

Störfestigkeit von DSL Systeme gegen wiederholende Störimpulse

El. Ing HTL Enrico Blondel, Swisscom AG, Innovations INO-EEC, Bern (Schweiz)

1. Ausgangslage

Der Internet Zugang wird heutzutage meistens mit DSL Technologie realisiert. In Zukunft werden auch andere Breitbanddienste (z. B. streaming services) wie Fernsehen oder Video über Internet angeboten.

Um einen möglichst hohen Datendurchsatz bei der DSL Technologie zu erzielen, ist es wichtig, dass das Interleaving der einzelnen Datenpakete optimal programmiert ist.

Messungen mit dem Managementsystem des ADSL-Netzes, zeigen bei ausgesuchten Leitungen eine hohe Codierungsfehlerrate, was zu einer Reduktion der maximalen verfügbaren Bandbreite führt. Ob diese Reduktion mit der Häufigkeit von wiederholenden Störimpulsen (repetitive electrical impulse noise) korreliert, soll in dieser Studie untersucht werden.

Um diese Störimpulse zu erfassen und zu messen, bzw. auswerten zu können, wurde ein eigenes Verfahren entwickelt.

2. Messmethode

Die angewendete differentielle Messmethode stammt von den EMV-Prüfungen für Speisegeräte. Ursprünglich wurde die Methode für die Messung von PARD (periodical and random deviations) Signalen entwickelt. Die Methode ist im IEC 61204:2001 Fig. A.2 beschrieben.

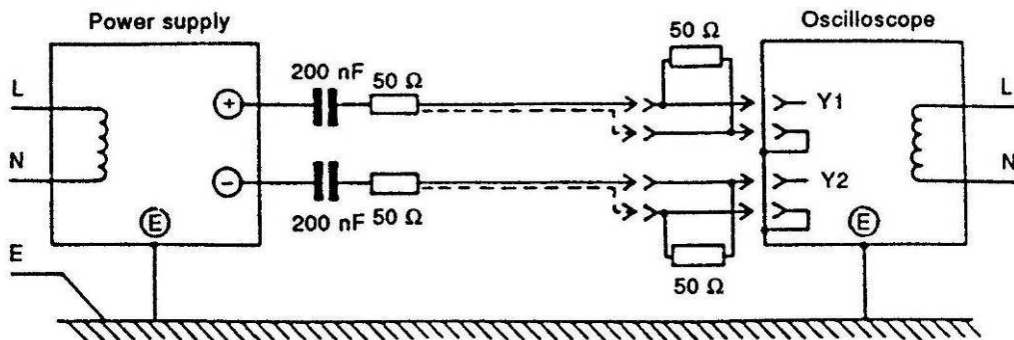
Das Ziel des Verfahrens ist es, den hochfrequenten Signalanteil auf den Telecom Leitungen zu messen.

Die zu messende Leitung wird an ein Oszilloskop angeschlossen, welches genügend Messbandbreite und einen ausreichenden CMRR aufweist.

Die beiden Leitungen werden jeweils an zwei verschiedene Kanäle des Oszilloskops angeschlossen. Mit Hilfe eines seriellen RC-Glides wird die störende 50Hz Grundfrequenz unterdrückt.

Die Länge der Testleitungen ausserhalb der koaxialen Verbindungen ist sehr kritisch und soll möglichst kurz gehalten werden. So kann eine externe Beeinflussung reduziert werden.

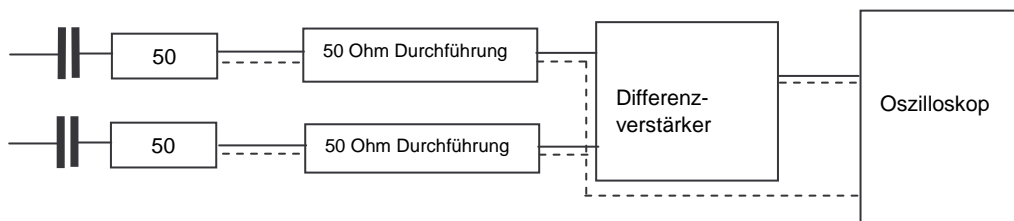
Weiter soll auch beachtet werden, dass die Abschirmung nicht angeschlossen wird, um Erdschleifen zu vermeiden. Ströme in der Abschirmung können die Messwerte stark beeinflussen und damit die Aussagen verfälschen. Der Messaufbau aus der Norm ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



Messanordnung nach IEC 61204:2001 Fig. A.2

Das Hauptproblem dieses Aufbaus besteht in der Triggerung. Meistens ist es nicht möglich, auf ein interessantes Ereignis zu triggern.

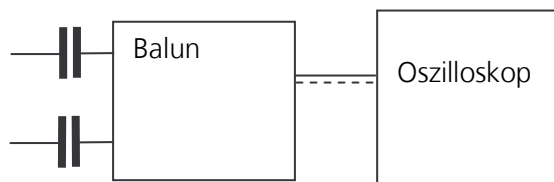
Das Problem hat die Messaufgabe erschwert. Zur Lösung dieses Problems wurde das Signal vorerst in einem Differenzverstärker mit genügender Bandbreite und CMRR verarbeitet. Das Prinzip ist in der folgenden Abbildung zu entnehmen.



Schema des kompletten Messaufbaus

Nachdem diverse Messungen am Installationsort durchgeführt wurden, haben wir festgestellt, dass in gewissen Fällen das Grundgeräusch des Differenzverstärkers gegenüber den zu messenden Signalen zu gross ist. Die untere Grenzfrequenz des Aufbaus beträgt ca. 8 kHz und genügt den Anforderungen der Messung.

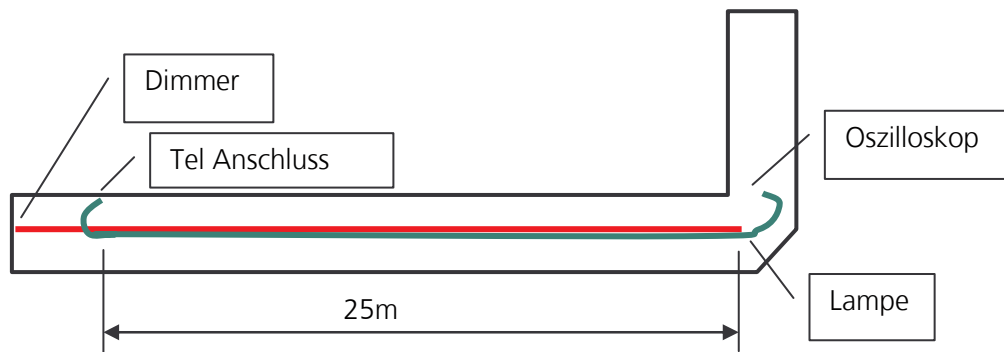
Ein alternativer Aufbau wurde mit Hilfe eines 150 Ohm-Baluns realisiert. Die DC Entkopplung besteht hier aus 2 Kondensatoren von je $10\mu\text{F}$, welche jeweils in Serie zum Balun geschaltet sind. Die untere Grenzfrequenz von diesem Aufbau beträgt 100 kHz und beeinflusst einen Teil des beobachteten Signals.



Set-up mit Balun

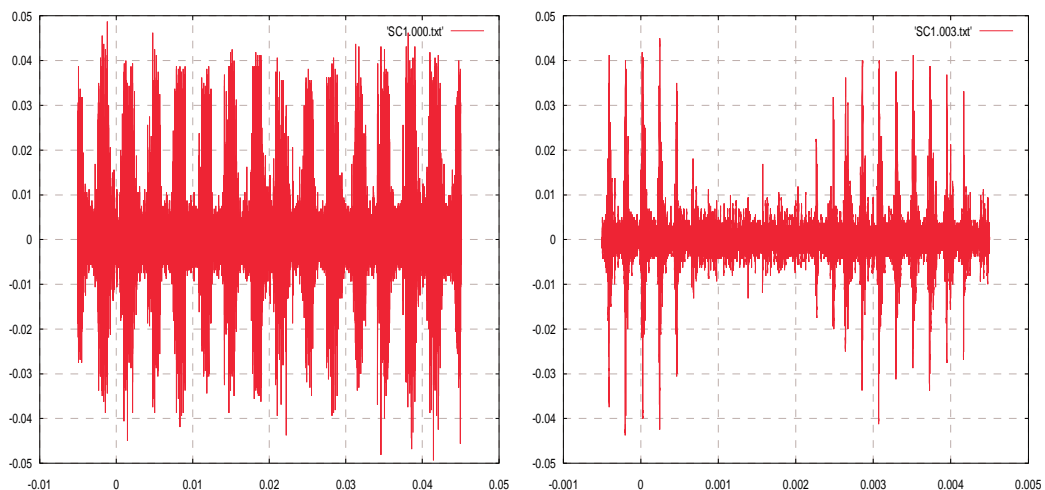
3. Verifikation der Messmethode / Laboraufbau

Im Labor wurde das Messkonzept mittels eines Referenzaufbaus verifiziert. Das Ziel ist es, einen bekannten Kopplungspfad zu erzeugen und die resultierenden Effekte zu messen. Als Störer wurde ein Dimmer mit Phasenanschnittsteuerung ohne EMV Filter und als Last eine 100W Lampe eingesetzt. Der Koppelpfad beträgt hier ca. 25 m. Ein gewöhnliches Hausinstallationskabel des Typs J83 wurde für das Telefonnetz und ein Td-Netz Kabel eingesetzt. Die Leitungen wurden eng zueinander parallel geführt (Abstand = 0 cm). Siehe nachfolgende Abbildung.



Messaufbau im Labor

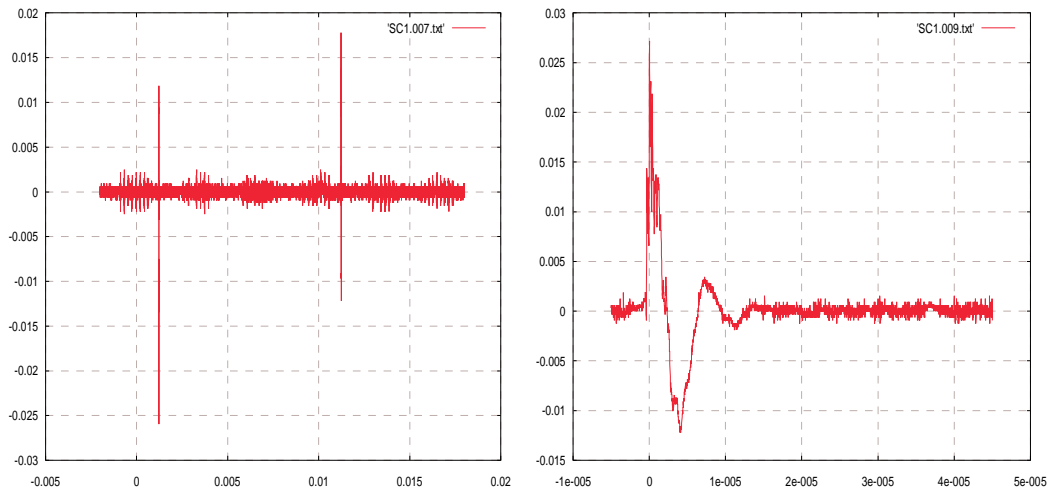
Die folgenden Bilder zeigen die Messresultate mit dem oben beschriebenen Aufbau. Die erste Messung zeigt das Grundrauschen auf der Telefonleitung.



Links: Wiederholende Störimpulse bei 300 Hz auf der Telefonleitung ohne eingekoppelte Störung (Dimmer aus). Rechts: Mittels Verkleinerung der Zeitbasis kann sogar eine Störkomponente von 4.8 kHz gemessen werden.

Mit der oben beschriebenen Anordnung, konnte die Interferenz des Dimmers auf der Telefonleitung gar nicht festgestellt werden. Um das Grundgeräusch zu minimieren,

und die Interferenzen des Dimmers messen zu können, musste die Telefonleitung temporär getrennt und mit 150 Ohm abgeschlossen werden. Die 150 Ohm an beiden Enden der Telefonleitung entsprechen einer unendlich langen Ausdehnung.



Links: Störimpulse des Dimmers bei 25 m langer parallelen Kopplung. Rechts: Ein einzelner Puls

Das LCL (Longitudinal Conversion Loss) des Telefonkabels beträgt ca. 50 dB und dasjenige des 230V Netzkabels ca. 30 dB. Der Koppelfaktor kann wegen der langen Parallelführung beider Leitungen als $k = 1$ angenommen werden.

Der Spitzenwert der Netzspannung beträgt:

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot 230[V] = 325.3[V]$$

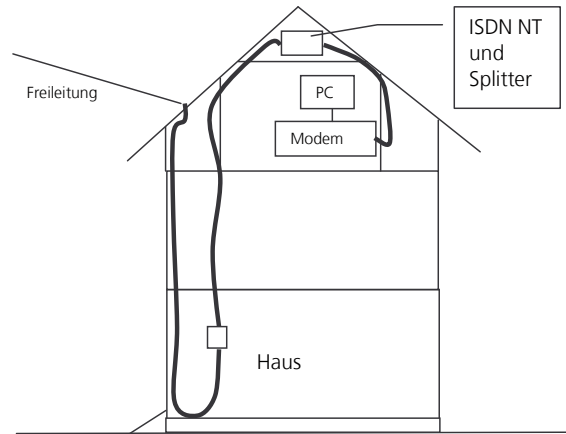
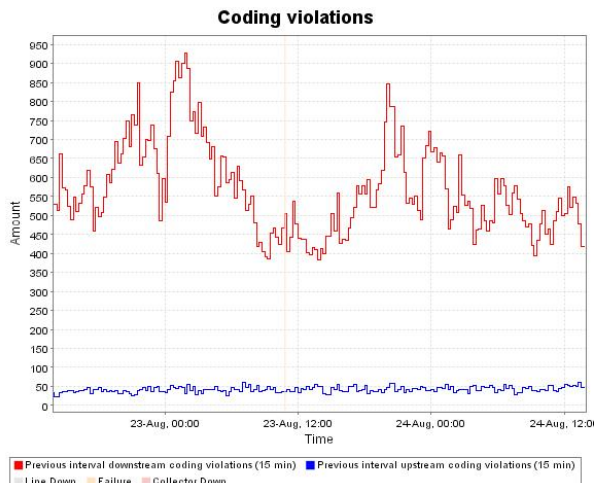
Die maximale zu erwartende eingekoppelte Spannung beträgt:

$$U_{\text{measured}} = (LCL_{\text{tel}} + LCL_{\text{mains}}) \cdot k \cdot U_{\max} = \frac{1}{10^4} \cdot 1 \cdot 325 = 32.5[mV]$$

Der Dimmer wurde so eingestellt, dass er 5 ms nach dem Nulldurchgang der Phasenspannung einschaltet. Die Messungen zeigen Spitzenwerte von 27 mVp, was eine sehr gute Übereinstimmung mit der Berechnung ergibt.

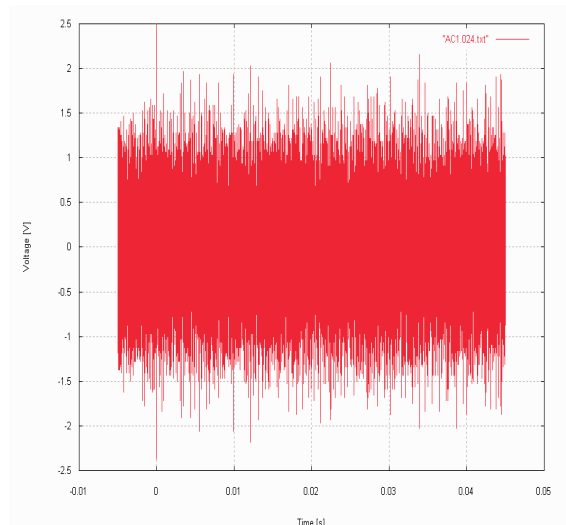
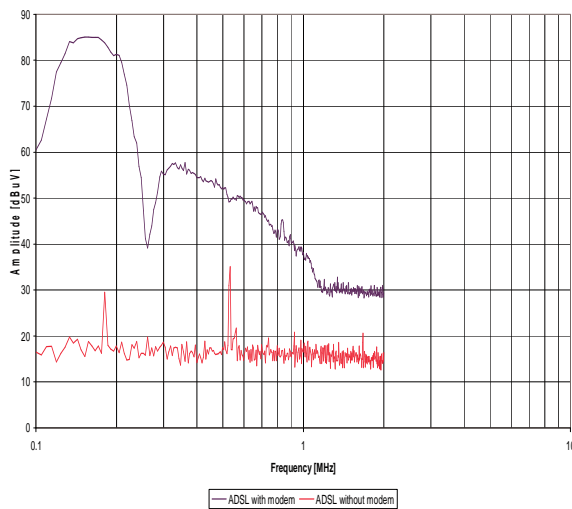
4. Messungen im Feld

Als Ausgangslage wurden die Daten des ADSL-Messsystems analysiert und die Situation der Hausanschlüsse beurteilt.



Links: Verlauf der Codierungsfehlerrate. Rechts: Hausinstallation

Messungen des Spektrums beim Modem



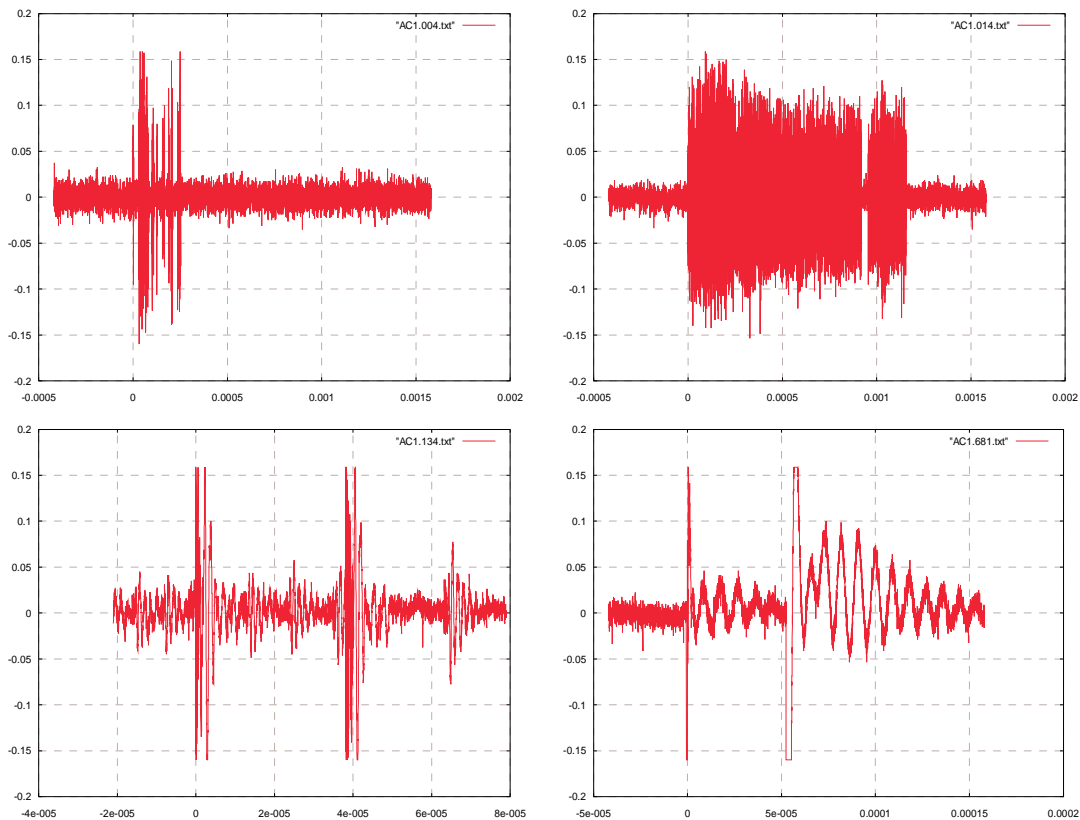
Links: Spektrum der Leitung mit ausgeschalteten und eingeschalteten ADSL-Modem. Rechts das ADSL-Signal im Zeitbereich.

Die Abbildung links zeigt das Grundrauschen auf der Leitung. Nur 2 Rundfunksignale sind hier messbar (Europe 1: 183kHz und Musikwelle 531: 531kHz).

Die Abbildung rechts zeigt das Uplink Signal des Modems. Die Spitze (bei Zeit=0) ist eine Charakteristik des ADSL-Signals.

Während der Beobachtungsperiode an diesem Anschluss konnten keine Störimpulse gemessen werden.

Hier unten sind ein paar Beispiele von gemessenen Störimpulsen bei ähnlichen Installationen dargestellt.



Diese Impulse stammen meistens von Lichtschaltern, von Starter für FL-Lampen und von Schalten für Kocherde. Durch das dimmen von Halogenlampen (300W) konnten keine Störungen erzeugt und gemessen werden.

5. Ausbreitung von Impulsgeräuschen im Telefonnetz

Vor der Diskussion der Ausbreitung müssen zuerst mögliche Störquellen identifiziert werden. Wenn man das ganze Telkommunikationsnetz betrachtet, kann man zwei Orte identifizieren, wo Impulsgeräusche entstehen können: Als erstes die Zentrale und als zweites der Endpunkt des Netzes beim Kunden (meistens ein Haushalt oder Gewerbe).

Die Quellen in der Zentrale können z.B. die getaktete 48V-Gleichrichter sein. Dort dürfen die Störer max. 100mVpp betragen, was durch ETSI normiert wird. Weiter kommen „onboard“ Konverter auf die DSL Baugruppe oder sogar Standard USV-Anlagen in demselben Haus als Störer in Frage.

Im Haushalt können sämtliche getakteten Netzgeräte und Phasenanschnittsteuerungen Störungen erzeugen.

Wo Spannungsschaltungen mit hohen dv/dt vorhanden sind, treten Impulsinterferenzen auf. Als Beispiel können Dimmer, PCs, Fernsehgeräte, Haushaltgeräte, Frequenzumrichter usw. erwähnt werden.

Bei der EMV Normierung wurde der Frequenzbereich 10 kHz bis 150 kHz als optionaler Messbereich beibehalten, aber es wurden keine Grenzwerte für diesen Bereich definiert. Nur auf der 48 V DC-Seite des Telekommunikationsbereiches ist das Spektrum vollständig von 20 Hz bis 30 MHz durch Grenzwerte abgedeckt.

6. Störfestigkeit von DSL Systemen

Wenn man die Ausbreitung von DSL-Signalen auf dem Telefonnetz betrachtet, kommen nur die letzten Meter nach dem Hauseinführungspunkt als beeinflussbar in Frage. In diesem Bereich sind die Downlinksignale am kleinsten und dadurch am empfindlichsten. Je nach Verdrahtung können hier Interferenzen entstehen.

Diese hat sich in der Praxis gezeigt: Meistens lagen in der Verkabelung im Bereich des Kunden die Ursachen von Störungen oder Reduktion der Datenrate.

Was bedeutet dies? Man will Fernsehen über Internet bieten was für HDTV Signale eine Bandbreite bis zu 6 MBit/s fehlerfreien Downstream verlangt. Geplant sind bis 3 Kanäle gleichzeitig. Wenn Fehler entstehen muss man das Datenpaket wiederholen, was zu Verzögerungen des Fernsehsignals führt. Dies ist natürlich inakzeptabel. Korrekturmaßnahmen müssen bei der Installation im Bereich des Kunden geplant und vorgenommen werden

7. Zusammenfassung

Die heutige Kodierung von DSL-Streamings sieht diverse Algorithmen vor, um die Immunität der Verbindung zu erhöhen. Eine davon ist die Interleaving Zeit, welche standardmässig programmiert werden muss. Diese soll die negativ wirkenden Eigenschaften des Impulsgeräusches unterdrücken und für eine fehlerfreie Übertragung sorgen.

Die empfindlichen Stellen liegen vor allem bei der Verkabelungsqualität beim Kunden.

Interferenzprobleme auf der Leitung zwischen Telefonzentrale und Hauseinführungspunkt konnten bei unserer Untersuchung keine festgestellt werden.

8. Literatur

ETS 300-132-2:1996: Equipment Engineering (EE); Power supply interface at the input to telecommunications equipment; Part 2: Operated by direct current (dc)

EN 300 386-2 V1.1.3: 1997: European Standard (Telecommunications series) Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; ElectroMagnetic Compatibility (EMC) requirements; Part 2: Product family standard

IEC 61204:2001: Low-voltage power supply devices, d.c. output; Performance characteristics

IMPACT DU BRUIT IMPULSIF SUR LES TRANSMISSIONS SDSL, N'DA A. PATRICK, F. GAUTHIER, R. TA-RAFI, A. ZEDDAM, France Télécom/BD/FTR&D RTA/NICE, 11ème Colloque International sur la Compatibilité Electromagnétique (CEM2004)

Impact des bruits impulsifs sur les modems ADSL, F. MOULIN, J. DEBEAU, A. ZEDDAM, France Télé-com/CNET/DTD, 10ème Colloque International sur la Compatibilité Electromagnétique (CEM2000)