



# EMPFEHLUNG FÜR DEN FAX-BETRIEB IN VOIP-NETZEN

---

Fax bereitet bei der Umstellung von leitungsvermittelter (z.B. ISDN) auf paketvermittelte (z.B. SIP/RTP) Telefonie manchmal Probleme. Dieses Dokument erläutert den Hintergrund der Problematik und gibt Empfehlungen zu Geräteauswahl, Anordnung und Konfiguration. Mit diesem Wissen können Techniker für Ihre Kunden den bestmöglichen Faxbetrieb erreichen.

---

Best Practice | 2017/06/22

Copyright © 2017 Ferrari electronic AG

---

## Inhalt

Der Umstieg von leitungsvermittelter auf paketvermittelte Telefonie .....	3
Fax an VoIP-Netzen. ....	3
Probleme beim Faxbetrieb in IP-Netzen .....	4
Empfehlungen für den Faxbetrieb in VoIP-Netzen. ....	7

OfficeMaster ist Copyright © 2017 von Ferrari electronic AG. Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Dokuments darf ohne schriftliche Genehmigung der Ferrari electronic AG auf irgendeinem Wege kopiert oder weitergegeben werden. Alle in diesem Dokument genannten Warenzeichen sind registrierte Warenzeichen der jeweiligen Warenzeicheninhaber. Änderungen des Dokuments, auch ohne vorherige Ankündigung, vorbehalten.

# Fax und VoIP: Was muss ich beachten?

## Der Umstieg von leitungsvermittelter auf paketvermittelte Telefonie

Netzbetreiber vollziehen seit einigen Jahren den Umstieg von klassischer Telefonie basierend auf ISDN- oder analogen Teilnehmeranschlüssen zu reinen IP-Anschlüssen. Dies bietet Kostenvorteile im Betrieb und eine einheitliche Plattform für Sprache und Daten. Einige Dienste klassischer Telefonie (Fax, Datenmodems, Fernwartungszugänge von Telefonanlagen, Notrufanlagen, Frankiermaschinen, ...) lassen sich nicht so einfach auf VoIP-Telefonie umstellen, ohne Einbußen bei der Zuverlässigkeit hinnehmen zu müssen. Im Folgenden sollen Empfehlungen für einen bestmöglichen Faxbetrieb in VoIP-Netzen gegeben werden. Die Aussagen sind teilweise auch für andere modembasierte Dienste verallgemeinerbar.

### Fax an VoIP-Netzen

Falls Fax nur in VoIP-Netzen zwischen Internetfähigen Faxgeräten (Internet Aware Fax Device, IAF) übertragen würde, könnte man per T.38 extrem zuverlässig faxen. Leider ist die Umstellung von leitungsvermittelter auf paketvermittelte Technik nicht über Nacht möglich und daher existieren beide Netze über Jahre parallel. Damit können Faxgeräte auf recht unterschiedliche Weise ans Telefonnetz angebunden sein.

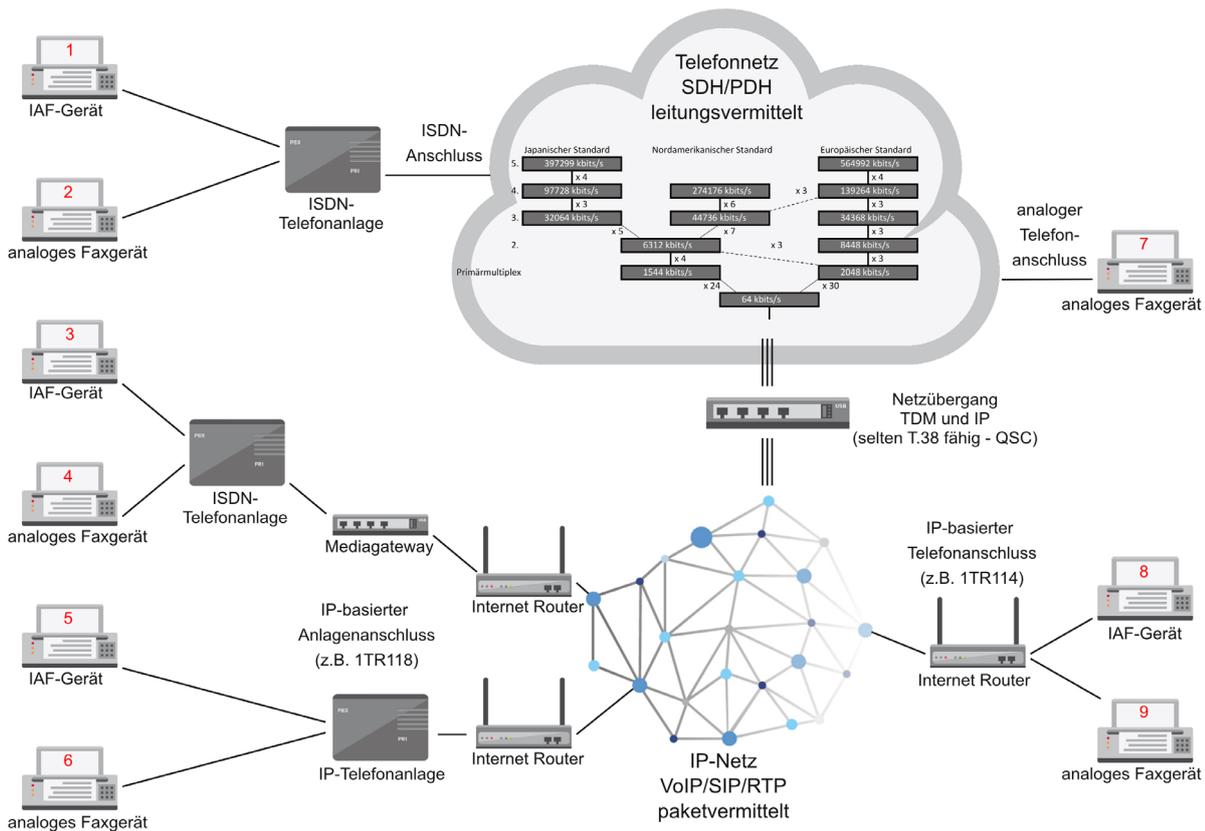


Abbildung 1: Möglichkeiten der Faxanbindung in leitungsvermittelten Telefonnetzen

Die Anbindung der Faxgeräte 1, 2, und 7 erlaubt nur den Faxbetrieb über G.711. Das Fax-Gerät 1 könnte mit der Telefonanlage per T.38 kommunizieren (manche Telefonanlagen unterstützen das auch), dies ist aber eher hinderlich, da der Amtsanschluss nur G.711 pass-through unterstützt und jede zusätzliche Umsetzung eine Fehlerquelle darstellt. Falls das Media-Gateway der Faxgeräte 3 und 4 T.38 unterstützt, kann dies genutzt werden.

Die beste Art, über IP-Netze zu faxen, ist die Nutzung von Internet Aware Fax Devices (IAFs) – Geräte 5 und 8 in der Abbildung. Die direkte Anbindung ohne Media Gateway erlaubt die Nutzung von G.711 und T.38 und das Faxgerät kann selbst per SIP signalisieren und damit die SDP-Parameter und damit die Übertragungsart ideal wählen.

Die Geräte 6 und 9 können entweder per G.711 pass-through oder, falls es die IP-Telefonanlage oder der Router/ das IAD (Internet Access Device) unterstützt, per T.38 kommunizieren.

IP-Telefonanlagen oder Router beeinflussen die RTP bzw. UDPTL Daten eines IAF nicht, sondern reichen diese Pakete nur weiter. Idealerweise werden die Pakete per IP direkt zum fernen Faxgerät bzw. dessen Media Gateway bzw. Router adressiert (media bypass bzw. forwarding).

Aufgrund der unterschiedlichen Anbindungen kann keine generelle Empfehlung ausgesprochen werden. Wenn die Amtsleitung klassisch leitungsvermittelt ist, erscheint es sinnvoll T.38 zu deaktivieren und G.711 pass-through zu nutzen. Falls die Amtsanbindung jedoch per IP erfolgt und die lokal vorhandene IP-Telefonanlage eine sinnvolle T.38 Implementation bietet (also mit direktem T.38 forwarding), ist es besser, T.38 zu nutzen. In Zukunft werden leitungsvermittelte Teile des Telefonnetzes nach und nach abgeschaltet werden. Damit wird die T.38 Nutzung immer sinnvoller werden.

## Probleme beim Faxbetrieb in IP-Netzen

### Probleme bei der Nutzung von G.711 clear-channel/pass-through

#### ► Voice Band Data

Zuerst soll der Unterschied zwischen G.711 Betrieb für Sprachkommunikation und G.711 clear-channel für Modemnutzung erläutert werden, da dieser entscheidend für das Verständnis der Probleme ist. Normale Sprachtelefonie nutzt Funktionen, wie komprimierende Sprach-Codecs, Echo Canceller, Automatic Gain Control und Sprachaktivitätserkennung mit Einspielen von Komfortauschen, um Bandbreite zu sparen (= Silence Suppression) und um die Sprachwahrnehmung beim Menschen zu verbessern. Diese Eingriffe in das Audio-Signal stören die Modemkommunikation und damit die Faxübertragung.

Es ist also wichtig, dass per SDP ein Medienpfad verhandelt wird, der keine Modifikation des Audiosignals vornimmt. Der sogenannte clear-channel verwendet die SDP general purpose media descriptor Option „a=gpmd:\$TYPE vbd=yes“, um die Nutzung von Datenübertragung im Sprachkanal (voice band data) anzuzeigen. Alternativ kann die Nutzung des Echo Cancellers (a=ecan:fb off -) bzw. die Silence Suppression (a=silenceSupp:off 180000 -) einzeln abgeschaltet werden. Es gibt aber auch eine Reihe von Media Gateways, die anhand der Calling Töne bzw. Faxtöne den Faxbetrieb erkennen und dann den Kanal auf Datennutzung umkonfigurieren. Explizit Datennutzung im Sprachkanal per SDP anzufordern wäre die robustere Variante, ist aber nicht die Regel – dies passiert in der Praxis meist durch Umverhandlung („Re-INVITE“).

Die hier genannten Verfahren sind für die Faxkommunikation wichtig. Wenn bei einer Fax-Übertragung per G.711 die Faxsignalisierung in Phase B (V.21 FSK) erfolgreich ist, aber die High Speed Übertragung in Phase C scheitert (V.27ter, V.29, V.17, V.34 QAM), dann arbeitet wahrscheinlich ein Echo Canceller oder ein komprimierender Codec auf der Strecke, der per Filter das Modemsignal verändert.

### ► Taktsynchronisation, Latenz und Jitter

Im Empfangsgateway wird aus den G.711 RTP-Paketen wieder ein PCM-Signal erzeugt (Audio Rendering). Dabei wird ein lokaler Sampletakt benutzt, der unter Umständen von der Abtastfrequenz der sendenden Seite abweicht. Anders als im ISDN-Netz sind diese Takte nicht synchronisiert. Daher kann es nach einiger Zeit zu einem Anstauen der Daten oder einem Unterlauf kommen. Das Problem wird technisch durch einen Jitter-Buffer und einen Audio-Healer gelöst, welcher versucht, die für den Menschen wahrnehmbaren Effekte von Paketverlusten, Paketvertauschungen und abweichender Taktsynchronisation zu minimieren. Jedes verlorene RTP-Paket und jeder Eingriff eines Audio-Healers (z.B. durch Unterlauf bei Paketverzögerungen) führt zu fehlerhaften Daten bei der Modemkommunikation. Daher haben gut konstruierte Media Gateways für Modembetrieb größere Jitterbuffer und lassen den Audio-Healer nur in Perioden der Stille zwischen den Modemsignalen Taktratenausgleich vornehmen.

### ► Signal/Rauschabstand und Robustheit der Modemalgorithmen

Die für Fax verwendeten Modemalgorithmen wurden mit einem Kanalmodell entworfen, das Rauschen, Übersprechen und Frequenzcharakteristik als Fehlerquellen modelliert. Bei G.711-Übertragung über RTP gibt es kein Rauschen oder Übersprechen. Dafür kommen bei einem Paketverlust aber gleich 20ms Audiodaten abhanden (160 Samples). Dies führt typischerweise zu einer Desynchronisation des Modems (Scrambler oder Trellis Encoder/Decoder verlieren den Bezug, Trägerrückgewinnung rastet aus) und damit dem Verlust aller folgenden Daten innerhalb der Modemsitzung. Mit ECM (Error Correction Mode) kann die Faxübertragung dann immer noch erfolgreich sein, da die Daten damit selektiv wiederholt werden. Ohne ECM wird die Übertragung an dieser Stelle abbrechen. Error Correction Mode ist daher für die Faxübertragung auf VoIP Strecken wichtig, auch wenn nicht in allen T.38 Gateways implementiert. Oft wird ECM im T.38 Gateway auch per Konfiguration verhindert – das Gateway manipuliert dann die Empfangseigenschaften (T.30 „DIS“) des gerufenen Teilnehmers vor dem Weiterreichen dieser Information zum Sender.

### ► Quality of Service

Qualitätsparameter des IP-Netzes (Paketpriorisierung, Bandbreitenmanagement) haben Einfluss auf die Faxübertragung. Je nach Tiefe des Jitterbuffers können bereits Paketverzögerungen zu Paketverlust im Audio-Renderer führen. Ein Internet Aware Faxdevice (IAF) hat eine deutlich höhere Jittertoleranz, da es bei T.38 kein Modemsignal mehr generieren muss und bei G.711 wesentlich tiefere Jitterbuffer nutzen kann.

Bei Paketverlusten in der Highspeed-Phase C kommt es bei G.711 Faxbetrieb immer zu großen Fehlern, die nur mit ECM korrigierbar sind.

### ► Medienübergänge

An jedem Übergang von IP und TDM laufen Echo Canceller, Jitter Buffer, Audio Healer und es muss Ratenadaptation durchgeführt werden. Damit ist jeder Medienübergang eine potentielle Fehlerquelle für Fax und die Anzahl der Medienübergänge sollte reduziert werden. Ein reiner IP-Router stellt keinen Medienübergang dar, kann aber Latenz und Jitter erzeugen und damit zu einem Paketverlust beitragen.

## Probleme bei der Nutzung von T.38

### ► T.38 löst viele Probleme...

Faxübertragung per T.38 ist gegenüber der Nutzung von G.711 deutlich robuster – vor allem bei Paketverlust. Allerdings

- ist T.38 nicht überall verfügbar
- haben einige T.38 Implementationen Schwächen (evtl. kein ECM, per default keine Forward Error Correction),
- wird T.38 manchmal falsch konfiguriert (z.B. abgeschaltet, da wo es helfen könnte) und

- ist Ende-zu-Ende T.38 nur mit Internet-fähigen Faxgeräten möglich, die wenig Verbreitung haben (ein Media-Gateway bindet ein analoges Faxgerät immer noch per G.711 an).

Für die Faxübertragung per T.38 fällt eine ganze Reihe von Problemen für die G.711 Faxübertragung (Voice Band Data Verhandlung, Taktsynchronisation, Modemverständigung) nicht ins Gewicht.

#### ► Quality of Service

T.38 toleriert einen höheren Jitter und eine höhere Latenz als G.711-Übertragung. T.38 mit Forward Error Correction toleriert Paketverluste, so lange sie nicht burstartig auftreten (bis zu 2 aufeinanderfolgende Paketverluste können typischer Weise korrigiert werden). T.38 nutzt eine wesentlich geringere Bandbreite als ein G.711 Kanal bzw. bietet Potenzial zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit bei IAF- zu IAF-Übertragung.

#### ► Medienübergänge

Die ideale Nutzung von T.38 besteht in der direkten Übertragung von T.38 Paketen von IAF zu IAF. Jeder Medienübergang kann Quelle von Übertragungsfehlern sein und daher sollte die Zahl von Medienübergängen auf der Strecke minimiert werden.

#### ► T.38 und ECM

T.38 Übertragung profitiert von der Nutzung des Fehlerkorrekturmodus im T.30 Faxprotokoll (ECM), da bei burstartigen Paketverlusten auch Seiteninformation verloren gehen kann, die mit ECM korrigiert wird. ECM stellt mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit sicher, dass eine Faxübertragung ohne Bitfehler erfolgt. Die Nutzung von ECM wird auch bei T.38 empfohlen. Im Internet gibt es Tipps, ECM bei T.38 Nutzung abzuschalten. Ein Hintergrund dieser Tipps ist die fehlende Implementation von ECM in einigen T.38 Gateways, im Wesentlichen wird dieser Tipp aber meist von irgendwelchen Quellen übernommen und ungeprüft weitergegeben. Es gibt sogar T.38 Media Gateways, die in das Faxprotokoll eingreifen, um das Bit im T.30-DIS Rahmen, das die ECM-Fähigkeit anzeigt, zurückzusetzen. Das zeugt von einem tiefen Unverständnis der Abläufe bei einigen Herstellern. Es ist nämlich nicht sichergestellt, dass der T.38 Re-INVITE vor der Übertragung des DIS erfolgt. Es kann also passieren, dass vor dem Re-INVITE der Sender per G.711 vom Empfänger die ECM-Eigenschaft erkannt hat und nach dem späten Re-INVITE diese auch nutzt, obwohl das T.38 nicht von einer ECM-Nutzung ausgeht.

#### **Fax nach T.37**

Das T.37 store and forward Fax hat sich nicht durchgesetzt, da hier eine wesentliche Eigenschaft des Faxdienstes - die direkte Bestätigung vom Empfangsgerät - nicht mehr gegeben ist.

#### **Internet Aware Fax Devices**

Fax-Geräte, welche direkt G.711/RTP oder T.38/UDPTL Faxdaten senden und empfangen können, werden internet Aware Fax Devices (IAF) genannt. Wenn zwei IAF-Geräte direkt miteinander kommunizieren, treten viele der oben dargestellten Probleme nicht auf. Falls eine Seite ein IAF nutzt, ist die Wahrscheinlichkeit von Fehlern zumindest halbiert. Die Nutzung von IAF-Geräten erlaubt außerdem, Fax-Daten schneller als mit Modem-Leitungsgeschwindigkeit zu senden. Viele IAF-Geräte können Daten schneller empfangen, als ein wirkliches Modem generieren würde.

## Empfehlungen für den Faxbetrieb in VoIP-Netzen

Es lassen sich eine Reihe von Empfehlungen für den Faxbetrieb in VoIP-Netzen geben. Die Reihenfolge gibt eine ungefähre Priorität der Maßnahmen.

1. Fax so direkt wie möglich an IP anbinden, am besten als IAF-Gerät. Mediagateways und Telefonanlagen stören eher, als dass sie helfen. DirectSIP von Ferrari electronic ist eine IAF-Lösung.
2. T.38 statt G.711 nutzen. Dabei ist zu klären, welche Seite den Re-INVITE auf T.38 sendet (Einstellparameter). Probieren, ob die lokale Seite den T.38 Re-INVITE senden kann und dies vom SIP-Provider unterstützt wird. Natürlich T.38 Re-INVITES aus dem SIP-Trunk akzeptieren. Die Umschaltung auf T.38 sollte spätestens mit dem Beginn der ersten HDLC-Flags des ersten Daten-Frames erfolgen. Sollte dies in einem Test nicht gewährleistet sein, kann das Umschalten direkt im Faxserver aktiviert werden. Dadurch passiert es auf jeden Fall früh genug.
3. Falls die Amtsanbindung nicht per IP erfolgt, sollte man besser G.711 nutzen, um die Anzahl der Umsetzungen von G.711 auf T.38 zu minimieren.
4. Fehlerkorrektur (ECM) aktivieren (auch bei T.38). Nur falls die Media Gateways in der Faxstrecke definitiv ECM auf T.38 nicht unterstützen, sollte dieses ausgeschaltet werden.
5. Sicherstellen, dass bei G.711 der Voiceband Data Mode genutzt wird und die Media Gateways damit Echo Cancellor, Silence Suppression und Codec Translation deaktivieren. Falls es nicht gelingt, den Voiceband Data Mode zu nutzen, muss das Media Gateway oder die Telefonanlage gewechselt oder umgangen werden, da sonst kein Faxbetrieb möglich ist.
6. Quality of Service (QoS) und Paketpriorisierung kann helfen, wenn die Probleme ihren Ursprung in hohem Jitter oder Paketverlusten haben. Dann ist aber meist etwas grundsätzlich am IP-Zugang nicht in Ordnung und sollte korrigiert bzw. weniger ausgelastet werden. End-to-End QoS auf der gesamten Übertragungsstrecke zu implementieren, kann sehr schwer werden.

Nach der Periode der Umstellung auf VoIP wird alte Technik Schritt für Schritt abgelöst werden. Damit wird der Verbreitungsgrad von IAF-Geräten stark zunehmen und die dargestellten Probleme der Medienübergänge der Vergangenheit angehören. Insbesondere netzinterne Medienübergänge fallen weg, wenn das leitungsvermittelte Telefonnetz abgeschaltet wird.

Multifunktionsdrucker, die per Software-Stack als IAF-Gerät arbeiten, können per IP-Anbindung ohne weitere Hardware direkt und zuverlässig an andere Internet-fähige Faxgeräte faxen. Dazu muss nur die Anbindung an die IP-Telefonanlage oder den SIP-Trunk einmal konfiguriert werden.