

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 67 (1989)

Heft: 9

Artikel: Systemsimulator für die Typenprüfung von Anlageteilen des NMT 900 (Natel C) = Simulateur de système pour l'expertise de type des sous-systèmes NMT 900 (Natel C)

Autor: Maag, Hans-Rudolf / Herzig, Peter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874954>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Systemsimulator für die Typenprüfung von Anlageteilen des NMT 900 (Natel C)

Simulateur de système pour l'expertise de type des sous-systèmes NMT 900 (Natel C)

Hans-Rudolf MAAG und Peter HERZIG, Bern

Zusammenfassung. Das Natel C, im Herbst 1987 eingeführt, hat sich sehr erfolgreich entwickelt. Die Direktion Forschung und Entwicklung ist für die Prüfung der Anlageteile verantwortlich. Die Autoren beschreiben den Systemsimulator NMT 900 (SS), der zur Typenprüfung von Natel-C-Geräten eingesetzt wird. Die verwendeten Testeinheiten und ihre elektrischen Eigenschaften werden eingehend erläutert. Erste Erfahrungen mit diesem Testsystem sind darin festgehalten.

Résumé. Le Natel C, introduit en automne 1987, connaît un vif succès. Les auteurs décrivent le simulateur de système NMT 900 utilisé par la Direction de la recherche et du développement pour l'expertise de type des équipements Natel C, dont elle a la responsabilité. Les unités de test, y compris leurs caractéristiques électriques, sont abordées en détail et les premières expériences faites avec ce système sont évoquées.

Simulatore di sistema per l'omologazione di tipo di parti d'impianto NMT 900 (Natel C)

Riassunto. Il Natel C, introdotto nell'autunno 1987, riscuote un notevole successo. La direzione ricerche e sviluppo è responsabile dell'omologazione delle parti d'impianto. Gli autori descrivono il simulatore di sistema NMT 900 (SS), impiegato per l'omologazione di tipo di apparecchi Natel C, le unità di prova impiegate, le loro caratteristiche elettriche e le prime esperienze fatte con questo sistema.

1 Einleitung

Für die Typenprüfung der NMT-Anlageteile

- Mobiltelefonzentrale (MTX)
- Basisstationen (BS)
- Mobilstationen (MS)

sowie für umfassende Tests an der gesamten NMT-Struktur wird ein Systemsimulator benötigt, der den Spezifikationen (NMT Doc. 900-5) der nordischen Administrationen entspricht (*Titelbild*). Die Direktion Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT als verantwortliche Stelle für die Prüfung der Anlageteile hat bei der Einführung des Natel-C-Systems, dessen Merkmale in *Tabelle I* zusammengefasst sind, einen Systemsimulator von der *Hakala*, Finnland beschafft. Dieser wird ebenfalls von den skandinavischen Verwaltungen für Typenprüfungen eingesetzt.

2 Eigenschaften

Die wichtigsten Eigenschaften des Systems sind:

- Der Simulator verfügt über die vollständige Hard- und Software, die zur Typenprüfung der logischen Funktionen von NMT-Baugruppen (MTX, BS, MS) nötig sind.
- Die Software gestattet spezielle Messungen (z. B. Linearitäts- und Gruppenlaufzeitverzerrungen auf den Leitungen).
- Statistische Messungen (z. B. Rufsicherheit) können durchgeführt werden.
- Es können auch zwei Verbindungen gleichzeitig geprüft werden (z. B. Umschaltzeiten bei Kanalwechsel).
- Die richtigen Frequenzen und HF-Leistungspegel können über den Rechner automatisch eingestellt werden.
- Verschiedene Messpunkte sowie NF- und HF-Durchschaltmöglichkeiten erlauben eine grosse Flexibilität bei den Messaufbauten.

1 Introduction

Pour le contrôle de type des sous-ensembles NMT, tels que

- le central téléphonique mobile (MTX),
- les stations de base (BS) et
- les stations mobiles (MS),

ainsi que pour les tests complets de l'ensemble de la structure NMT, on a besoin d'un simulateur de système conforme aux spécifications (NMT doc. 900-5) des administrations des pays nordiques (*couverture*). Lors de l'introduction du système Natel C, dont les caractéristiques sont résumées au *tableau I*, la Direction de la recherche et du développement de la Direction générale des PTT, qui est responsable du contrôle des sous-systèmes, a acheté un simulateur de système (SS) à la firme *Hakala* en Finlande. Cet appareil est aussi utilisé par les administrations des pays scandinaves pour leurs propres expertises de type.

2 Caractéristiques

Les principales propriétés du système sont les suivantes:

- le simulateur de système est doté de tout le logiciel et de tout le matériel nécessaires au contrôle des fonctions logiques des sous-systèmes NMT (MTX, BS, MS)
- le logiciel permet de réaliser des mesures spéciales (p. ex. contrôle des distorsions de linéarité et du temps de propagation de groupe sur les lignes)
- il est possible d'effectuer des mesures statistiques (p. ex. fiabilité des appels)
- deux liaisons peuvent aussi être contrôlées simultanément (p. ex. pour vérifier les temps de commutation en cas de changement de canal)

Tabelle I. Systemmerkmale

<ul style="list-style-type: none"> ● NMT-900-Mobiltelefonnetz (NATEL C) seit September 1987 in Betrieb. ● Anfang August 1989 waren 55 000 Teilnehmer angeschaltet. ● Teilnehmer-Anschlusskapazität ausbaubar bis 300 000 Anschlüsse. ● Das System arbeitet im 900-MHz-Band. Der Duplexabstand beträgt 45 MHz, der Kanalraster 25 kHz. ● Mit den um 12,5 kHz versetzten Kanälen stehen etwa 1200 Funkkanäle zur Verfügung. ● Nationales und internationales Roaming (ab 1990). ● Signalisierung im NF-Übertragungsband. ● Überwachungston (Φ-Signal) zur Kontrolle der Verbindungsqualität.
--

Tableau I. Caractéristiques du système

<ul style="list-style-type: none"> ● Le réseau de radiotéléphones mobiles NMT 900 (NATEL C) est en service depuis septembre 1987. ● A début d'août 1989, 55 000 usagers y étaient raccordés. ● Sa capacité maximale est de 300 000 raccordements. ● Le système fonctionne dans la bande des 900 MHz. L'écart duplex est de 45 MHz, celui entre les voies de 25 kHz. ● En raison du décalage de 12,5 kHz, quelque 1200 voies radioélectriques sont disponibles. ● Dès 1990, le «roaming» sera possible en Suisse et à l'étranger. ● La signalisation se fait dans la bande de transmission BF. ● La tonalité de surveillance (signal Φ) permet de contrôler la qualité de la communication.
--

- Kanalnummern, Teilnehmernummern und Funkzelle können eingestellt werden.
- Im gesendeten Rahmen (Frames) können die Bitmuster geändert und Bitfehler eingebaut werden.
- Messprogramme können leicht eingegeben werden, da der Simulator über eine einfache Programmiersprache verfügt.

- les fréquences et les niveaux de puissance HF adéquats peuvent être réglés automatiquement par le processeur
- différents points de mesure et possibilités de connexion BF et HF permettent une grande souplesse dans la mise en place des équipements de mesure
- les numéros des voies, des abonnés et de la cellule radioélectrique peuvent être réglés
- les contenus des trames émises peuvent être modifiés et des erreurs sur les bits peuvent être introduites
- des programmes de mesure peuvent être facilement introduits, car le langage de programmation du simulateur est simple.

3 Funktionelle Gliederung

Der Systemsimulator ist ein vollautomatisches, computerkontrolliertes Testsystem.

Das Blockdiagramm in *Figur 1* zeigt den funktionellen Aufbau des Systemsimulators (SS). Die einzelnen Prüfeinheiten sind in zwei 19-Zoll-Einschubschränken untergebracht:

- a) Eingang/Ausgang-Anschlussgeräte (1)
 - Bildschirm
 - Laserdrucker
 - Tastatur
 - Massenspeicher mit Festplattenlaufwerk
- b) Kontrolleinheit (2)

Der Hauptrechner ist ein Hewlett-Packard Computer HP9920 mit einem zusätzlichen «512 kbyte memory expander». Der Computer bietet die Möglichkeit, alle angeschlossenen Messgeräte via «HP-IB» fernzusteuern.
- c) Signaleinheit (3)
 - Rahmengenerator, Codierer und Modulator zur Erzeugung des FFSK-Signals (Fast Frequency Shift Keying)
 - FFSK-Demodulator, Dekodierer mit Framespeicher zum Empfang des FFSK-Signals
- d) NF-Schalteinheit (4)
 - Φ -Signalgenerator zur Erzeugung einer der vier Frequenzen für die Pilotüberwachung
 - Φ -Signalempfänger mit Detektor zur Auswertung der Φ -Signalfrequenzen
 - NF-Generator zur gleichzeitigen Signalerzeugung für den Testadapter (300 Hz) und Modulation des HF-Messsenders (500 Hz)
 - NF-Detektor für das 300-Hz- und 500-Hz-Signal
 - Kompressor/Expander-Bausteine
- e) HF-Schalteinheit (5)
 - Mehrwegeempfangssimulator-Kontrollsystem
 - HF-Detektor zur Messung von Sendereinstellzeit, Ansprechzeiten und übrigen Zeitkonstanten

3 Structure fonctionnelle

Le simulateur de système est un équipement de test entièrement automatique et commandé par processeur.

La structure fonctionnelle de cet appareil est représentée par le diagramme de la *figure 1*. Les unités de test, mentionnées ci-après, sont logées dans deux châssis de 19 pouces:

- a) Unités d'entrée/sortie (1)
 - imprimante à laser
 - écran de visualisation
 - clavier
 - mémoire de masse avec unité de disque dur.
- b) Unité de commande (2)

Le calculateur principal est un processeur Hewlett-Packard du type HP 9920, équipé d'une carte d'extension de mémoire de 512 koctets. Il permet de télécommander tous les dispositifs de mesure raccordés par le biais du bus HP-IB.
- c) Unité de signalisation (3)
 - générateur de trames, codeur et modulateur pour la production du signal FFSK (Fast Frequency Shift Keying)
 - démodulateur FFSK, décodeur avec mémoire de trames pour la réception du signal FFSK.
- d) Unité de connexion BF (4)
 - générateur de signaux Φ pour la production de l'une des quatre fréquences servant à la surveillance des signaux pilotes
 - récepteur de signaux Φ avec détecteur pour l'évaluation des fréquences des signaux pilotes Φ
 - générateur de signaux BF servant simultanément à la production de signaux pour l'adaptateur de test

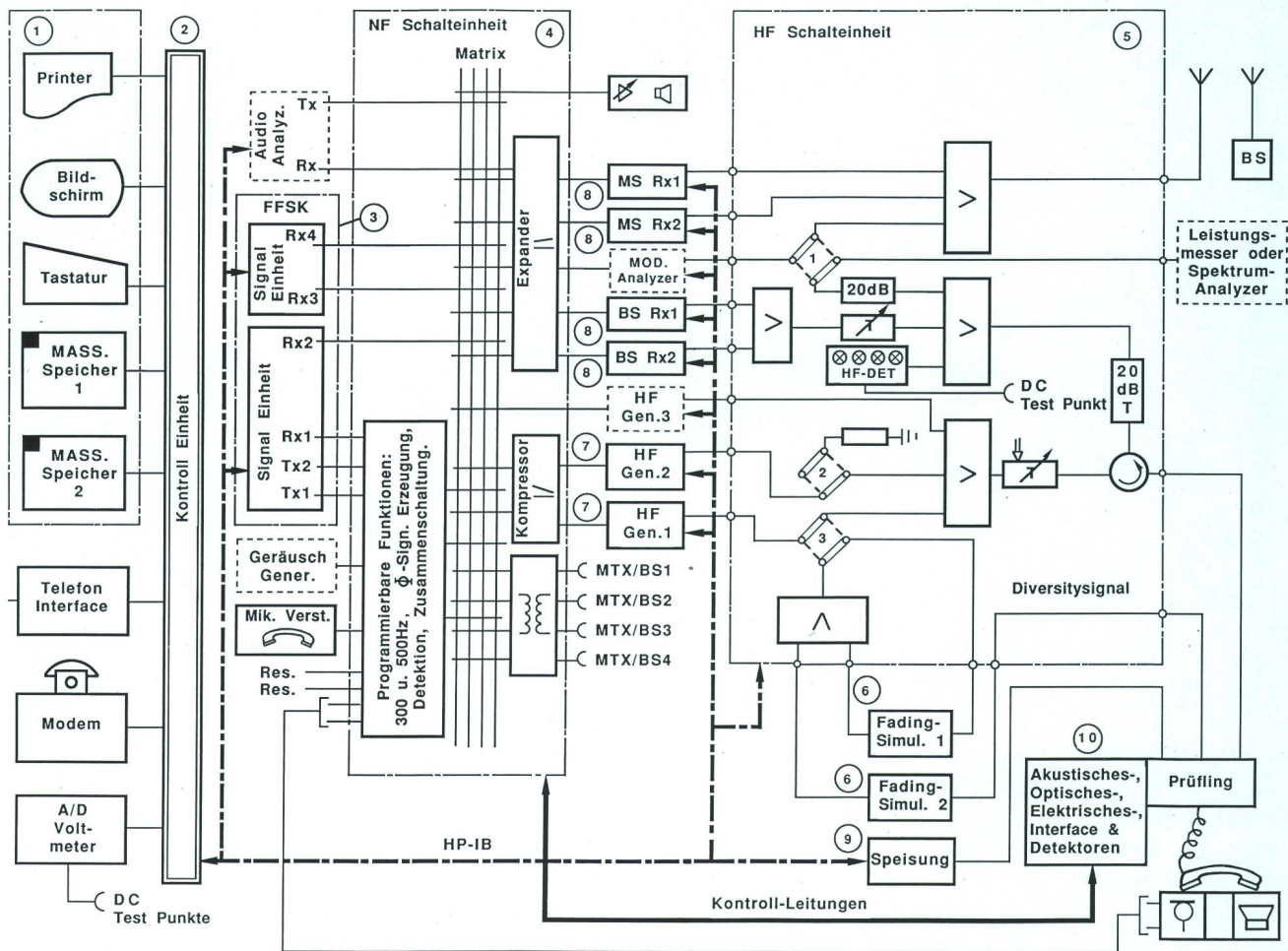


Fig. 1
Blockdiagramm NMT-900-Systemsimulator – Diagramme fonctionnel du simulateur de système NMT 900

- | | |
|---|--|
| Printer – Imprimante | Expander – Expanseur |
| Bildschirm – Ecran de visualisation | Kompressor – Compresseur |
| Tastatur – Clavier | HF-Schalteinheit – Unité de connexion HF |
| Massenspeicher 1 – Mémoire de masse 1 | Modulationsanalyzer – Analyseur de modulation |
| Massenspeicher 2 – Mémoire de masse 2 | HF-Generator 3 – Générateur HF 3 |
| Telefon-Interface – Interface de téléphone | HF-Generator 2 – Générateur HF 2 |
| Modem – Modem | HF-Generator 1 – Générateur HF 1 |
| A/D-Voltmeter – Voltmètre A/N | Fadingsimulator 1 – Simulateur d'évanouissement 1 |
| DC-Test-Punkte – Points de test DC | Fadingsimulator 2 – Simulateur d'évanouissement 2 |
| Kontrolleinheit – Unité de commande | Speisung – Alimentation |
| Audio-Analyzer – Analyseur audio | Kontrollleitungen – Circuits de contrôle |
| Signalisationseinheit – Unité de signalisation | Leistungsmesser oder Spektrum-Analyzer – Wattmètre ou analyseur de spectre |
| Geräuschgenerator – Générateur de bruit | DC-Test-Punkt – Point de test DC |
| Mikrofonverstärker – Amplificateur de microphone | Diversitysignal – Signal avec diversité |
| Programmierbare Funktionen: 300 und 500 Hz, Φ -Sign.-Erzeugung, Detektion, Zusammenschaltung – Fonctions programmables: 300 et 500 Hz, production du signal Φ , détection, interconnexion | Prüfling – Equipement testé |
| NF Schalteinheit – Unité de connexion BF | Akustisches, optisches, elektrisches, Interface und Detektoren – Interfaces et détecteurs acoustiques, optiques et électriques |
| Matrix – Matrice | |

- f) Mehrwegeempfangssimulatoren (6)
 - ausgerüstet zur Simulation von Mehrwegeempfangssignalen für Fahrgeschwindigkeiten zwischen 0 km/h...250 km/h.
- g) HF-Generatoren (7)
 - zur Erzeugung der HF-Signale
- h) HF-Empfänger (8)
 - zum Empfang des Nutzsignals vom Prüfling. Es sind zwei Mobilempfänger (935 MHz...960 MHz) und zwei Basisstationsempfänger (890 MHz...915 MHz) eingebaut
- i) Stromversorgung (9)
 - 0 V...48 V; 10 A
- e) Unité de connexion HF (5)
 - unité de contrôle du simulateur d'évanouissement
 - détecteur HF servant à mesurer le temps de montée de l'émetteur, les temps de réaction et les autres constantes de temps.
- f) Simulateurs d'évanouissement (6)
 - conçus pour simuler des signaux se propageant par trajets multiples à des vitesses allant de 0 km/h à 250 km/h.

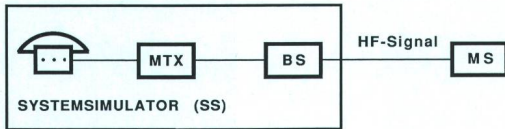


Fig. 2
 Testanordnung für die Mobilstation – Configuration pour le test de la station mobile
 Systemsimulator (SS) – Simulateur de système (SS)
 HF-Signal – Signal HF

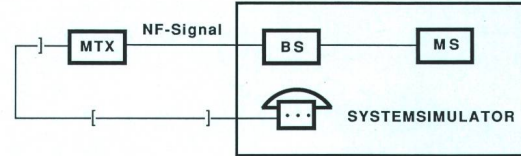


Fig. 4
 Testanordnung für die Mobiltelefonzentrale (NF-Interface zwischen MTX und BS/MS für eine und mehrere Linien) – Configuration pour le test du central téléphonique mobile (interface BF entre le MTX et la station de base/station mobile pour une ou plusieurs lignes)
 NF-Signal – Signal BF
 Systemsimulator – Simulateur de système

- k) Prüf-Interface (10)
 - als Verbindungsglied zum Prüfling.

31 Verschiedene mögliche Testkonfigurationen

311 Test der Mobilstation

Für den Test der Mobilstation wird der Systemsimulator zur Simulation der MTX wie auch der Basisstation eingesetzt (HF-Interface, Fig. 2).

Das Programm für die Mobilstation umfasst 65 Tests. Damit werden die wichtigsten Anforderungen der Datensignalübertragung erfasst. Daneben hat es noch genügend Speicherplätze, um eigene anwenderspezifische Testprogramme zu speichern.

Nach der Ausführung eines Testprogramms besteht die Möglichkeit, mit der Eingabe eines Befehls das Prüfergebnis «positiv» oder «negativ» im Prüfprotokoll zu kennzeichnen.

312 Test der Basisstation

Zur Prüfung der Basisstation wird der Systemsimulator sowohl zur Simulation der Mobilstation (HF-Interface) wie zur Simulation der MTX (NF-Interface) eingesetzt (Fig. 3).

313 Test MTX

Die Signalisierung der MTX in Richtung Basis- und Mobilstation kann getestet werden, indem der Systemsimulator an die NF-Leitung der Basisstation angeschlossen wird. In diesem Fall werden die Basis- und die Mobilstation gleichzeitig simuliert (Fig. 4).

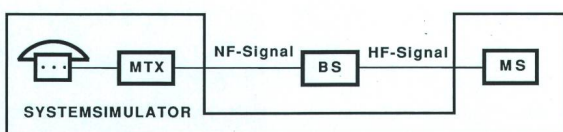


Fig. 3
 Testanordnung für die Basisstation – Configuration pour le test de la station de base
 Systemsimulator – Simulateur de système
 NF-Signal – Signal BF
 HF-Signal – Signal HF

- g) Générateurs HF (7)
 - pour la production des signaux HF.
- h) Récepteurs HF (8)
 - pour la réception du signal utile envoyé par l'équipement testé. Deux récepteurs mobiles (935 MHz...960 MHz) et deux récepteurs de stations de base (890 MHz...915 MHz) sont intégrés.
- i) Alimentation électrique (9)
 - 0 V...48 V; 10 A.
- k) Interface de test (10)
 - assure la connexion avec l'appareil testé.

31 Configurations de test possibles

311 Test de la station mobile

Dans ce cas, le simulateur de système est utilisé pour simuler le central téléphonique mobile et la station de base (interface HF, fig. 2).

Le programme de test de la station mobile comprend 65 tests, ce qui permet de contrôler les principales exigences relatives à la transmission des signaux de données. Il reste encore assez de positions dans la mémoire pour enregistrer des programmes de test propres aux utilisateurs.

Au terme d'un test, on peut, en introduisant une instruction, qualifier le résultat de «positif» ou de «negatif» dans le procès-verbal.

312 Test de la station de base

Dans ce cas, on utilise le simulateur de système pour simuler aussi bien la station mobile (interface HF) que le central de téléphonie mobile (interface BF, fig. 3).

313 Test du central de téléphonie mobile

Il s'agit ici de tester la signalisation du MTX en direction de la station de base et de la station mobile en connectant le simulateur de système à la ligne BF de la station de base. Dans ce cas, le simulateur de système sert à simuler en même temps la station de base et la station mobile (fig. 5).

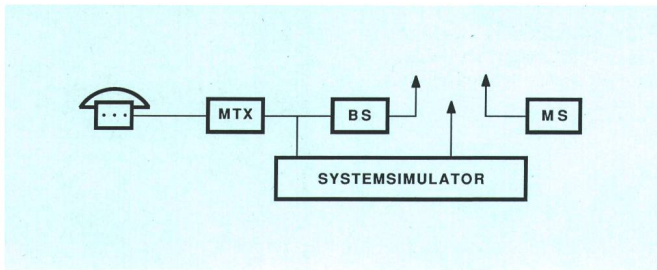


Fig. 5
Testanordnung für die Systemüberwachung – Configuration pour le test de la surveillance du système
Systemsimulator – Simulateur de système

314 Betriebsmässige Systemüberwachung

Bei Anschluss des Systemsimulators an eine externe Antenne kann der Status einer lokalen Basis- oder Mobilstation auf jedem gewünschten Kanal überwacht werden. Es besteht auch die Möglichkeit, die Datensignalübertragung zwischen MTX und Basis-/Mobilstation NF-mässig zu kontrollieren (Fig. 5).

4 Hardwareübersicht

Die besonderen Testeinheiten mit ihren wichtigsten Funktionen werden kurz beschrieben (Fig. 6).

41 Signaleinheit

Die Signaleinheit sendet und empfängt komplette FFSK-codierte Datentelegramme, die für die Kommunikation mit den NMT-Anlageteilen erforderlich sind. Die Informationsübertragung vollzieht sich mit sogenannten Rahmen (Frames). Jeder Rahmen beinhaltet 166 Bits gemäss Figur 7.

Die binären Positionen in den Signalrahmen werden FFSK-moduliert übermittelt. Logisch «1» wird durch eine Schwingung der Frequenz 1200 Hz und logisch «0» durch $1\frac{1}{2}$ Schwingungen der Frequenz 1800 Hz dargestellt (Fig. 8). Der Übergang von einer zur anderen Frequenz vollzieht sich kontinuierlich und in Phase. Die Übertragungsrate beträgt 1200 Baud.

Die Signaleinheit besitzt zwei FFSK-Sendekanäle und vier Empfangskanäle.

Sobald der Systemrechner die Information über den Rahmeninhalt und die Prüfsequenz übermittelt, wird der Test ausgeführt. Jeder gesendete und empfangene Rahmen wird zusammen mit den externen Indikationsmerkmalen (Service Indikator, Status der Mobilstation, NF-Signaldetektor usw.) im Datenspeicher registriert.

Nach Abschluss des durchgeführten Tests informiert die Signaleinheit den Systemrechner über das Prüfergebnis (positiv oder negativ). Mit einer Auflösung von 1 bit/s (0,833...ms) können kritische Zeitintervalle im Datenspeicher kontrolliert werden.

Die Signaleinheit erlaubt auch externe Einheiten zu steuern, wie das Ein- und Ausschalten des Φ -Signals in der NF-Schalteinheit, Gabelkontakt Ein/Aus bei Prüfinterface/Mobilstation usw. Diese Tätigkeiten werden ebenfalls im Datenspeicher registriert.

314 Surveillance du système au niveau de l'exploitation

S'il est raccordé à une antenne externe, le simulateur de système peut surveiller l'état d'une station de base ou d'une station mobile locale sur chaque voie. Il permet aussi de contrôler la transmission des signaux de données entre le MTX et la station de base/station mobile au niveau BF (fig. 5).

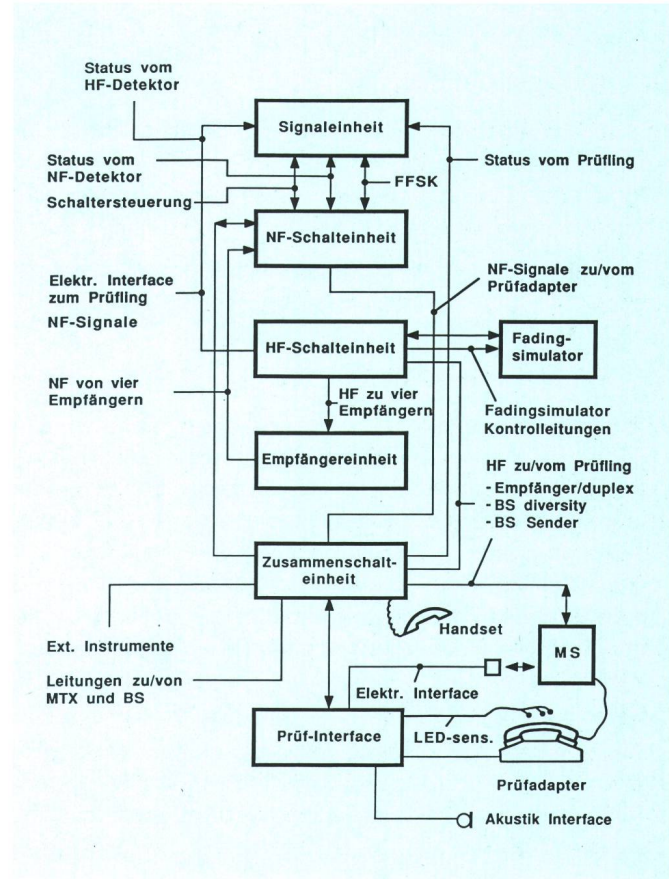


Fig. 6
Übersicht der Testeinheiten (Blockdiagramm) – Vue d'ensemble des unités de test (diagramme fonctionnel)

- Status des HF-Detektors – Etat du détecteur HF
- Status des NF-Detektors – Etat du détecteur BF
- Schaltersteuerung – Commande de commutation
- Elektrisches Interface zum Prüfling – Interface électrique vers l'équipement de test
- NF-Signale – Signaux BF
- NF von vier Empfängern – Signaux BF de quatre récepteurs
- Externe Instrumente – Instruments externes
- Leitungen zu/von MTX und BS – Liaisons entre MTX et BS
- Signaleinheit – Unité de signalisation
- NF-Schalteinheit – Unité de connexion BF
- HF-Schalteinheit – Unité de connexion HF
- HF zu vier Empfängern – Signaux HF vers quatre récepteurs
- Empfängereinheit – Unité de réception
- Zusammenschalt-einheit – Unité d'interconnexion
- Prüf-Interface – Interface de test
- Status des Prüflings – Etat de l'équipement testé
- NF-Signale zu/vom Prüfadapter – Signaux BF vers/de l'adaptateur de test
- Fadingsimulator – Simulateur d'évanouissement
- Fadingsimulator Kontrolleleitungen – Lignes de contrôle du simulateur d'évanouissement
- HF zu/vom Prüfling – Signaux HF de/vers l'équipement testé
- Empfänger/duplex – Récepteur/duplex
- BS diversity – Récepteur en diversité BS
- BS Sender – Emetteur BS
- Handset – Combiné
- Elektrisches Interface – Interface électrique
- LED-sens. – Capteurs LED
- Prüfadapter – Adaptateur de test
- Akustikinterface – Interface acoustique

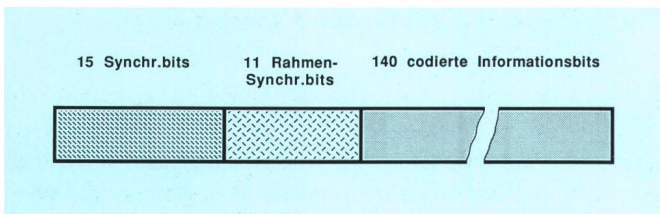


Fig. 7
Aufbau eines Rahmens – Structure d'une trame
 15 Synchronisations-Bits – 15 bits de synchronisation
 11 Rahmen-Synchronisations-Bits – 11 bits de verrouillage de trame
 140 codierte Informationsbits – 140 bits d'information codés

42 NF-Schalteinheit

Die NF-Schalteinheit ermöglicht das Durchschalten der NF-Pfade zum Sender, Empfänger und Prüfling usw. (Fig. 9). Das Einschalten oder Überbrücken besonderer Netzwerke wie Kompander usw. ist damit realisierbar.

Gesteuert wird die NF-Schalteinheit über den Systemrechner, die Signaleinheit oder die Tastatur.

43 HF-Schalteinheit

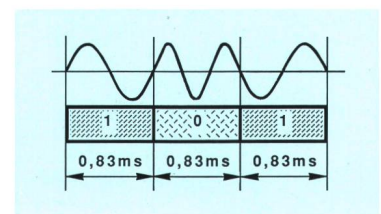
Mit der HF-Schalteinheit kommt das Durchschalten der HF-Pfade zwischen HF-Messinstrumenten und Prüfling zustande. Ein zuschaltbarer HF-Detektor gestattet die Messung der Leistungspegel des Prüflings. Mit einem eingebauten, steuerbaren Abschwächer können die gewünschten HF-Pegel eingestellt werden. Ein internes Zirkulatorennetzwerk bewirkt eine gute Richtkopplungsdämpfung von 60 dB oder mehr zwischen Signalgenerator und Prüfling.

Zudem kann über die HF-Schalteinheit die Fahrgeschwindigkeit des Mehrwegeempfangssimulators programmiert werden (Anzeige mit Display). Die Steuerung erfolgt über den Systemrechner oder manuell mit der Tastatur (Fig. 10).

44 HF-Empfängereinheit

Diese Einheit wirkt als HF-Empfänger und -Demodulator für vier HF-Kanäle. Zwei arbeiten als Basisstation-Emp-

Fig. 8
FFSK-moduliertes Datensignal – Signal de données modulé selon la technique FFSK



4 Vue d'ensemble du matériel

Les unités de test spéciales et leurs principales fonctions sont décrites brièvement (fig. 6).

41 Unité de signalisation

L'unité de signalisation envoie et reçoit des télégrammes de données complets codés FFSK, qui sont nécessaires à la communication entre les sous-systèmes NMT. La transmission des informations se fait au moyen de trames. Chaque trame contient 166 bits, selon la figure 7.

Les symboles binaires d'une trame de signalisation sont transmis en modulation FFSK. Le «1» logique est représenté par une oscillation de la fréquence 1200 Hz et le «0» logique par un cycle et demi de la fréquence 1800 Hz (fig. 8). Le passage d'une fréquence à l'autre a lieu de manière continue et en phase. La vitesse de transmission est de 1200 bauds.

L'unité de signalisation est équipée de deux voies d'émission FFSK et de quatre voies de réception.

Le test commence dès que le processeur de central transmet l'information relative au contenu de la trame et à la séquence de test. Chaque trame émise et reçue est enregistrée dans la mémoire de données avec les critères d'indication externes (indicateur de service, état de la station mobile, détecteur des signaux BF, etc.).

Au terme du test, l'unité de signalisation informe le processeur de central sur le résultat du test (positif ou négatif). Les intervalles de temps critiques peuvent être

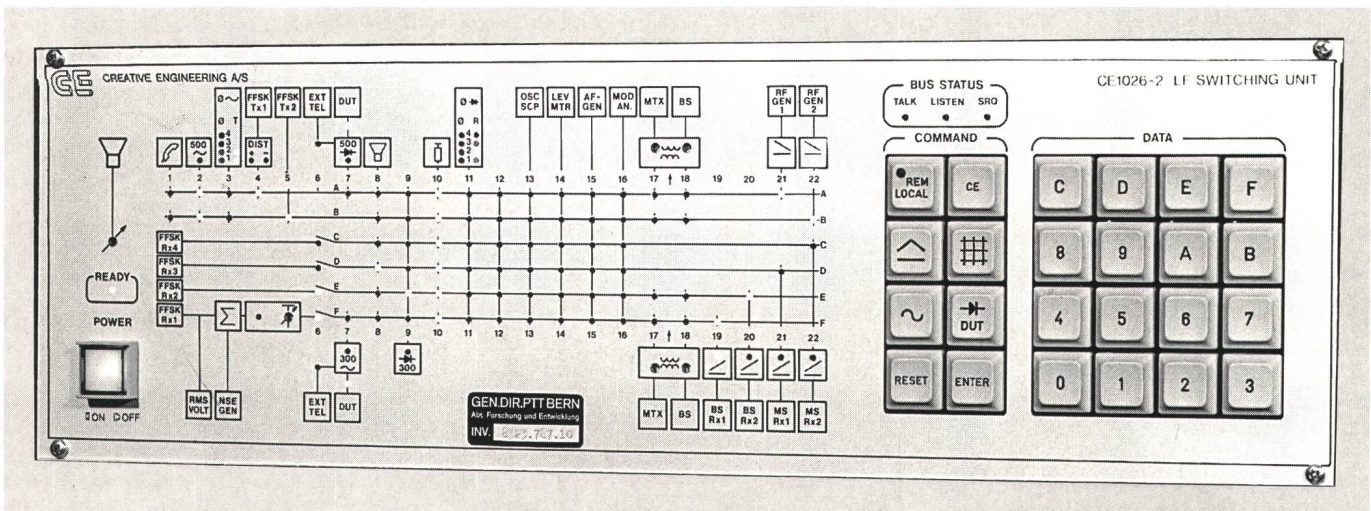


Fig. 9
Detailansicht der NF-Schalteinheit – Vue détaillée de l'unité de connexion BF

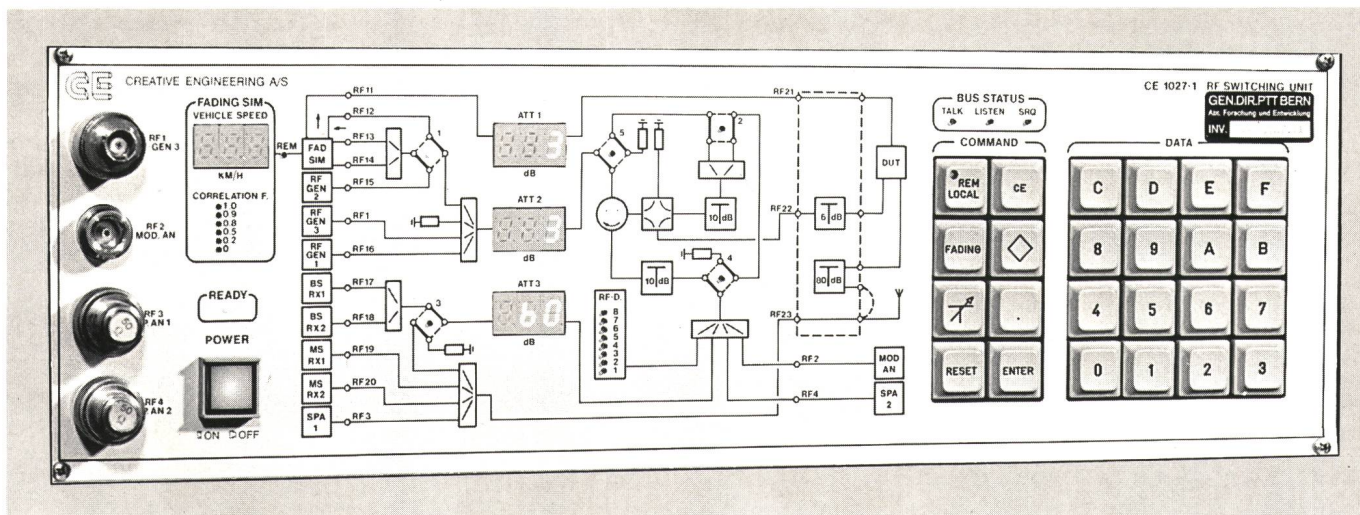


Fig. 10
 Detailansicht der HF-Schalteinheit – Vue détaillée de l'unité de connexion HF

fänger und zwei als Mobilstation-Empfänger. Die Steuerung der Empfänger erfolgt über den HP-IB-Eingang. Kanalnummer und Frequenz werden auf der Frontplatte angezeigt.

45 HF-Signalgeneratoren

Die HF-Signalgeneratoren erzeugen Signale, die mit dem Sprach- oder Datensignal moduliert sind.

46 Zusammenschalteinheit

Diese Einheit ermöglicht das Zusammenschalten der HF-Signale auf einen gemeinsamen HF-Steckeranschluss. Für bestimmte Messungen ist ein Leistungsabschwächer eingebaut.

47 Prüf-Interface

Diese Einheit umfasst das Akustikinterface, das elektrische Interface sowie Indikatoren und Justierpotentiometer für die LED-Sensoren und dient als Schnittstelle zum Prüfling.

5 Software

51 Befehlssprache

Für den Systemsimulator wurde eine leicht zu handhabende Befehlssprache entwickelt. Sie gestattet dem Operator, neue oder modifizierte Tests selber zu entwickeln. Es wurde darauf geachtet, dass die Rahmen und die Parameter mit den gleichen Symbolen benannt sind wie in den NMT-Spezifikationen. Das Simulatorprogramm ist so aufgebaut, dass die vorgeschriebenen Tests rationell durchführbar sind.

Verschiedene Programmpakete sind für die folgenden Tests nötig:

- Tests für die Mobilstation
- Tests für die Mobiltelefonzentrale
- Tests für die Basisstation.

Der Befehlsinterpreter verfügt über 160 vordefinierte Befehle. Es ist auch noch genügend Platz (50) vorhan-

contrôlés dans la mémoire de données avec une résolution de «1 bit/s» (0,833...ms).

L'unité de signalisation permet aussi de commander des unités externes (p. ex. activation et désactivation du signal Φ dans l'unité de connexion BF, actionnement du contact du termineur au niveau de l'interface de test/station mobile, etc.). Ces opérations sont également enregistrées dans la mémoire de données.

42 Unité de connexion BF

L'unité de connexion BF permet de connecter les voies BF notamment à l'émetteur, au récepteur et à l'équipement testé (fig. 9). La connexion ou le pontage de dispositifs spéciaux, tels que le compresseur, est ainsi réalisable.

L'unité de connexion BF est commandée par le processeur central, l'unité de signalisation ou le clavier.

43 Unité de connexion HF

L'unité de connexion HF permet de connecter les voies HF entre les instruments de mesure HF et l'équipement à tester. Un détecteur HF connectable permet de mesurer le niveau de puissance de l'appareil testé. Les niveaux HF peuvent être réglés à l'aide d'un atténuateur intégré à niveau d'atténuation variable. Un réseau interne de circulateurs assure une atténuation directive de 60 dB ou plus entre le générateur de signaux et l'équipement testé.

Par ailleurs, la vitesse de la station mobile peut être programmée dans le simulateur d'évanouissement au moyen de l'unité de connexion HF (avec affichage). La vitesse est commandée soit par le processeur central soit manuellement au moyen du clavier (fig. 10).

44 Unité de réception HF

Cette unité permet de recevoir et de démoduler quatre voies HF, dont deux fonctionnent comme récepteurs de station de base et les deux autres comme récepteurs de station mobile. Elles sont commandées par le bus HP-IB.

den für anwenderspezifische Programme. Damit lassen sich die vorgeschriebenen Logiktests durchführen.

Beispiel eines auszuführenden Befehlsatzes:

C1 T1a P3 C2

darin bedeuten:

C1/C2 Zeitmesspunkte während des Testablaufs

T Start der Rahmenausendung

1a Bezeichnung des Rahmens

P3 Exakte Anzahl der zu übertragenden Rahmen.

Als Testergebnis wird die benötigte Zeit für die Aussendung der drei Rahmen 1a berechnet und protokolliert.

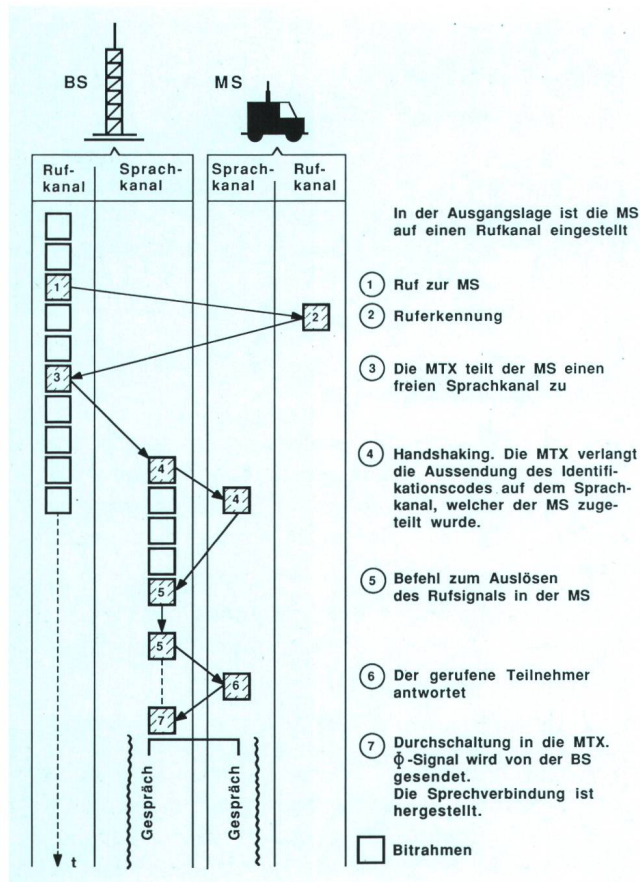


Fig. 11 Signalisierung beim Ruf MTX → MS – Signalisation d'un appel MTX → MS

Rufkanal – Voie d'appel

Sprachkanal – Voie de conversation

In der Ausgangslage ist die MS auf einen Rufkanal eingestellt – A l'état initial, la station mobile est réglée sur une voie d'appel

Ruf zur MS – Appel vers la station mobile

Ruferkennung – Reconnaissance de l'appel

Die MTX teilt der MS einen freien Sprachkanal zu – Le MTX attribue à la station mobile une voie de conversation libre

Handshaking. Die MTX verlangt die Aussendung des Identifikationscodes auf dem Sprachkanal, welcher der MS zugeteilt wurde – Handshaking. Le MTX exige l'envoi du code d'identification sur la voie de conversation qui a été attribuée à la station mobile

Befehl zum Auslösen des Rufsignals in der MS – Ordre de déclenchement du signal d'appel dans la station mobile

Der gerufene Teilnehmer antwortet – L'abonné appelé répond

Durchschaltung in die MTX – Interconnexion dans le MTX
Phi-Signal wird von der BS gesendet – Le signal Φ est envoyé par la station mobile

Die Sprechverbindung ist hergestellt – La communication est établie
Bitrahmen – Trame

Le numéro de la voie et la fréquence sont indiqués sur la plaque frontale.

45 Générateurs de signaux HF

Ces générateurs produisent des signaux HF qui sont modulés avec le signal de parole ou de données.

46 Unité d'interconnexion

Cette unité permet d'interconnecter les signaux HF sur un conjoncteur HF commun. Un atténuateur γ est intégré pour effectuer certaines mesures.

47 Interface de test

Cette unité est constituée de l'interface acoustique, de l'interface électrique ainsi que d'indicateurs et de potentiomètres d'appoint pour les capteurs LED. Elle assure la connexion avec l'équipement testé.

5 Logiciel

51 Langage de programmation

Un langage de programmation facile à utiliser a été développé pour le simulateur de système. Il permet à l'opérateur de mettre au point lui-même de nouveaux tests ou de modifier des tests existants. On a veillé à utiliser les symboles des spécifications NMT pour désigner les trames et les paramètres. Le programme de simulation est conçu de telle manière que les tests prescrits peuvent être effectués de façon rationnelle.

Différents progiciels sont nécessaires pour les tests suivants:

- tests de la station mobile,
- tests du central de téléphonie mobile,
- tests de la station de base.

L'interpréteur d'instructions contient 160 instructions prédéfinies. Il reste assez de positions libres (50) pour l'enregistrement de programmes propres aux usagers. Ainsi, il est possible d'effectuer les tests logiques prescrits.

Exemple d'un jeu d'instructions à exécuter:

C1 T1a P3 C2

où:

C1 et C2 sont des points de mesure au cours du cycle de test

T signifie le début de l'émission de la trame

1a désigne la trame

P3 correspond au nombre exact de trames à transmettre.

Le temps nécessaire à l'émission des trois trames 1a est calculé et consigné dans le procès-verbal comme résultat du test.

6 Darstellung der Messwerte

Die Testergebnisse werden auf einer Magnetplatte gespeichert. Von einem gewünschten Test können jederzeit die Messergebnisse über einen Laserdrucker zur Darstellung gebracht werden (Tab. II).

Jede Aktion des Systemsimulators und jede Reaktion der Mobilstation werden mit einer Auflösung von 1 ms registriert. Die von der Mobilstation gesendeten Bitrahmen werden sowohl hexadezimal als auch mit Symbolen (1a, 10b usw.) gekennzeichnet.

Im folgenden Beispiel sei der logische Test für den «Anruf MTX → MS mit Antwort» dargestellt. Diese Prüfung testet den Verbindungsaufbau für den Ruf von der MTX zur Mobilstation mit Antwort der Mobilstation. Das nötige Signalisierverfahren zwischen MTX → BS → MS ist in vereinfachter Darstellung aus Figur 11 ersichtlich. Die NMT-Spezifikation Doc. 900-3 fordert dazu ein entsprechendes Zeitdiagramm für die Datenübertragung zwischen MS, BS und MTX.

Tabelle II. Beispiel eines Testprotokolls
Tableau II. Exemple d'un procès verbal d'essai

Test: CONVERSAT, 30 Nov 1988, 15:17:55									
Device under test: NATEL C									
Operator: TEST GROUP									
CONVERSAT X 1 EX CALL									
T1 on channel 11 sending frames 1a									
T2 on channel 100 sending frames 4									
Detectors:									
CALL									
T1 on channel 11 Rf-level: -50 dBm DUT input level: 39 dBµV									
T2 on channel 100 Rf-level: -50 dBm DUT input level: 39 dBµV									
SS action	T	R							
DUT response	12	1234	Time	Diff	Err				
T	2 1a	*--	----	41	41	60B	C	470000000000	
T	1 20	--*	----	41	0	664	F	47F123333333	
T	4 4	--*	----	179	138	664	3	4700000003F3	
T	SS1			181	2				
T	1 2a	*--	----	318	137	60B	C	4715162863F3	
T	4 1a	*--	----	456	138	60B	C	470000000000	
R	10a	--*	----	487	31	60B	1	151628640	
T	1 20	--*	----	733	246	664	F	47F123F44400	
T	SS0			741	8				
T	1 6	--*	----	871	130	000	0	000000000000	
T	1 2b	*--	----	1009	138	60B	C	471516286064	
T	4 3b	*--	----	1141	132	664	5	4715162863F3	
T	136 1a	*--	----	1148	7	60B	C	470000000000	
R	10b	--*	----	1448	300	664	1	151628647123	
R	10b	--*	----	1586	138	664	1	151628647123	
T	4 5a	*--	----	1694	108	664	6	471516286999	
R	10b	--*	----	1724	30	664	1	151628647123	
R	10b	--*	----	1862	138	664	1	151628647123	
T	80 6	*--	----	2248	386	000	0	000000000000	
T	4 5a	*--	----	13314	11066	664	6	471516286999	
T	15 6	*--	----	13868	554	000	0	000000000000	
T	4 5a	*--	----	15943	2075	664	6	471516286999	
T	20 6	*--	----	16496	553	000	0	000000000000	
T	HK0			16507	11				
R	13a	--*	----	18416	1909	664	8	1516286EEEE	
R	13a	--*	----	18554	138	664	8	1516286EEEE	
R	13a	--*	----	18693	139	664	8	1516286EEEE	
T	SS1			18714	21				
R	13a	--*	----	18831	117	664	8	1516286EEEE	
T	1 20	--*	----	19263	432	664	F	47F123333333	
R	SS1			19429	166				
T SS1 T 1a P 1 T 1a T 2a P 1 T 1a W 10a X + T SS0 A 15 T 20 P 1 T 6									
P 1 X - T 1a P 1 T 2b P 1 T 1a P 1 T 1a X + T 3b P 2 T 3b U 6 W 10b									
L 9 T 5a P 4 T 6 T 6 P 80 T 5a P 4 T 6 P 15 T 5a P 4 T 6 H T HK0 W 1									
3a E 220 T SS1 T 6 P 4 A 3 T 20 P 1 W SS1									

6 Représentation des valeurs mesurées

Les résultats des tests sont mémorisés sur un disque magnétique. Ils peuvent à tout moment être édités séparément sur une imprimante à laser (tab. II).

Chaque action du simulateur de système et chaque réaction de la station mobile sont enregistrées avec une définition de 1 ms. Les trames envoyées par la station mobile sont caractérisées aussi bien par des chiffres hexadécimaux que par des symboles (1a, 10b, etc.).

L'exemple qui suit présente le test logique d'un «appel MTX → MS avec réponse». Ce test porte sur l'établissement de la communication pour un appel du MTX vers la station mobile avec réponse de cette dernière. La procédure de signalisation entre MTX → BS → MS est représentée de manière simplifiée à la figure 11. La spécification NMT «doc. 900-3» exige qu'un diagramme des temps soit établi pour la transmission entre la station mobile, la station de base et le MTX.

Le simulateur de système effectue alors les mesures et compare les résultats obtenus avec les valeurs spécifiées.

Les informations suivantes sont affichées à l'écran:

- désignation du test
- date et heure
- description succincte du test ou des instructions combinées
- équipement testé
- nom de l'opérateur
- principaux paramètres de mesure
- niveaux HF
- numéros des voies
- désignation des procédures
- opérations effectuées manuellement et automatiquement pendant le test
- temps écoulé entre l'action et la réponse
- nombre d'erreurs sur les bits corrigées dans la trame reçue
- indication en temps réel correspondant à l'action et à la réponse de l'émetteur (1 et 2) et du récepteur (1 et 2).

Après chaque test, les résultats sont comparés automatiquement avec les valeurs spécifiées dans la liste de contrôle.

Les informations suivantes peuvent être représentées:

- intervalle de temps entre les actions et les réactions
- nombre minimal, maximal et exact de trames (ou d'autres réactions), reçues en fonction du type de trame et de leur position pendant le cycle de mesure
- calcul des intervalles de temps.

7 Conclusions

Le simulateur de système décrit est en service depuis le printemps 1987. L'acquisition de cet équipement, utilisé également par les administrations des pays nordiques, s'est révélée judicieuse. Il a été ainsi possible, en parti-

Vom Systemsimulator werden nun die Messungen ausgeführt und die Ergebnisse mit den Spezifikationen verglichen.

Nachstehende Informationen sind am Bildschirm ersichtlich:

- Bezeichnung des Tests
- Datum, Zeit
- Kurzbeschreibung des Tests oder der kombinierten Befehle
- Testobjekt
- Name des Operators
- Hauptmessparameter
- HF-Pegel
- Kanalnummern
- Bezeichnung der Prozeduren
- manuelle und automatische Operationen während des Tests
- Zeitdifferenz zwischen erfolgter Aktion und Antwort
- Anzahl korrigierter Bitfehler im empfangenen Rahmen
- Echtzeitangabe korrespondierend mit der Aktion und der Antwort des Senders 1 und 2 bzw. Empfängers 1 und 2.

Nach jedem Test wird automatisch ein Vergleich der Ergebnisse mit den «Checklist-Forderungen» durchgeführt.

Folgende Darstellungen sind möglich:

- Zeitintervalle zwischen gewählten Aktionen und Reaktionen
- Minimum, Maximum und genaue Anzahl der empfangenen Rahmen oder anderer Reaktionen, abhängig vom Rahmentyp und der Position im Messablauf
- Berechnungen der Zeitintervalle.

7 Schlussbemerkungen

Der beschriebene Systemsimulator ist seit dem Frühjahr 1987 voll im Einsatz. Die Entscheidung, denselben Systemsimulator anzuschaffen, den auch die nordischen Länder benützen, hat sich als richtig erwiesen. Man konnte somit von den Erfahrungen unserer Kollegen reichlich profitieren.

Die anstehenden Probleme und der Ausbau dieses Testsystems werden laufend in einer Gruppe, bestehend aus Mitgliedern dieser Länder, weiter behandelt. Es wurde den PTT-Betrieben ermöglicht, in diesem Gremium mitzuwirken. So entstand zum Beispiel in enger Zusammenarbeit die Software zum Testen der Basisstation.

Jedes in den nordischen Ländern zugelassene Mobilgerät wird in der Schweiz einem Kurztest unterzogen, bevor es endgültig zum Verkauf freigegeben wird. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass diese Prüfungen sehr nützlich sind. Bei einigen Geräten wurden Fehler festgestellt, die zum Teil auf nachträgliche Änderungen zurückzuführen sind.

Das Arbeiten mit diesem Systemsimulator ermöglichte der Prüfstelle, wichtige Erkenntnisse über das verhältnismässig komplexe NMT-900-System zu sammeln.

culier, de profiter des expériences de nos collègues scandinaves.

Les problèmes en suspens et l'extension de ce système sont examinés régulièrement par un groupe de représentants des administrations des pays scandinaves, activités auxquelles les PTT suisses participent également. C'est ainsi que, grâce à cette étroite collaboration, il a été possible de mettre au point récemment un logiciel pour le test des stations de base.

Tout appareil mobile agréé par les administrations des pays nordiques est soumis à un test abrégé en Suisse, avant d'être commercialisé. Il s'est révélé que ces contrôles sont très utiles; ils ont permis, par exemple, de constater des défauts dus en partie à des modifications apportées après coup.

L'utilisation de ce simulateur permet à l'organe chargé d'effectuer les tests de recueillir des informations importantes au sujet du système NMT 900, relativement complexe.

En plus du test logique, il s'agit aussi de tester les caractéristiques HF des stations mobiles et des stations de base. On utilise à cet effet un banc de mesure radio-électrique HF conforme à la recommandation T/R24-01 de la CEPT. En outre, les PTT suisses ont développé un logiciel spécifique, auquel les administrations des pays nordiques s'intéressent vivement.

Abréviations utilisées et explications

NMT 900	Système de radiotéléphonie mobile fonctionnant dans la bande des 900 MHz (Nordic Mobile Telephone)
MTX	Central de téléphonie mobile (Mobile Telephone Exchange)
BS	Station de base
MS	Station mobile
SS	Simulateur de système
T	Emetteur
R	Récepteur
FFSK	Modulation par déplacement de fréquence rapide (Fast Frequency Shift Keying): mode de transmission de données dans lequel les bits «1» et «0» sont représentés par deux fréquences vocales différentes
Signal Φ	Signal pilote (tonalité de surveillance)
Simulateur d'évanouissement	
Simulateur de réception par trajets multiples	
Abonné itinérant (roaming)	Fonction permettant l'enregistrement automatique de l'abonné dans un central téléphonique mobile étranger
HKO	Contact du termineur déclenché
SS1	Signal de surveillance activé
SSO	Signal de surveillance désactivé
HF/RF	Haute fréquence
NF/AF	Basse-fréquence
DUT	Equipement testé
1a, 2a, 10a...	Désignation des trames
HP-IB	Hewlett-Packard Interface Bus
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications

Zusätzlich zu dem logischen Test müssen auch die hochfrequenztechnischen Eigenschaften der Mobil- und Basisstation geprüft werden. Dafür wird ein weiteres Testsystem benötigt. Man benützt dazu einen automatischen HF-Funkmessplatz gemäss der CEPT-Empfehlung T/R24-01. Für diese HF-Messungen entwickelten die PTT-Betriebe eine eigene Software, die jetzt auch bei den nordischen Kollegen auf grosses Interesse stösst.

Verwendete Abkürzungen und Erläuterungen

NMT 900	Nordic Mobile Telephone System im 900-MHz-Frequenzband
MTX	Mobile Telephone Exchange (Mobiltelefonzentrale)
BS	Basisstation
MS	Mobilstation
SS	Systemsimulator
T	Sender
R	Empfänger
FFSK	Fast Frequency Shift Keying (Verfahren zur Datenübertragung, bei dem «1»- und «0»-Bits durch zwei unterschiedliche Tonfrequenzen dargestellt werden)
Frame	Rahmen
Φ-Signal	Pilotsignal (Überwachungston)
Fadingsimulator	Mehrwegeempfangsimulator

Roaming	Automatische Registrierung des Teilnehmers in einer fremden Mobiltelefonzentrale
HKO	Gabelkontakt Aus
SS1	Überwachungssignal Ein
SS0	Überwachungssignal Aus
HF/RF	Hochfrequenz
NF/AF	Niederfrequenz
DUT	Prüfling
1a, 2a, 10a...	Bezeichnung der Rahmen
HP-IB	Hewlett-Packard Interface Bus
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications

Bibliographie

- [1] Spezifikationen der Nordic Mobile Telephone group NMT Doc. 900-1, -2, -3, -5.
- [2] Div. Beschreibungen der Firma Creative Engineering A/S Oslo, Norwegen.
- [3] Beschreibung des NMT-Systems, Herausgeber: Telecommunications Administrations of Denmark, Finland, Norway and Sweden.
- [4] *Müller F.* Natel C, das neue Mobiltelefonsystem in der Schweiz. Techn. Mitt. PTT, Bern 65 (1987) 10/11, S. 485.