die konfigurierten Synchronisationsmaster und Synchronisationsclients zurückgesendet werden, um für Synchronisationszwecke verwendet zu werden

3.2.7

kritischer Verkehr

Fluss von kritischen Traffic-Frames, wobei bei jedem Frame die 32 Bits der höchsten Wertigkeit auf den kritischen Traffic-Marker gesetzt sind

ANMERKUNG Kritischer Traffic-Marker ist der Wert der 32 Bits der höchsten Wertigkeit der MAC-Zieladresse, der einen Frame als kritischen Verkehr identifiziert.

3.2.8

Gerät

Element eines Ethernet-Netzwerks oder ein Element, das mit einem Ethernet-Knoten verbunden ist

ANMERKUNG Ein Gerät kann entweder ein Switch oder ein **Endsystem** oder ein Host-Computer sein. Ein Gerät unterstützt nicht unbedingt RC- oder TT- oder BE-Traffic.

3.2.9

Endsystem

Netzwerkkomponente, die dem Host-Device eine Schnittstelle zum Netzwerk bereitstellt

ANMERKUNG Jedes Host-Device verwendet eine Endsystem-Schnittstelle, um einen sicheren und zuverlässigen Datenaustausch mit anderen Host-Devices sicherzustellen.

3.2.10

flussgesteuerter Verkehr

Folge von Ethernet-Paketen von einem Sender zu einem oder mehreren Empfängern

ANMERKUNG Ein flussgesteuerter Verkehr, wie in [RFC 3697] festgelegt.

3.2.11

Frame

Teil eines Pakets

ANMERKUNG 1 Die folgenden Frame-Typen werden in diesem Dokument verwendet:

- Best-Effort-Frame: Basic-Frame;
- Kritischer Traffic-Frame: Rate-Constrained-(RC)-Frame; Protokoll-Steuer-Frame (ist ein RC-Frame); zeitgesteuerter Frame (TT, en: Time-Triggered).

ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für ein Paket ist in Bild 3-1 angegeben.

3.2.12

global verwaltete MAC

eindeutige MAC-Adresse, die der Netzwerkschnittstellenkarte vom Hersteller zugewiesen wurde

3.2.13

Verknüpfung

physikalische Verbindungen zwischen Knoten in einem Netzwerk, die die Übertragung von Frames zwischen ihnen ermöglichen

3.2.14

lokal verwaltete MAC

eindeutige MAC-Adresse, die der Netzwerkschnittstellenkarte lokal zugewiesen wurde

3.2.15

Multicast

Übertragung eines Ethernet-Frames von einem Sender zu mehreren Empfängern

3.2.16

Knoten

Element eines Ethernet-Netzwerks

ANMERKUNG Ein Knoten kann entweder ein Switch oder ein Endsystem sein. Ein Knoten unterstützt nicht unbedingt RC- und TT-Traffic, allerdings mindestens BE.

3.2.17

Paket

vollständige Ethernet-Nachricht, einschließlich der Header-Information, bestehend aus der Präambel und dem Start-Frame-Delimiter

ANMERKUNG Das Ethernet-Paket ist festgelegt in 1000Base-X PCS, [IEEE 802.3], Abschnitt 36 [2], Sektion 1/Sektion 3 „Media Access Control (MAC) frame and packet specifications“. Der Aufbau ist in Bild 3-1 angegeben.

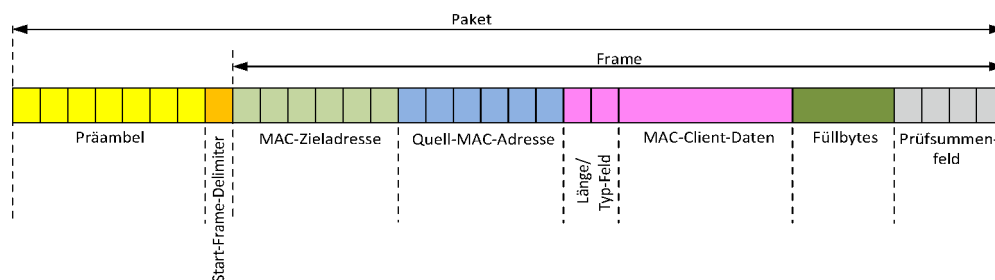


Bild 3-1 — Aufbau eines Pakets

3.2.18

Protokoll-Steuer-Frame

Standard-Ethernet-Frame, dessen Ethernet-Typ-Feld auf 0x891D gesetzt ist, das vom Synchronisationsprotokoll verwendet wird

[QUELLE: SAE AS6802]

3.2.19

Rastergranularität

Zeitachse, auf der Scheduling-Ereignisse platziert werden

3.2.20

Rate-Constrained

garantierter Bandbreitenverkehr, wie von der Norm festgelegt

[QUELLE: ARINC 664 Part 7]

3.2.21

Zeitplan-Tabelle

Zeitplan der Übertragungs- und Empfangsereignisse für kritischen Verkehr

3.2.22

Switch

Hardware-Gerät, das mehrere Endsysteme oder Switches mit einem Netzwerk verbindet

ANMERKUNG Ein Switch arbeitet auf Layer 2 der Ethernet-Spezifikation und verfügt über zwei verschiedene Möglichkeiten zur Paketvermittlung, statisches und dynamisches Switching, zwischen den verschiedenen Geräten, die an seine Ethernet-Ports angeschlossen sind. Die statische Paketvermittlung arbeitet nach einer definierten statischen Switching-Tabelle. Dynamisches Switching beschreibt einen automatisierten Weiterleitungspfad für eine gegebene MAC-Zieladresse basierend auf der aktuellen Netzwerkarchitektur.

3.2.23

Synchronisations-Client

Rolle eines Elements des Clusters, das von Komprimierungsmaster empfangene Protokoll-Steuer-Frames (PCFs) zu Synchronisationszwecken verwendet, ohne aktiv am Netzwerksynchronisationsprozess teilzunehmen

3.2.24

Synchronisationsmaster

Rolle eines Elements des Clusters, das Protokoll-Steuer-Frames (PCFs) generiert, an die Komprimierungsmaster überträgt, von den Komprimierungsmastern empfangene PCFs zu Synchronisationszwecken verwendet und aktiv am Netzwerksynchronisationsprozess teilnimmt

3.2.25

Synchronisationspräzision

ungünstigster Fall, wenn der lokale Taktgeber zwischen zwei korrekt synchronisierten Endsystemen oder Switches im System versetzt ist

ANMERKUNG Die Berechnung ist in [SAE AS6802], 3.2, angegeben.

3.2.26

zeitgesteuerter Frame

kritischer Verkehr (CT)-Frame, der zu vordefinierten Zeiten über das Netzwerk gesendet wird und Vorrang vor allen anderen Frame-Typen hat, mit Ausnahme von Protokoll-Steuer-Frames

3.2.27

Unicast

Übertragung eines Ethernet-Frames von einem Sender zu einem Empfänger

3.2.28

Virtual Link

logischer unidirektionaler Verbindungspfad zwischen einem Knoten zu einem oder mehreren Knoten

[QUELLE: ARINC 664 Part 7]

3.2.29

Virtual-Link-Identifier

16 Bits der niedrigsten Wertigkeit der MAC-Zieladresse eines kritischen Verkehrs-Frames

ANMERKUNG Entsprechend der Definition der Norm [ARINC 664 Part 7] identifiziert die VL-ID eindeutig eine Multicast-Gruppe mit einem dedizierten Absender der Nachricht und einer Reihe von Empfängern.

3.3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Abkürzungen nach ECSS-S-ST-00-01 und die folgenden Abkürzungen:

Abkürzung	Bedeutung
API	Anwendungsprogramm-Schnittstelle (en: Application Programming Interface)
ARINC	Aeronautical Radio Incorporated
BAG	Bandwidth Allocation Gap
BE	Auslieferung nach bestem Bemühen (en: Best-Effort)
CD	Kollisionserkennung (en: Collision Detection)

Abkürzung	Bedeutung
CM	Komprimierungsmaster (en: Compression Master)
CRC	zyklische Blockprüfung (en: cyclic redundancy check)
CSMA	Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung (en: Carrier Sense Multiple Access)
CT	kritischer Verkehr (en: critical traffic)
DLL	Sicherungsschicht (en: Data Link Layer)
ECSS	Europäische Kooperation für Raumfahrtnormung (en: European Cooperation for Space Standardization)
EMC	elektromagnetische Verträglichkeit (en: electromagnetic compatibility)
ES	Endsystem (en: End-System)
ESCC	Europäische Weltraumkomponenten-Koordination (en: European Space Components Coordination)
FCS	Prüfsummenfeld (en: frame check sequence)
FDIR	Fehlererkennung, Isolierung und Wiederherstellung (en: failure detection, isolation and recovery)
FT	Fehlertoleranz (en: Fault Tolerant)
Gbps	Gigabit je Sekunde (en: giga bit per second)
GMII	medienunabhängige Gigabit-Schnittstelle (en: gigabit media independent interface)
GND	Erdung (en: Ground)
H/W	Hardware
IC	Integritätsprüfung (en: Integrity Checking)
ICMP	Internet Control Message Protocol
ID	Identifikationsnummer (en: Identifier)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFG	Interframe-Gap
IHL	Header-Länge (en: Internet Header Length)
IP	IP-Protokoll (en: Internet protocol)
IP	geistiges Eigentum (en: Intellectual Property)
ISO	Internationale Organisation für Normung (en: International Organization for Standardization)
LAN	lokales Netzwerk (en: Local Area Network)
LLC	Logic Link Control
LVDS	Low Voltage Differential Signalling
MAC	Medienzugriffssteuerung (en: Media access control)
Mbps	Megabit je Sekunde (en: Mega bit per second)
MIB	Verwaltungsinformationsbasis (en: Management Information Base)
MII	medienunabhängige Schnittstelle (en: media independent interface)

Abkürzung	Bedeutung
OSI	Verbindung offener Systeme (en: open system interconnection)
PCB	Leiterplatte (en: printed circuit board)
PCF	Protokoll-Steuer-Frame (en: Protocol Control Frame)
PCS	Unterschicht für physikalische Codierung (en: Physical Coding Sub-layer)
PHY	Bitübertragungsschicht (en: Physical Layer)
PLS	Signalisierung der Bitübertragungsschicht (en: Physical Layer Signalling)
PMA	Teilschicht des physikalischen Medienzugangs (en: Physical Medium Attachment sub-layer)
PMD	unterste Teilschicht der Bitübertragungsschicht (en: Physical Medium Dependent sub-layer)
QoS	Dienstgüte (en: quality of service)
RC	Rate-Constrained
RM	Redundanz-Management (en: Redundancy Management)
SAE	Society of Automotive Engineers
SC	Synchronisations-Client (en: Synchronization Client)
SFD	Start-Frame-Delimiter
SM	Synchronisationsmaster (en: Synchronization Master)
SN	Laufnummer (en: sequence number)
SNMP	einfaches Netzwerkverwaltungsprotokoll (en: Simple Network Management Protocol)
SW	Switch
TFTP	einfaches Dateiübertragungsprotokoll (en: Trivial File Transfer Protocol)
TT	zeitgesteuert (en: Time-Triggered)
TTE	zeitgesteuertes Ethernet (en: Time-Triggered Ethernet)
UDP	Anwender-Datagramm-Protokoll (en: User Datagram Protocol)
VL	Virtual Link
VL-ID	Virtual Link Identifier

English version

Space engineering - Time triggered Ethernet

Ingénierie spatiale - Ethernet à déclenchement
temporel (TTE)

Raumfahrttechnik - Zeitgesteuertes Ethernet

This European Standard was approved by CEN on 5 December 2021.

CEN and CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN and CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN and CENELEC member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN and CENELEC members are the national standards bodies and national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



**CEN-CENELEC Management Centre:
Rue de la Science 23, B-1040 Brussels**

Table of contents

European Foreword	8
1 Scope	9
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	11
3.1 Terms from other standards.....	11
3.2 Terms specific to the present standard	11
3.3 Abbreviated terms.....	15
3.4 Nomenclature	17
4 Overview	18
4.1 Reference Model	18
4.2 Physical Layer	19
4.3 Data Link Layer	19
4.3.1 Data Link Layer Overview	19
4.3.2 Data Link Layer Functionalities	20
4.3.3 Time-Triggered Ethernet	21
4.4 Network Level.....	23
4.4.1 Network Level Overview.....	23
4.4.2 Message Processing at the Switch.....	24
4.4.3 Time-Triggered Ethernet Network Building Blocks	28
4.4.4 Virtual Link	29
4.4.5 Time-Triggered Traffic Policing	30
4.4.6 Rate-Constrained Traffic Policing.....	30
4.4.7 Clock Synchronization.....	31
4.5 Redundancy Concept	34
4.5.1 Introduction	34
4.5.2 TT traffic.....	35
4.5.3 RC traffic.....	35
4.6 Failure-modes.....	36
5 Network Architecture	37