

Schnittstellenbeschreibung der Dachau CityCom GmbH nach §5 FTEG

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlegendes.....	2
2. Schnittstellen.....	2
3. Schnittstellen im Detail	2
3.1 Kabelanschluss	2
3.1.1 Endgeräte (Kabelmodem/ Kabel-Router)	2
3.1.2 Hardware-Anforderungen	3
3.1.3 Management	3
3.1.4 Firmware Update	3
3.1.5 Sonstige Einstellungen z.B. Firewall oder Heimnetzwerke	3
3.1.6 Gebrandete Hardware	3
3.1.7 Netzwerk-HF-Eigenschaften	3
3.1.7.1 Downstream Parameter	3
3.1.7.2 Upstream Parameter	4
3.2 LWL-Anschluss	4
3.2.1 Point to Point - Anschluss (LWL-Direktanschluss)	4
3.2.2 G-PON – Anschluss	5
3.3 Kupfer 2-Draht-Anschluss	5
3.3.1 FTTC (Fibre to the Curb) VDSL	5
3.3.2 FTTB (Fibre to the Building) VDSL	6
3.3.3 FTTB (Fibre to the Building) G.fast	6
3.4 Telefonie	6
3.4.1 SIP	6
3.5 Ethernet	7
4. Tipps zur Kompatibilität von Endgeräten.....	2
5. Allgemeiner Hinweis zu Endgeräten.....	7
6. Glossar	7
7. Quellen	8

1. Grundlegendes

Diese technische Spezifikation beschreibt die übertragungstechnischen Parameter der Schnittstellen des Telekommunikationsnetzes der Dachau CityCom GmbH (nachfolgend als DCC bezeichnet).

Ab dem 01.08.2016 gelten die Bestimmungen des TK-Endgerätegesetzes (TK=Telekommunikation) zur sogenannten Routerfreiheit. Für Sie bedeutet diese Änderung, dass Sie vom 1. August 2016 an TK-Endgeräte Ihrer Wahl an jedem Netzabschluss eines öffentlichen Telekommunikationsnetzes einsetzen können.

Die nötigen Informationen werden wir hier veröffentlichen.

Auszug aus § 5 FTEG (Schnittstellenbeschreibungen der Netzbetreiber)

(1) Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze sind verpflichtet,

1. genaue und angemessene technische Beschreibungen ihrer Netzzugangsschnittstellen bereitzustellen und zu veröffentlichen sowie der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen unmittelbar mitzuteilen und
2. regelmäßig alle aktualisierten Beschreibungen dieser Netzschnittstellen zu veröffentlichen und der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen unmittelbar mitzuteilen.

Die Verpflichtung des Satzes 1 Nr. 1 gilt auch für jede technische Änderung einer vorhandenen Schnittstelle. Die Schnittstellenbeschreibung muss hinreichend detailliert sein, um den Entwurf von Telekommunikationsendeinrichtungen zu ermöglichen, die zur Nutzung aller über die entsprechende Schnittstelle erbrachten Dienste in der Lage sind. Der Verwendungszweck der Schnittstelle muss angegeben werden.

(2) Die Schnittstellenbeschreibungen müssen alle Informationen enthalten, damit die Hersteller die jeweiligen Prüfungen in Bezug auf die für die jeweilige Telekommunikationsendeinrichtung geltenden schnittstellenrelevanten grundlegenden Anforderungen nach eigener Wahl durchführen können. [...]

Die im Folgenden veröffentlichten technischen Spezifikationen beschreiben ausschließlich die Schnittstelle des passiven Netzabschlusses des öffentlichen Telekommunikationsnetzes der DCC.

2. Schnittstellen

- Kabel-Anschluss (DOCSIS)
- LWL-Anschluss (Point to Point, G-PON)
- VDSL-Anschluss
- Telefonie-Anschluss
- Ethernet-Anschluss

3. Schnittstellen im Detail

3.1 Kabelanschluss

Die Schnittstellenbeschreibung im Kabelanschlussbereich bestehen aus:

- den **ANGA-Schnittstellenspezifikationen für DOCSIS 3.0 und 3.1 (siehe Link unter Schnittstellenbeschreibung in der Fußzeile der DCC-Homepage)**, welche die grundlegenden Betriebsparameter wiedergeben, die am passiven Netzabschlusspunkt für die Erbringung von Telekommunikationsdiensten erwartet werden. Diese basieren auf der EN-60728-Normenserie und den DOCSIS 3.1-Spezifikationen der CableLabs, sowie den gemeinsam bestehenden Netz-Konfigurationen der ANGA-Kabelnetzbetreiber
- den **Providerspezifischen Teil (siehe Punkt 3.1.1 – 3.1.7)**

3.1.1 Endgeräte (Kabelmodem / Kabel-Router)

Das vom Kunden eingesetzte Endgerät muss je nach Technik in der Liegenschaft für Euro-DOCSIS 3.0 bzw. DOCSIS 3.1 zertifiziert sein. Geplant ist eine schrittweise Umstellung auf DOCSIS 3.1. Downloads größer 400Mbit/s und Uploads größer 20 Mbit/s setzen zwingend eine DOCSIS-3.1-Zertifizierung voraus. Erforderlich ist eine Mitteilung über Hersteller, Gerätetyp und Seriennummer des zu aktivierenden Endgerätes, sowie die verwendete CM-MAC/HFC-MAC und MTA-MAC-Adresse.

Nur so ist sichergestellt, dass die Konformität mit den Systemen der DCC gegeben ist.

Diese umfasst z.B. die an das CMTS zurückgelieferten Pegelwerte, die Zuweisung von IP-Adressen und DNS-Servern.

Dem Endgerät wird während der Registrierung eine netzinterne IP-Adresse sowie eine Konfigurationsdatei zugewiesen, welche durch die DCC erstellt wurde.

Somit wird die Einhaltung zugewiesener Leistungsparameter, wie Download und Upload-Geschwindigkeiten, gewährleistet.

3.1.2 Hardware Anforderungen

Um die Qualität der Übertragung im Downstream (Download) zu gewährleisten, werden nur Endgeräte unterstützt, welche eine Bündelung (d.h. die zeitgleiche Nutzung) von mindestens, der folgenden Übersicht zu entnehmenden, zusammenhängenden Kanälen unterstützt:

Bei DOCSIS 3.0:

- Downstream: 24 SC-QAM Kanäle
- Upstream: 4 SC-QAM Kanäle

Bei DOCSIS 3.1:

- Downstream: 2 OFDM und 32 SC-QAM Kanäle
- Upstream: 2 OFDMA und 8 SC-QAM Kanäle

3.1.3 Management

Für Diagnose-Maßnahmen ist es erforderlich technische Kenndaten, wie z.B. Pegelwerte und Empfangsqualität genutzter Kanäle, vom Endgerät auszulesen. Hierfür muss der SNMP-Zugriff auf das Endgerät vom Kunden zugelassen werden.

Der Zugriff ist nur aus dem DCC-Netz möglich. Vom Kunden selbst eingestellte Zugangsdaten wie WLAN-Passwörter und Netzwerkfreigaben können und werden nicht durch die DCC ausgelesen.

3.1.4 Firmware-Update

Nach Spezifikation ist ein DOCSIS kompatibles Firmware Update nur über den RF Port via des CMTS (Cable Modem Termination System) möglich (Siehe [ANGA Spezifikation DOCSIS], Link unter Schnittstellenbeschreibung in der Fußzeile der DCC-Homepage). Sollten Sie auf dem verwendeten Endgerät ein Firmware Update einspielen wollen, stellen Sie bitte die Firmware im benötigten Format, die Seriennummer und MAC Adresse zur Verfügung. Wir werden dann das Update nach DOCSIS - Spezifikation durchführen. Die DCC übernimmt keine Haftung bei fehlerhafter zur Verfügung gestellten Software-Updates und behält sich das Recht vor, ein Firmware-Update am Endgerät nicht durchzuführen, sofern Bedenken zu Herkunft und Funktion der Software bestehen.

3.1.5 Sonstige Einstellungen wie für Firewall oder Heimnetzwerke

Durch die DCC werden keine Einstellungen, wie z. B. für Heimnetzwerke (WLAN/LAN) und Firewall-Konfiguration am kundeneigenen Endgerät durchgeführt.

3.1.6 Gebrandete Hardware

Endgeräte mit einer speziellen Provider-Software (sogenannte „gebrandete“ Geräte) können im Netz der DCC nicht verwendet werden.

Begründung: In der Software der Endgeräte wurden spezielle Werte vom ausgebenden Provider fest voreingestellt, die mit dem DCC DOCSIS-Netz nicht kompatibel sind. Diese Einstellungen lassen sich auch nicht durch einen Reset (bzw. Funktion auf Werkseinstellung zurücksetzen) des Endgerätes löschen.

3.1.7 Netzwerk-HF-Eigenschaften

3.1.7.1 Downstream Parameter

DOCSIS 3.0:

- Kanäle sind QAM-Kanäle mit einer Bandbreite von 8 MHz.
- Der Downstream-Frequenzbereich beträgt 112 bis 1002 MHz.

DOCSIS 3.1:

- Kanäle sind OFDM-Kanäle mit einer Breite von 24 bis zu 192 MHz.
- Der Downstream-Frequenzbereich muss 112 bis 1218 MHz betragen.
- OFDM-Signalpegel (pro 6 MHz) muss 54 bis 74 dB (dBµV) betragen.
- OFDM MER: Das Endgerät wird die am besten geeigneten Modulation verwenden.

3.1.7.2 Upstream Parameter

DOCSIS 3.0:

- Siehe ANGA Spezifikation DOCSIS 3.0, Abschnitt 5.2.1. und 5.2.2
- Das für den DOCSIS 3.0-Betrieb verwendete Upstream-Spektrum ist in 3,2 MHz und 6,4 MHz breiten Kanälen im Frequenzbereich von 5 MHz bis 65 MHz unterteilt.

DOCSIS 3.1:

- Kanäle sind OFDMA-Kanäle mit einer Breite von 6,4 bis zu 96 MHz.
- Der Upstream-Frequenzbereich muss 5 bis 204 MHz betragen

3.2 Glasfaser-Anschluss

3.2.1 Active Ethernet (Ethernet Point to Point) – LWL-Direktanschluss

Technische Parameter allgemein:

- IEEE 802.1Q VLAN-tags
- Paket-Priorisierung nach 802.1p
- Duplex: Full
- AutoNegotiation: Aktiviert
- MTU: Support packets up to 9600 bytes
- Forwarding rate:

14881 pps	10 Mbps
148810 pps	100 Mbps
1488100 pps	1000 Mbps

- Folgende Ethernet-Protokolle müssen unterstützt werden:

802.3/IEEE 802.3 Clause 24	10Base-T twisted pair
802.3u/IEEE 802.3 Clause 25	100Base-TX twisted pair
802.3ab/IEEE 802.3 Clause 40	1000Base-T twisted pair
802.3z/IEEE 802.3 Clause 38	1000 Mbit/s (optisch)
802.3ae/IEEE 802.3 Clause 52	10 Gbit/s (optisch)

Übertragung:

- Data RX: 1310nm
- Data TX: 1550nm
- Technische Parameter 1310xmt/1550rcv

Am Interface	Leistungen in dB am BiDi SFP
MinTX Power	-14 db
MaxTX Power	-8 db
MinRX Power	-31 db
PowerBudget	23 db

Stecker am passiven Netzabschlusspunkt:

- LC/APC 8° oder
- E2000/APC 8°

Bitte informieren Sie sich im Kundenzentrum vorab über den genauen Steckertyp in der gewünschten Liegenschaft.

3.2.2 G-PON-Anschluss FTTx (Fiber To The Home / Building)

Der Anschluss am GPON System erfolgt nach folgenden Spezifikationen:

- ITU-T G.984.1 (Gigabit Passive Optic Network)
- ITU-T G.984.2 (G_PON: Physical Media Dependent (PMD) layer specification)
- ITU-T G.984.3 (G-PON: Transmission convergence layer specification)
- ITU-T G.984.4 (G-PON: ONT management and control interface specification –OMCI)

Übertragung:

- RF RX: 1550nm (RF Overlay)
- Data RX: 1490nm
- Data TX: 1310nm

Stecker am passiven Netzabschlusspunkt:

- LC/APC 8°
- E2000 APC 8°

Bitte informieren Sie sich im Kundenzentrum vorab über den genauen Steckertyp in der gewünschten Liegenschaft (wichtig bei optischer Inhouse-Verkabelung).

Bei GPON-Anschlüssen wird von der DCC ein ONT inkl. passendem Glasfaserkabel in einer Standardlänge mit Ihrem Vertrag bereitgestellt.

Bei Verwendung eines kundeneigenen Endgerätes (muss der genannten Spezifikation entsprechen) ist eine Mitteilung an die DCC über Hersteller, Gerätetyp, Modem-ID / Seriennummer des zu aktivierenden Endgerätes erforderlich.

Schnittstelle am Netzabschlusspunkt (ONT Übergabepunkt): Stecker-Typ : RJ45, Schnittstellentyp : 100Base-T /1000 Base-T, AutoNegotiation: Aktiviert, Duplex: Full

Bitte informieren Sie sich im Kundenzentrum vorab über den genauen Stecker-Typ in der gewünschten Liegenschaft.

Bitte beachten Sie zusätzlich die herstellerspezifische Systembeschreibung für ISAM mit NANT-D, -E und FANT-F (Teil der Produktdokumentation).

Sollten Sie Rückfragen zur Implementierung einzelner Features benötigen wenden Sie sich bitte direkt an den Hersteller Nokia (ehemals Alcatel Lucent) www.nokia.de

3.3 Kupfer 2-Draht Anschluss

3.3.1 FTTC (Fibre to the Curb) VDSL

Voraussetzung für die Nutzung eines eigenen Endgerätes an einem VDSL-Anschluss ist ein VDSL2 fähiges Modem.

Folgende Spezifikationen müssen dabei erfüllt sein:

- Gemäß ITU Standards ITU-T G.993.2
- Voice, Management IP-Adresse über DHCPv4
- Daten IP-Adresse, DHCPv4 nach RFC 2131 und DHCPv6 nach RFC 3736
- VDSL-Profil 17A
- DPBO (Dynamic Power BackOff) nach Prüfbericht Nr. 3, für VDSL2 Einsatz am HVt der Telekom (H17 und H18)

3.3.2 FTTB (Fibre to the Building) VDSL

Voraussetzung für die Nutzung eines eigenen Endgerätes an einem VDSL - Anschluss ist ein VDSL2 fähiges Modem.

Folgende Spezifikationen müssen dabei erfüllt sein:

- Gemäß ITU Standards ITU-T G.993.2
- Voice, Management IP-Adresse über DHCPv4
- Daten IP-Adresse, DHCPv4 nach RFC 2131 und DHCPv6 nach RFC 3736
- VDSL-Profil 17A und 30A (je nach Beschaffenheit der Leitungen im Haus)
- ADSL Profil (ITU-T G.992.5 ADSL2 Spectrum) wird nicht verwendet
- DPBO (Dynamic Power BackOff) nach Prüfbericht Nr. 3, für VDSL2 Einsatz am HVt der Telekom (H17 und H18)

3.3.3. FTTB (Fibre to the Building) G.fast

Voraussetzung für die Nutzung eines eigenen Endgerätes an einem G.fast-Anschluss ist ein G.fast fähiges Modem.

Folgende Spezifikationen müssen dabei erfüllt sein:

- Gemäß ITU Standards ITU-T G.9700 (G.FAST Spektrum) und G.9701 (Physical Layer)
- Voice, Management IP-Adresse über DHCPv4
- Daten IP-Adresse, DHCPv4 nach RFC 2131 und DHCPv6 nach RFC 3736

3.4. Telefonie

3.4.1. SIP

Die SIP-Zugangsdaten bestehen aus folgenden Werten und sind immer für einen Anschluss gültig:

- SIP-Username
- SIP-Passwort
- SIP-Server / SIP-Registrar

Sollten Sie ein eigenes Endgerät verwenden benutzen Sie bitte die Anweisungen Ihres Herstellers um die SIP-Accounts zu konfigurieren.

Realisierung des SIP-Protokolls an Netzabschlussgeräten auf Basis des durch die IETF im RFC 3261 definierten Standards.

Die Paketisierung der Sprachdaten muss das eigene Endgerät mit 20ms signalisieren.

3.5. Ethernet

Geschwindigkeit	Schnittstelle	Standard
Bis 100 Mbit/s	10/100BASE-TX	IEEE 802.3/IEEE 802.3 Clause 24
	100BASE-TX	IEEE 802.3u/IEEE 802.3 Clause 25
100 Mbit/s bis 1000 Mbit/s	1000BASE-T	IEEE 802.3ab/IEEE 802.3 Clause 40
1000 Mbit/s (optisch)	1000 Base LX	IEEE 802.3z / IEEE 802.3 Clause 38
10 Gbit/s (Kupfer)	10GBASE-T	IEEE 802.3an
10 Gbit/s (optisch)	10GBASE-LR	IEEE 802.3ae / IEEE 802.3 Clause 52
	10GBASE-ER	

4. Tipps zur Kompatibilität von Endgeräten

Die Firmware des Endgerätes muss immer die aktuelle Version des Herstellers sein. Für die Benutzung der Endgeräte (z. B. bei der AVM Fritz!Box) empfehlen wir dringend die automatische Updatefunktion zu aktivieren.

Bei Endgeräten von anderen Herstellern kann es aufgrund von angepasster Firm- oder Hardware zu Inkompatibilitäten kommen. Bitte achten Sie darauf nur Originalgeräte mit der vom Hersteller zur Verfügung gestellten Originalfirmware in der aktuellen Version zu verwenden. Es kann sonst unter Umständen dazu kommen, dass sich zum Beispiel das VDSL Signal nicht synchronisiert oder bestimmte Funktionen nicht genutzt werden können.

Die Endgeräte müssen für die angebotene Bandbreite geeignet sein. Besonders mit älterer Hardware können Sie die angebotenen Geschwindigkeiten sonst nicht nutzen.

Jederzeit können Sie ihr eigenes Endgerät verwenden, sofern diese Geräte die veröffentlichten technischen Schnittstellen der DCC erfüllen. Bitte klären Sie diese Punkte mit dem Hersteller Ihres Gerätes.

Beachten Sie, dass wir keine Garantie übernehmen können, dass alle Endgeräte an unseren Übergabepunkten einwandfrei funktionieren. Auch wenn der Hersteller Ihres Gerätes alle genannten Anforderungen der Schnittstellenbeschreibung bestätigt hat, kann es zu unerwünschten Effekten im Netz kommen.

Sollten Sie Endgeräte von einem anderen Hersteller verwenden, können wir Ihnen neben den hier vermerkten Allgemeinen Angaben leider keine Unterstützung leisten.

Bitte wenden Sie sich mit den hier verwendeten technischen Spezifikationen an den jeweiligen Hersteller.

5. Allgemeiner Hinweis zu Endgeräten

Folgende Endgeräte werden bei uns bereits im Netz eingesetzt, laufend getestet und daher empfohlen:

- AVM Fritz!Box 7590AX (VDSL / GPON-Anschluss)
- AVM Fritz!Box 7590 (VDSL / GPON-Anschluss)
- AVM Fritz!Box 7583 (G.fast/ VDSL / GPON-Anschluss)
- AVM Fritz!Box 6660, 6670, 6690 Cable (Kabel-Anschluss)

6. Glossar

ADSL	(Asymmetrical bitrate digital subscriber line) Asymmetrischer digitaler Teilnehmeranschluss
BiDi SFP	Bidirektionales SPF (nur eine optische Faser zur Übertragung von TX/RX notwendig)
CMTS	(Cable modem termination system) Kopfstelle die den Dienst Internet oder Voice over Cable zur Verfügung stellt
DOCSIS	(Data over cable service interface specification) Eine Spezifikation für Schnittstellen von Kabelmodems und dazugehörigen Peripheriegeräten
DSL oder xDSL	(Digital Subscriber Line) Digitaler Breitband-Übertragungsstandard mittels Telefon-Kupferleitung. Das „x“ steht als Platzhalter für das spezifische Verfahren (ADSL, VDSL).
FTEG	Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen
FTTB	(Fibre To The Building) Glasfaser-Technologie, bei dem Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) bis ins Gebäude (i.d.R. in den Keller) verlegt werden.
FTTC	(Fibre to the Curb) Glasfaser-Technologie, bei dem Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) bis an den Randstein in der Nähe des Teilnehmers verlegt werden.
FTTH	(Fibre To The Home) Glasfaser-Technologie, bei dem Glasfaserkabel (Lichtwellenleiter) bis in die Wohnung des Teilnehmers verlegt werden.
Forwarding rate (FR)	Bei der Verbindung von LAN-Segmenten entspricht die Forwarding Rate der maximalen Anzahl an Datenpaketen, die diese zwischen zwei Netzsegmenten übertragen kann.
G.fast	(fast access to subscriber terminals) Gfast ist ein ITU-T-Standard der DSL-Technik und gilt als Nachfolgestandard zu VDSL2. Das Übertragungsverfahren basiert wie VDSL2-Vectoring und Supervectoring auf Vectoring.

GPON	(Gigabit Passive Optical Network) Shared-medium-Technologie auf Basis von passiven optischen Netzen.
IEEE	(Institute of Electrical and Electronics Engineers) Bildet Gremien für die Standardisierung von Techniken, Hard- und Software und erstellt Standards und Spezifikationen.
RF Overlay	Video Daten werden auf einer separaten Wellenlänge übertragen
SFP	(Small Form Factor Pluggable) Optischer Transceiver (Sender/Empfänger)
MTU	(Maximum Transmission Unit) Maximale Paketgröße welche ohne Fragmentierung in den Rahmen übertragen werden kann.
OLT	(Optical Line Terminal) Optischer Leitungsabschluss, ist ein Gerät, das als Dienstanbieterendpunkt eines passiven optischen Netzwerks dient
ONT	(Optical Network Terminal) Aktives Glasfaser-Abschlussgerät (hinter dem OLT in Kundenrichtung)
VDSL	(Very High Speed Digital Subscriber Line) Ist eine DSL-Technik, die wesentlich höhere Datenübertragungsraten über gebräuchliche Telefonleitungen liefert als beispielsweise ADSL oder ADSL2+

7. Quellen

- ITU-T [G.992.5] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5/en>
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Access networks; Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers – Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus)
- ITU-T [G.993.2] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/en>
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Access networks; Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2)
- ITU-T [G.984.1] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1>
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics
- ITU-T [G.984.2] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2>
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification
- ITU-T [G.984.3] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3>
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Transmission convergence layer specification
- ITU-T [G.984.4] <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4>
TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS; Digital sections and digital line system – Optical line systems for local and access networks; Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT management and control interface specification
- ITU-T [G.9700] <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13832&lang=en>
SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Access networks – Metallic access networks Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification
- ITU-T [G.9701] <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=13772&lang=en>
SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Access networks – Metallic access networks Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Physical layer specification
- IEEE [802.3] <https://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>