

Signal unter Signal – IDA 2 macht Nutz- und Störsignale transparent

Der Interference and Direction Analyzer IDA 2 gewinnt hochaufgelöste Spektrogramme, Persistence-Spektren und Zeitverläufe auf Basis von I/Q-Daten



Funkstörungen erkennen, die Ursache von Interferenzen aufdecken, unerlaubte Sender orten – das ist die Aufgabe moderner Peilgeräte. Spektrumanalysen und zeitliche Darstellungen verraten dabei viel über die Art der Signale, aber nicht alles. Sie beschränken sich auf die Aufzeichnung von Amplituden über der Frequenz und/oder über der Zeit und verlieren häufig Informationen durch verdichtete Darstellung. Das vollständige Bild erhält man erst, wenn man die Messwerte unverdichtet speichert, und zwar getrennt nach Real- und Imaginärteil – oder In-phase Component und Quadrature Component, kurz I/Q, wie es im internationalen Sprachgebrauch heißt.

IDA 2, der neue Interference and Direction Analyzer von Narda Safety Test Solutions, kann nicht nur die I/Q-Daten aufzeichnen und speichern. Er kann sie auch gleich auswerten – direkt vor Ort, wo man die Ergebnisse sofort braucht, wenn man Störungen und Interferenzen nachspürt, und nicht erst im Büro, wenn das Ereignis längst vorbei ist. Aber natürlich *auch* im Büro, wenn man nachträglich etwas sehen möchte, was einem in der Eile vor Ort entgangen ist.

Die neue Betriebsart *I/Q Analyzer*

I/Q Data Streaming, 32 MHz breit

Die neue Funktion ist als Betriebsart *I/Q Analyzer* wählbar, wie die Betriebsarten *Spectrum* oder *Time Domain (Scope)* auch. Und wie in *Time Domain (Scope)* arbeitet der IDA 2 als *I/Q Analyzer* im *Zero Span*. Er ist also auf eine feste Frequenz abgestimmt – einen Kanal, den er selektiv erfasst. Eine Besonderheit des Geräts ist, dass sich ungewöhnlich große Kanalbandbreiten (CBW) bis 32 MHz einstellen lassen.

250 000 I/Q-Datenpaare

Nach Start der Messung zeichnet der IDA 2 die Messergebnisse als I/Q-Datenpaare lückenlos in Echtzeit auf, und zwar mit einer Speichertiefe

von 250 000 Datenpaaren. Online kann der IDA 2 bereits Auswertungen vornehmen, z. B. die reinen I/Q-Daten oder die *Magnitude*, also ihren Betrag über der Zeit darstellen, ein *High Resolution Spectrogram* berechnen oder ein *Persistence Spectrum* aufbauen. Bei Stopp – ob manuell oder durch automatischen Trigger – sind dennoch im Hintergrund die letzten 250.000 I/Q-Datenpaare gespeichert, und zwar unverdichtet. Dadurch lassen sich aus ein und demselben Datensatz auch nachträglich beliebige Auswertungen und Darstellungen gewinnen – vergleichbar mit den RAW-Daten in der Fotografie, aus denen man nachträglich in der Auflösung reduzierte und beliebig stark komprimierte JPG-Dateien ableiten kann. Umgekehrt geht es nicht.

In der Darstellung *High Resolution Spectrogram Full* muss der IDA 2 freilich die Spektren entsprechend der verfügbaren Anzahl von Pixeln auf dem Bildschirm verdichten. In der Darstellung *High Resolution Spectrogram Zoom* zeigt er jedoch alles: Jede Pixelzeile entspricht genau einem Spektrum. Die Farbe entspricht dem jeweiligen Pegel.

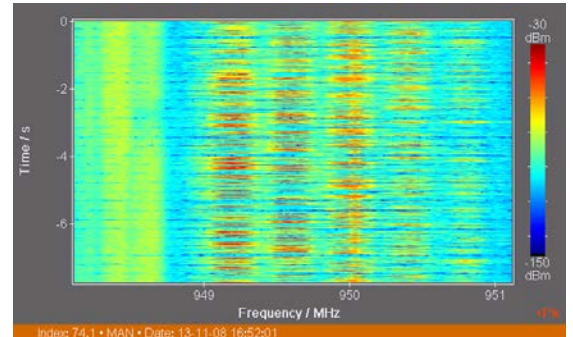
Im *Persistence Spectrum* schreibt der IDA 2 eine bestimmte Anzahl von Spektren übereinander. Hier kennzeichnet die Farbe, wie häufig ein Pegelwert auftrat.

Wie lässt sich der I/Q-Analysator anwenden?

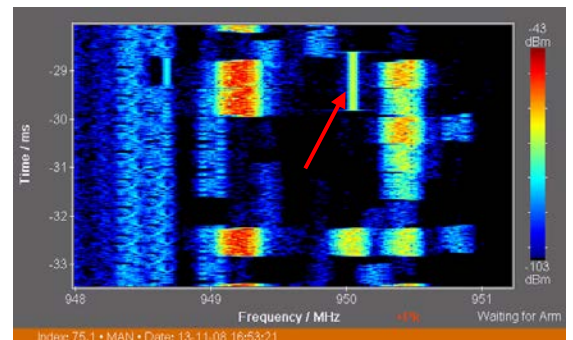
Beispiel GSM. Versteckt sich ein Störer oder ein unerlaubter Sender unter dem „lebhaften“ Spektrum? Besonders schwierig ist es, wenn das GSM-Modulationsverfahren Frequency Hopping benutzt, ein Frequenzsprungverfahren, bei dem ein Übertragungskanal alle ca. 4,6 ms die Frequenz wechselt. Wenn der unerlaubte Sender ebenfalls „hopt“, ist er im normalen Spectrogram nicht zu erkennen. Im *High Resolution Spectrogram*, gewonnen aus den I/Q-Daten, ist er sichtbar: Die abweichende zeitliche Länge und Korrelation verrät ihn!

Oder LTE. Störungen durch Intermodulation von (und mit) GSM-Signalen kommen gar nicht selten vor, weil die Antennen meist gemeinsam auf einem Dach stehen. Hier reicht die Gleichrichterwirkung einer verrosteten Dachrinne oder ein paar verrosteter Nieten an einem Masten, um Intermodulationen zu erzeugen, die sich dem Funkfeld überlagern. Mit dem *High Resolution Spectrogram* des IDA 2 ist die Frame-Struktur erstmals auf einem Handgerät sichtbar – und damit auch all das, was nicht hinein gehört.

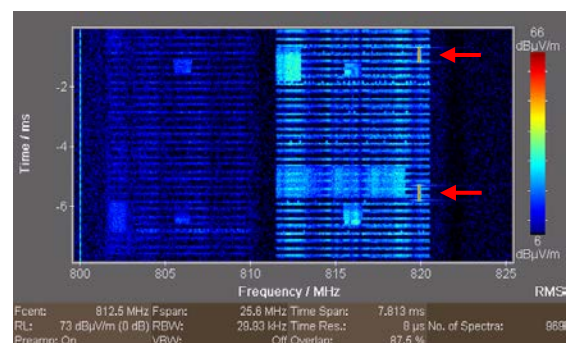
Oder ein Störer, der sich unter einem DAB-Kanal versteckt. Zu erkennen ist er allenfalls in den „Sendelücken“: Zur Synchronisation sendet DAB in festen Abständen ein Nullsymbol, während dessen nur die



Ein „normales“ Spectrogram des GSM-Downlink-Verkehrs, gewonnen in Betriebsart Spectrum, mit 20 ms Auflösung.



High Resolution Spectrogram Zoom des GSM-Downlink-Verkehrs; Ausschnitt von 4 ms aus einer Time Span von insgesamt 62,5 ms. Die zeitliche Auflösung ist 16 μ s. Der unerlaubte Sender ist sofort zu erkennen, weil seine Dauer nicht der normalen Länge eines GSM-Zeitschlitzes von 546 μ s entspricht.



High Resolution Spectrogram Full von zwei LTE-Kanälen. Auflösung 8 μ s. Eindeutig ist die Frame-Struktur zu erkennen – fast wie im Lehrbuch – mit ihrem Resource Grid und den Synchronisationssignalen. Natürlich gehört der periodische Störer nicht hinein.

Trägerfrequenzen stehen bleiben. Hier tappt ein Störer sowohl im *High Resolution Spectrogram* als auch im *Persistence Spectrum* des IDA 2 unweigerlich in die Falle.

Ein unerlaubter Sender, eine vorsätzliche Störung (ein „Jammer“), ein unbekanntes defektes Gerät oder eine Intermodulation von erlaubten Kommunikationssignalen? Häufig gibt der Zeitverlauf Aufschluss über die Art des Signals. Mit *Magnitude* zeigt der IDA 2 den Betrag der I/Q-Daten über der Zeit, so dass sich z. B. die Zeitschlitzstruktur einer GSM-Intermodulation eindeutig erkennen lässt.

Der Trigger

Während der Messung schiebt der IDA 2 die I/Q-Datenpaare kontinuierlich durch seinen Speicher – first in, first out. Wie bei einem Oszilloskop lassen sich Trigger setzen, die bei bestimmten Ereignissen, z. B. bei einer erstmaligen Pegelüberschreitung oder bei jeder Pegelüberschreitung, die Messergebnisse festhalten. Wichtig ist dabei der Trigger Delay, eine einstellbare Verzögerung, mit der die Messwerte vor *und* nach dem Ereignis festgehalten werden. Schließlich möchte man meistens Ursache *und* Wirkung sehen. Mit SAVE übernimmt der IDA 2 die I/Q-Daten permanent für weitere Auswertungen in seinen Speicher.

Die Auswertung der I/Q-Daten

Bei einem digitalen Analysator wie dem IDA 2 hängen Kanalbandbreite, Auflösungsbandbreite, Fensterüberlappung, zeitliche Auflösung und mögliche Aufzeichnungsdauer ursächlich zusammen.

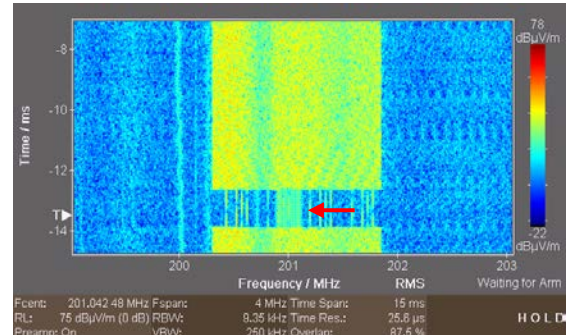
Die Aufzeichnungsdauer: Abhängig von der CBW

Bei einer maximalen Kanalbandbreite (CBW) von 32 MHz erfasst der IDA 2 alle 31,25 ns einen I/Q-Datensatz – dem Kehrwert der CBW entsprechend. Bei einer Speicherkapazität von 250 000 Datenpaaren ergibt sich eine Aufzeichnungsdauer von $250\,000 \cdot 31,25\text{ ns} = \text{ca. } 7,8\text{ ms}$. Das erscheint wenig, ist aber lang genug, um zyklische Vorgänge in modulierten Kommunikationssignalen vollständig zu erfassen. Mit kleinerer CBW wird die Aufzeichnungsdauer entsprechend länger, im Extremfall einer CBW von 100 Hz wäre die Aufzeichnungsdauer 2 500 Sekunden.

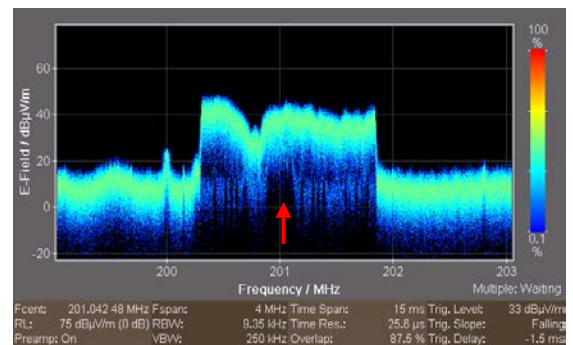
Die zeitliche Auflösung im *High Resolution Spectrogram* und im *Persistence Spectrum*:

Abhängig von der RBW und der Fensterüberlappung

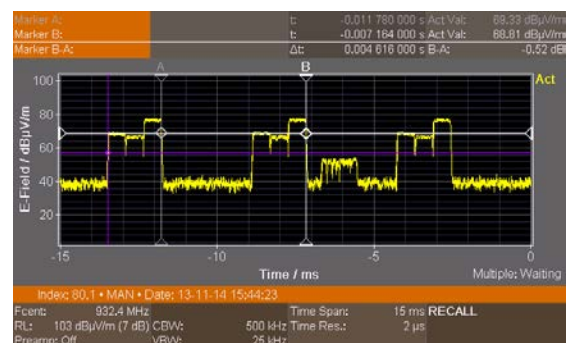
Mögliche Auswertungen der I/Q-Daten – online oder nachträglich, aber sofort an Ort und Stelle – sind das *High Resolution Spectrogram* und



High Resolution Spectrogram Zoom eines DAB-Kanals, getriggert auf das Nullsymbol. In der Lücke ist der Störer sichtbar.



Dasselbe Signal im Persistence Spectrum, gewonnen aus demselben I/Q-Datensatz. Hier zeigt sich der Störer ebenfalls: Im Bereich um 201 MHz sinkt der Pegel nicht auf das erwartete Rauschen herab.



Ein GSM-Downlink-Signal in der Magnitude-Darstellung, getriggert auf die ansteigende Flanke. Zeitliche Auflösung: 2 µs. Deutlich sind die Zeitschlitz von 546 µs zu erkennen; die Rahmendauer lässt sich mit den Markern A und B ausmessen: Δt = 4,616 ms.

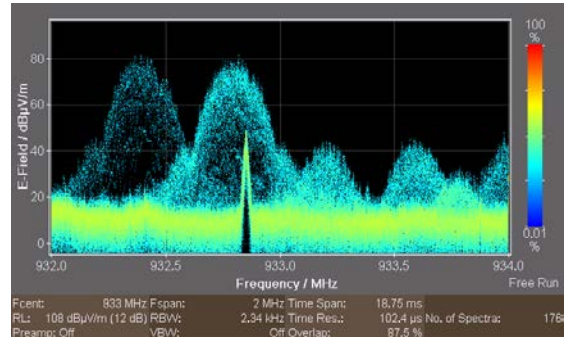
das *Persistence Spectrum*. Der IDA 2 verwendet dazu eine FFT-Analyse. Die Signale, die bereits durch die gewählte Kanalbandbreite (CBW) selektiv erfasst wurden, zerlegt er damit nochmals in ihre spektralen Anteile. Ganz gleich wie die Einstellung bei der Messwert-erfassung war – der Anwender ist frei, jetzt die FFT-Parameter fest-zulegen oder zu ändern: Die Zahl der FFT-Stützstellen und damit die Auflösung (RBW) innerhalb der Kanalbandbreite, ebenso die Über-lappung der Fenster, d. h. der zeitlichen Ausschnitte aus dem Daten-satz, die jeweils zu einer FFT herangezogen werden.

Auflösung 1 μ s

Die Regel: Je weniger FFT-Stützstellen und je größer die Überlappung, umso feiner die zeitliche Auflösung, d. h. die Aufeinanderfolge der Spektren. Ein Beispiel: Für eine Kanalbandbreite (CBW) von 32 MHz liefert die FFT eine nutzbare Bandbreite von 25,6 MHz. Bei 256 FFT-Stützstellen berechnet der IDA 2 ein Spektrum mit einer Auflösungs-bandbreite (RBW) von ca. 240 kHz. Wählt man eine Fenster-überlappung (FFT Overlap) von 87,5 %, so erhält man Spektren mit einer zeitlichen Auflösung von 1 μ s. Das würde einer Million Spektren pro Sekunde entsprechen. Andere Analysatoren komprimieren deshalb die Daten bei Auflösungen unter 20 ms. IDA 2 erhält den Datensatz unverdichtet.

Fazit

Der IDA 2 bietet auf Basis von I/Q-Daten eine Tiefe der Analyse, die bisher nur mit teuren und großen Laborgeräten möglich war – und das in einem 3 kg leichten, batteriebetriebenen Handgerät. Schwache oder sporadische Störer und Interferenzen, die sich unter starken und ggf. in der Frequenz wechselnden Nutzsignalen verbergen konnten, macht der IDA 2 jetzt direkt vor Ort sichtbar. IDA 2 leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Sicherheit moderner Kommunikation.



Ein GSM-Downlink-Signal im Persistence Spectrum. Hier wird der unterlagerte Störer bei ca. 932,8 MHz deutlich sichtbar.

Narda Safety Test Solutions GmbH
Sandwiesenstrasse 7
72793 Pfullingen, Germany
Phone: +49 7121-97 32-0
Fax: +49 7121-97 32-790
E-Mail: support.narda-de@L-3com.com
www.narda-sts.de

Narda Safety Test Solutions
435 Moreland Road
Hauppauge, NY 11788, USA
Phone: +1 631 231-1700
Fax: +1 631 231-1711
E-Mail: NardaSTS@L-3COM.com
www.narda-sts.us

Narda Safety Test Solutions Srl
Via Leonardo da Vinci, 21/23
20090 Segrate (Milano) - Italy
Phone: +39 02 269987 1
Fax: +39 02 269987 00
E-mail: nardait.support@L-3Com.com
www.narda-sts.it