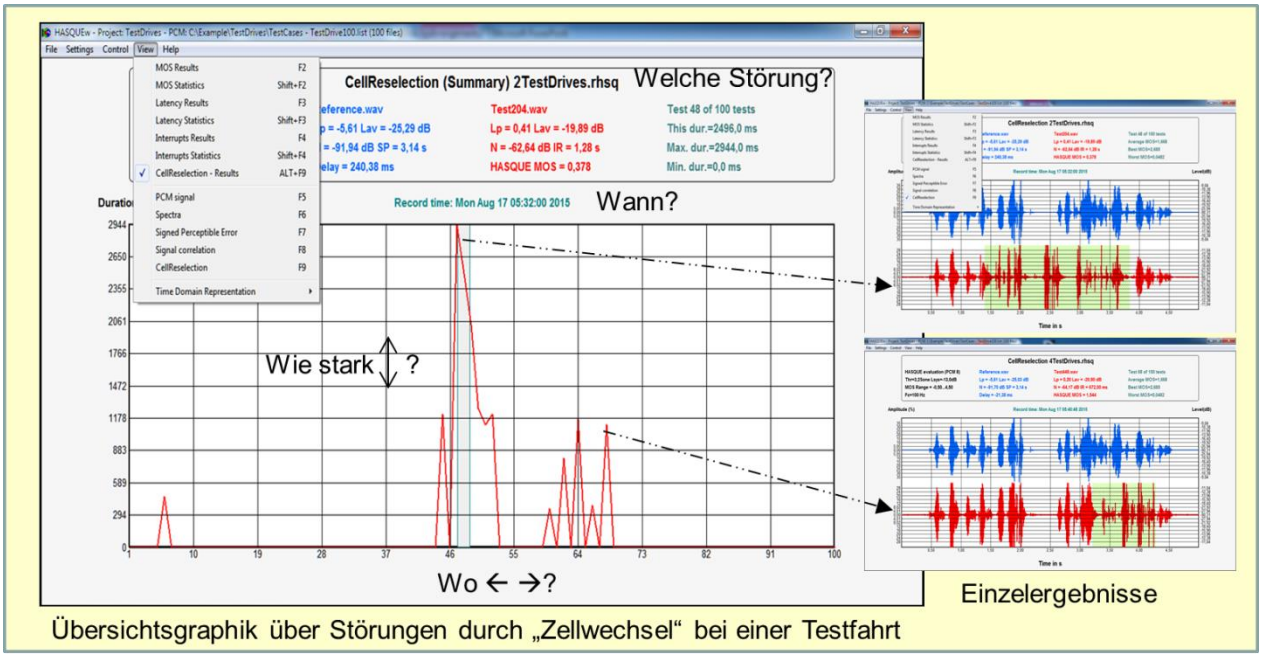
Programmierbarer Error Tracer für individuelle Fehlerquellen



Titelbild: Automatische Erfassung und Dokumentation einer als Zellwechsel klassifizierten Störung.

Abstrakt

Die Beurteilung und Optimierung von Telekommunikationssystemen wird heute durch objektive Messsysteme unterstützt. Dennoch sind viele manuelle Tätigkeiten zur korrekten Deutung einer Fehlerquelle notwendig.
Sollen aus ein paar hundert Testaufnahmen spezielle Störungen herausgesucht werden, so kommt man nicht ohne zusätzlichen Aufwand für Vergleichstests und Zusatzmessungen aus. Wurde ein gesuchter Fehler durch Hörtests gefunden, muss noch nachgemessen und dokumentiert werden wie stark diese Störung bei dem betreffenden Testfall eigentlich war, um eine repräsentative Aussage machen zu können.
Dieser Bericht zeigt die Lösung, mit der diese zeitraubenden Aufgaben durch die künstliche Intelligenz des hier vorgestellten Errortracers und der erweiterten Messmöglichkeiten der HASQUE – Messsysteme fast vollständig eingespart werden können.

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Inhalt

Abstrakt 1
Qualitätseinbrüche und deren Ursachen 3
Fehlererkennung durch neuronale Eigenschaftssynthese 3
Erkennungsrate mit dem HEFP-Verfahren 4
Fehlerklassifizierung und Erfassung 5
Ergebnisse des Errortracers 6
Zusammenfassung und Ausblick: 7
Anhang: 8
Literatur 8
Abbildungen 8
Tabellen 8

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Qualitätseinbrüche und deren Ursachen

Temporäre Qualitätseinbrüche bei Kommunikationssystemen können unterschiedliche Ursachen haben. Möchte man eine Qualitätsoptimierung durchführen muss man zunächst wissen, woran es liegt.
Ist ein Gerät nur übersteuert? Kommen die Störungen durch die Funkübertragung? Sind es nur Auslöschungen durch Funklöcher oder sind es Störungen durch Zellwechsel während einer Fahrt? Wie sehr stört das eigene Martinshorn bei einer Testfahrt?
Um diese Fragen korrekt beantworten zu können ist es notwendig Fehler nach deren Ursache zu klassifizieren und die Aufnahmen einer Testfahrt nach den verschiedenen Fehlertypen zu untersuchen und zu dokumentieren.
Die folgenden Kapitel erklären das Verfahren zur Fehlererkennung mit Angaben über die Erkennungsrate, zeigen wie einfach neu klassifizierte Fehler erfasst werden können und stellen die Ergebnisse des programmierbaren Errortracers anhand einer Testfahrt vor.

Fehlererkennung durch neuronale Eigenschaftssynthese

Jeder klassifizierte Fehler hat Eigenschaften, die sich von den Eigenschaften anderer Fehler unterscheiden. Schmalbandige Störquellen sind durch deren Frequenz und Bandbreite leicht zu erkennen. Andere Störungen weisen beispielsweise eine Folge von Überlagerungen und Auslöschungen in einem bestimmten Intervall auf, oder die Signalkorrelation mit dem Ursprungssignal geht gegen null.

Subjektive Fehlererkennung erfolgt über Hörtests, wobei die Probanden durch ein früheres Training auf die Fehlereigenschaften der Fehlertypen sensibilisiert sind. Neurobiologisch betrachtet werden im Gehirn die einzelnen Ausgänge von Nervenzellen (Axonen), welche die wahrnehmbaren Signaleigenschaften wie laut, leise, schmal, breit, hoch, tief reflektieren über sogenannte Synapsen an die Eingänge (Dendriten) einer folgenden Nervenzelle weitergeleitet. Die Synapsen sind hierbei veränderliche Übergange mit verstärkender oder abschwächender Gewichtung, die sich durch das Training ergibt.

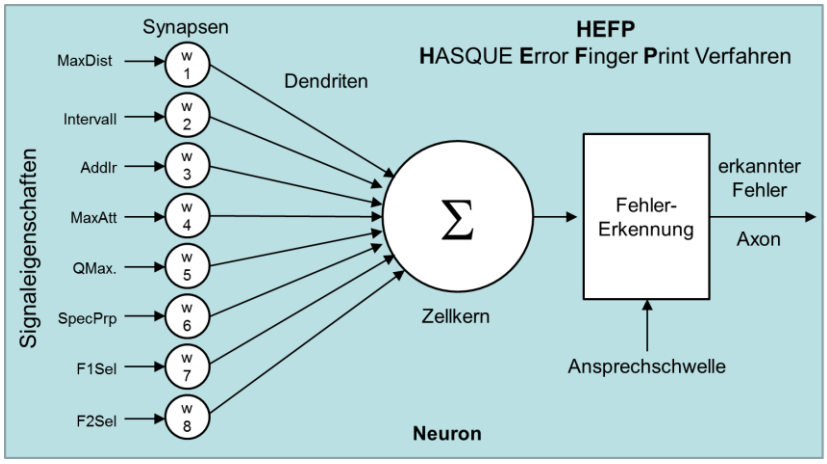


Abbildung 2: Neuronale Verarbeitung

Abbildung 2 zeigt die Nachbildung der neuronalen Verarbeitung.
Die Signaleigenschaften werden über die trainierte Gewichtungen, den Synapsen an den „Zellkern“ weitergeleitet, dessen Ausgang über eine Ansprechschwelle den erkannten Fehler ausgibt.
Das Training der Synapsen erfolgt im HASQUE Messsystem durch das Einscannen fehlerbehafteter Passagen.

Mit Hilfe der neuronalen Verarbeitung ist eine zuverlässige Erkennung eines zuvor trainierten Fehlertyps dann möglich, wenn genügend „wahrnehmbare“ Eigenschaften zur Fehlerunterscheidung vorliegen.

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Je mehr Signaleigenschaften messtechnisch erfasst werden und zur Verfügung stehen, desto zuverlässiger ist die Erkennungsrate beim Aufspüren einer gesuchten Fehlerquelle.
HASQUE Messsysteme liefern insgesamt 8 wahrnehmbare Eigenschaften mit einer hohen Auflösung von bis zu 32 Bit, die man für die Fehlererkennung zur Erzeugung eines „Fingerabdrucks“ verwenden kann. Da überwiegend „wahrnehmbare“ Messwerte des HASQUE – Verfahrens bei der Fehlererkennung zum Einsatz kommen, wurde das Verfahren **HEFP** – Verfahren getauft, hergeleitet von **H**ASQUE **E**rror **F**inger **P**rint.

Erkennungsrate mit dem HEFP-Verfahren

Da sich die Eigenschaften von Fehlern innerhalb einer bestimmten Menge von Zuständen bewegen können, ist eine Prognose über die zu erwartende Erkennungsrate nicht einfach.
Mathematisch betrachtet sind aktuell mit dem HEFP – Verfahren mit N = 8 Eigenschaftsvariablen, die jeweils K Zuständen annehmen können, $x = K^N$ = 390625 verschiedene Fehlertypen möglich, wenn man die o.g. hohe Auflösung der Signaleigenschaften auf nur 5 Bereiche zusammenfasst. Die Erkennungsrate dieses einen Fehlertyps wäre dann fast nahezu 100 %.
Um Schwankungen in der Stärke des gleichen Fehlertyps auszugleichen, reduzieren wir o. g. Auflösung auf nur zwei mögliche Zustände pro Eigenschaft zur Abschätzung einer zuverlässigeren Erkennungsrate. Unter dieser Annahme verbleiben immerhin noch 256 Fehlertypen, die eindeutig erkannt werden können bzw. eine Erkennungsrate von 99,6 % erwarten lassen. Messungen an subjektiv zuvor beurteilten Testreihen bestätigen diese grobe Abschätzung mit den Ergebnissen in Tabelle 1.

	Subj. bewertet	HEFP - Messung	Anzahl Messungen	Anzahl Fehler	Erkennungs-rate(%)
Martinshorn	3	3	103	0	100
Zellwechsel	13	14	103	1	99.03
Funklöcher	91	92	103	1	99.03
Martinshorn	0	1	660	1	99.85
Zellwechsel	15	16	660	1	99.85
Funklöcher	92	92	660	0	100
Martinshorn	0	0	3364	0	100
Zellwechsel	0	0	3364	0	100
Funklöcher	177	179	3364	2	99.95

Tabelle 1: Gemessene Erkennungsraten verschiedener Fehlertypen mit HEFP

Die Ergebnisse in Tabelle 1 wurden mit drei verschiedenen Testreihen erzeugt. Die Testreihe mit 103 Aufnahmen wurde aus verschiedenen Testfahrten zusammengestellt und beinhaltet die als Martinshorn, Zellwechsel und Funklöcher klassifizierten Fehlertypen. Bei der Testreihe mit 660 Testdaten handelt es sich um eine knapp einstündige Testfahrt in einem stark gestörten Bereich mit Zellwechsel und Funkunterbrechungen, aber ohne Martinshorn. Die große Testreihe mit 3364 Testfällen enthält weder Störungen durch Martinshorn noch durch Zellwechsel sondern weist lediglich unterschiedliche Signalunterbrechungen auf.
Die Ergebnisse bezeugen eine hohe Erkennungsrate, beziehen sich aber auf eine begrenzte Anzahl von 4721 Einzeltests mit einer Aufnahmezeit von insgesamt 5,7 Stunden.

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Fehlerklassifizierung und Erfassung

Ein gutes Training garantiert eine gute Erkennung. HASQUE Messsysteme sind mit dem in Abbildung 3 gezeigten Wizard ausgerüstet. Der Wizard führt den Benutzer zum Klassifizieren, Trainieren (Scannen, Testen, Bestätigen) mit bis zu 10 verschiedenen Testszenarien und Abspeichern des aus dem Training erzeugten „Fingerabdrucks“.

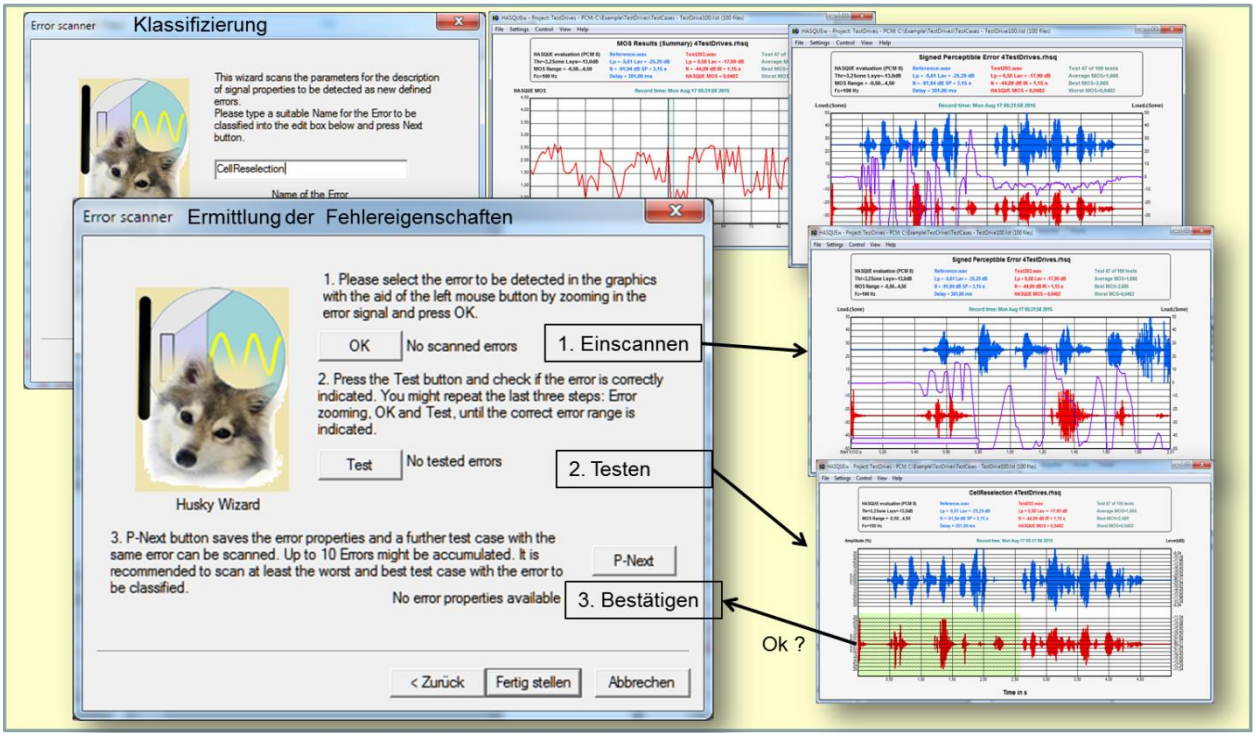


Abbildung 3: Wizard zum Trainieren eines neuen klassifizierten Fehlers

Der Benutzer kann beliebige Fehlertypen klassifizieren, einscannen und für den Errortracer verwenden. Jeder Fehlertyp wird in einer Fehlereigenschaftsseite gespeichert und steht somit jederzeit auf Abruf zur Verfügung.
Ab Version 8.80 der HASQUE Messsoftware stehen folgende vorgefertigte „Fingerabdrücke“ in Eigenschaftsdateien (*.prp → property) des HASQUE Projektordners zur Verfügung.

1. CellReselection.prp : Störungen durch Zellwechsel
2. FunkHoles.prp : Störungen durch Funkauslöschungen.
3. Martinshorn.prp : Akustische Überlagerung durch Martinshorn

Der Zugriff auf einen gewünschten Fehlertyp erfolgt über die Dialogbox des Errortracers.

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Ergebnisse des Errortracers

Errortracing ist grundsätzlich rechenintensiv und benötigt für eine größere Messserie einige Minuten zur Erstellung einer Übersichtsgrafik mit einem gewünschten Fehlertyp. Zur Vermeidung von unnötigen Neuberechnungen werden für jede Messserie automatisch Ergebnistabellen im Ordner der Testdaten erzeugt, damit die Übersichtsgrafiken ohne Verzögerung sofort angezeigt werden können. Die Dateinamen der Tabellen werden vom Namen der Messung und des Fehlertyps hergeleitet. Der Benutzer wird lediglich über ein Meldungsfenster darüber informiert, wenn eine Neuberechnung notwendig ist. Diese startet mit der Meldung automatisch, um unnötige Entscheidungsfehler durch den Benutzer zu vermeiden.

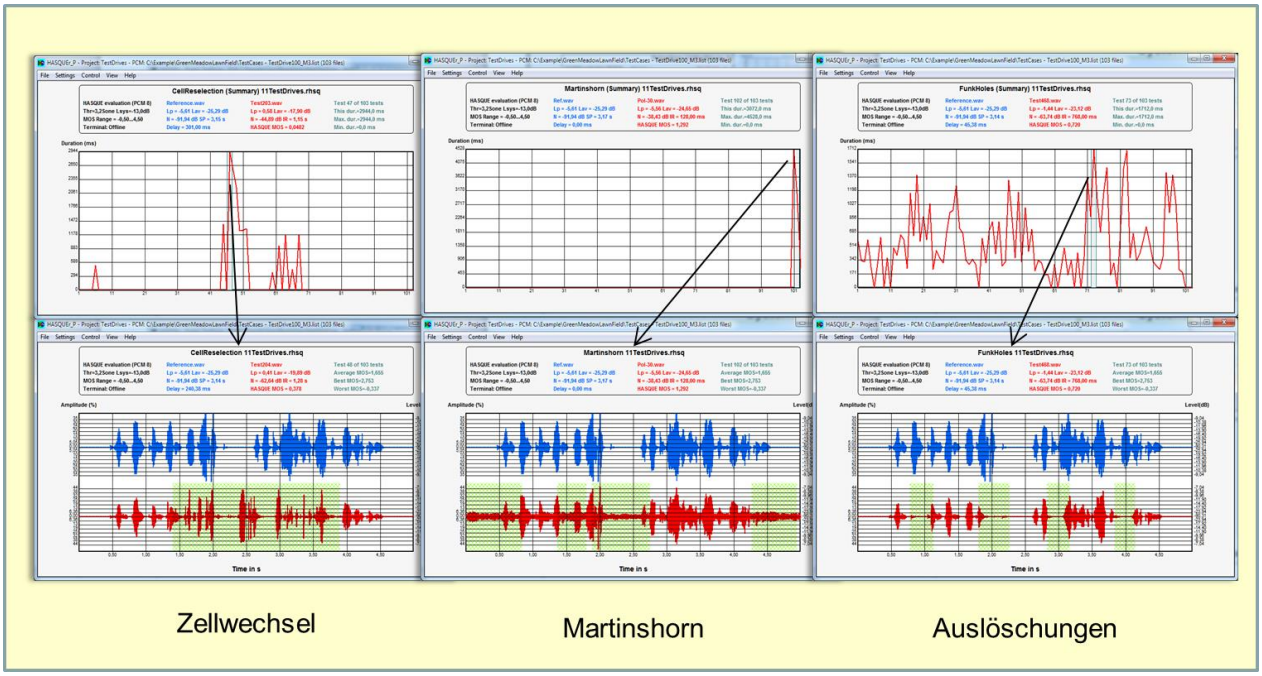


Abbildung 4: Drei unterschiedliche Fehlerursachen bei ein und derselben Testreihe

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel mit 103 aufeinander folgenden Testaufnahmen. Die oberen Grafiken zeigen die Ergebnisse eines klassifizierten Fehlers über alle Testfälle und die darunter abgebildeten Grafiken zeigen wie sich der betreffende Fehler bei dem jeweils durch den schwarzen Pfeil angedeuteten und ausgesuchten Testfall im Zeitbereich darstellt. Die Auswahl eines bestimmten Testfalls wird in der Abbildung mit schwarzen Pfeilen angedeutet und erfolgt jeweils in der oberen Grafik direkt in der Darstellung per Mausklick.

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Zusammenfassung und Ausblick:

Die derzeitige Implementierung des HEFP Verfahrens in allen HASQUE Messsystemen, ermöglicht das Aufspüren von vorprogrammierten und neuen Fehlertypen. Die Zeitaufwendungen für bisherige manuelle Aufgaben, wie das Abhören von hunderten von Testfällen, die für einen Bericht erforderliche Dokumentation sowohl als Übersichtsgrafik, als auch als Einzelergebnis können mit diesem programmierbaren Errortracer vollständig eingespart werden.

Durch die Automatisierung und die hohe Erkennungsrate der Fehlererfassung gehören manuelle Mess- und Schätzfehler bei der Ermittlung der Fehlerursachen der Vergangenheit an.

Mit Hilfe der GUI sind die Auswahl und der Zugriff auf einzelne Aufnahmen und über die Zoomfunktion sogar auf einzelnen Passagen aus einer Vielzahl von Testfällen in sekundenschnelle vollzogen.

Da der Errortracer offline zur Verfügung steht, können auch sämtliche Aufnahmen früherer Zeiten mit diesem System fast ohne Aufwand neu analysiert, bewertet und dokumentiert werden.

Die neuronale Verarbeitung im HEFP – Verfahren zur Fehlererkennung ist modular aufgebaut und kann im Zuge der Entwicklung neuerer Systeme und damit heute unbekannter Fehlertypen mit weiteren Fehlereigenschaften erweitert werden.

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved

Anhang:

Literatur

1. B. Ettinger, E. Herter „Sprachverarbeitung“ Carl Hanser Verlag München Wien, ISBN 3-446-16076-0
2. John G. Proakis, Dimitris G. Manolakis: “Digital Signal Processing” , Prentice-Hall New Jersey USA, ISBN 0-13-373762-4
3. Bronstein, Semendjajew, Musiol, Mühlig “Taschenbuch der Mathematik”, Harri Deutsch Verlag, ISBN 3-8171-2001-X
4. ETSI EN 300 395 -1“Terrestrial Truncated Radio (TETRA) - Speech Codec for full rate traffic channel- Part1: General description of speech functions”ETSI – Sophia Antipolis Cedex – France – 2004-2009
5. ETSI EN 300 395 -2 “Terrestrial Truncated Radio (TETRA) - Speech Codec for full rate traffic channel- Part2: Tetra Codec” ETSI – Sophia Antipolis Cedex – France – 2004-2009
6. ETSI EN 300 395 -3 “Terrestrial Truncated Radio (TETRA) - Speech Codec for full rate traffic channel- Part3: Specific operating features” ETSI – Sophia Antipolis Cedex – France – 2004-2009
7. ETSI EN 300 395 -4 “Terrestrial Truncated Radio (TETRA) - Speech Codec for full rate traffic channel- Part4: Codec conformance testing” ETSI – Sophia Antipolis Cedex – France – February 2000
8. Wikipedia: Hörtestsimulation
9. E. Zwicker: „Psychoakustik“ Springerverlag 1982, ISBN 3-540-11401-7.
10. E. Zwicker, H. Fastl : „Psycho acoustics“, Springerverlag 1999, ISBN 3-540-65063-6 .

Abbildungen

Titelbild: Automatische Erfassung und Dokumentation einer als Zellwechsel klassifizierten Störung. 1
Abbildung 2: Neuronale Verarbeitung 3
Abbildung 3: Wizard zum trainieren eines neuen klassifizierten Fehlers 5
Abbildung 4: Drei unterschiedliche Fehlerursachen bei ein und derselben Testreihe 6

Tabellen

Tabelle 1: Gemessene Erkennungsraten verschiedener Fehlertypen mit HEFP 4

© Sound acoustics research2003- 2021
All rights reserved