

Bild 1: TETRA-Protokollstack der Mobilstation für Sprache und Daten

Um empfangene Daten weiterzuleiten oder neue, zu versendende Daten zu erhalten, kommuniziert der Physical Layer mit dem Lower MAC (s. u.). In den Aufgabenbereich des Physical Layers fallen vor allem Modulation und Demodulation, Umschaltung zwischen Empfangen und Senden, frequenzmäßige und zeitliche Synchronisation sowie die Leistungssteuerung der Mobilstation.

Lower Medium Access Control (Lower MAC)

Der Lower MAC ist eine Unterschicht der Sicherungsschicht (Schicht 2). Seine Aufgabe ist es, aus dem empfangenen Burst die Nutzdaten herauszufiltern, eine Kanaldekodierung durchzuführen, eventuelle Fehler in der Übertragung zu korrigieren und die dekodierten Daten logischen Kanälen zuzuordnen. Danach werden die Daten an den Upper MAC übergeben.

Soll ein Burst gesendet werden, so muss der Lower MAC die Nutzdaten aus den logischen Kanälen, die er vom Upper MAC erhält, kanalkodieren, sie in den Burst einpassen und an den Physical Layer weiterleiten.

Upper Medium Access Control (Upper MAC)

Der Upper MAC gehört ebenfalls zur Schicht 2 und behandelt die vom Lower MAC empfangenen Daten entsprechend dem logischen Kanal. Handelt es sich um Signalisierungsdaten (Control Plane), so werden sie an die Unterschicht Logical Link Control weitergeleitet. Daten eines Verkehrskanals (User Plane) stehen dagegen hier direkt den höher liegenden Anwenderschichten (Schichten 4-7) zur Verfügung. Auf der Sendeseite werden Verkehrsdaten und die Signalisierungsdaten den entsprechenden logischen Kanälen zugeordnet und an den Lower

Protokollmessungen an der TETRA-Luftschnittstelle

Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) stellen hohe Anforderungen an die Qualität ihrer Funknetze. Ein detailliertes Diagnosesystem hilft, Fehler zu erkennen, zu beheben und die geforderten Qualitäts-Parameter einzuhalten.

Der offene TETRA-Standard der ETSI ist klarer Sieger im Verdrängungswettbewerb von PMR-Technologien in Europa und auch in anderen Teilen der Welt, wie Asien und Südamerika. Das TETRA-Luftschnittstellenprotokoll, das in der europäischen Norm EN 300 392 beschrieben ist, entspricht dem ISO-OSI-Referenzmodell und ist auf Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit ausgelegt. Deshalb wird es von Industrieunternehmen wie auch von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) bevorzugt eingesetzt.

Werden neue TETRA-Endgeräte oder Basisstationen entwickelt, ist die Verwendung eines Luftschnittstellen-Protokollanalyzers unerlässlich, um sicherzustellen, dass sich diese Netzelemente so verhalten, wie es in der TETRA-Norm beschrieben ist. Aber auch um die hohen Anforderungen an Sicherheit und Verfügbarkeit von bereits in Betrieb befindlichen TETRA-Netzen zu gewährleisten, ist ein solches Messgerät von hohem Wert zur Sicherung der Dienstegüte (Quality of Service, siehe Kasten).

Nicht protokollkonformes Verhalten von Endgeräten, was potentiell zu Störungen im

Funkdienst führt, kann mit einem Blick in eine Aufzeichnung der Nachrichten einzelner Protokollschichten schnell aufgeklärt werden.

Protokollschichten

Das TETRA-Protokoll gliedert sich in mehrere Hauptschichten oder Layer: Der Physical Layer stellt als unterste Schicht die Bitübertragungsschicht, also die eigentliche Schnittstelle zur Funkübertragung dar. Innerhalb der Schicht 2 finden sich alle Aufgaben zur Verbindungssicherung (Data Link Layer), Schicht 3 übernimmt die Verbindungssteuerung (Vermittlungsschicht oder Network Layer).

Nutzerdaten werden an die Anwendungsschichten weitergeleitet. Die Aufgaben der für die Analyse der Luftschnittstelle relevanten Protokollschichten sollen hier kurz erläutert werden.

Physical Layer

Der Physical Layer oder die Bitübertragungsschicht bedient bei TETRA die Luftschnittstelle.

Thomas Riedl



hat acht Jahre Berufserfahrung in der Systemtechnik von Mobilfunknetzen und ist heute Produktmanager bei Willtek Communications GmbH.

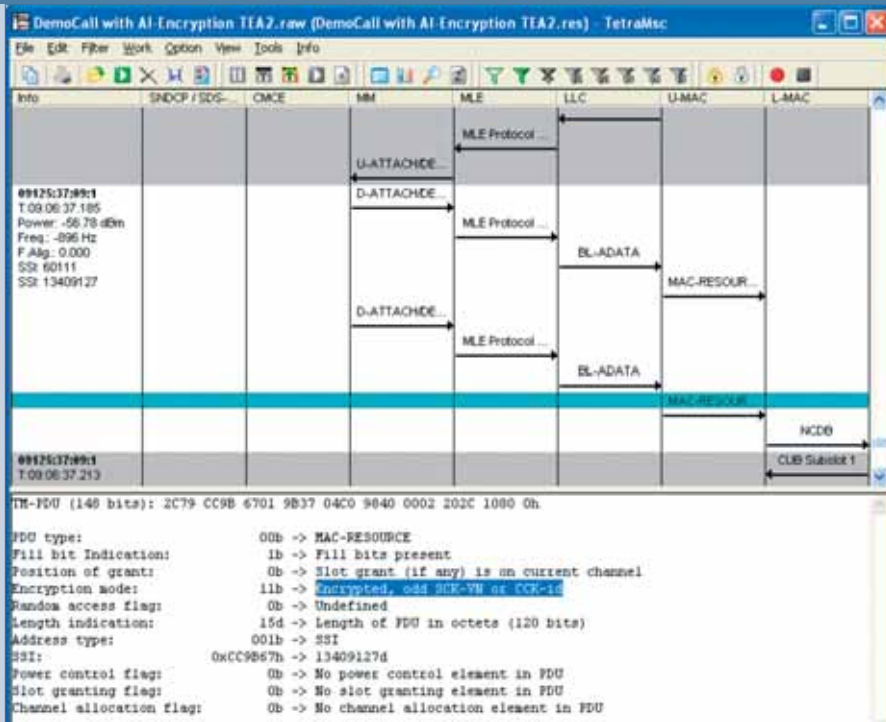


Bild 2: Das Ablaufdiagramm (MSC) zeigt die Kommunikation zwischen den Schichten.

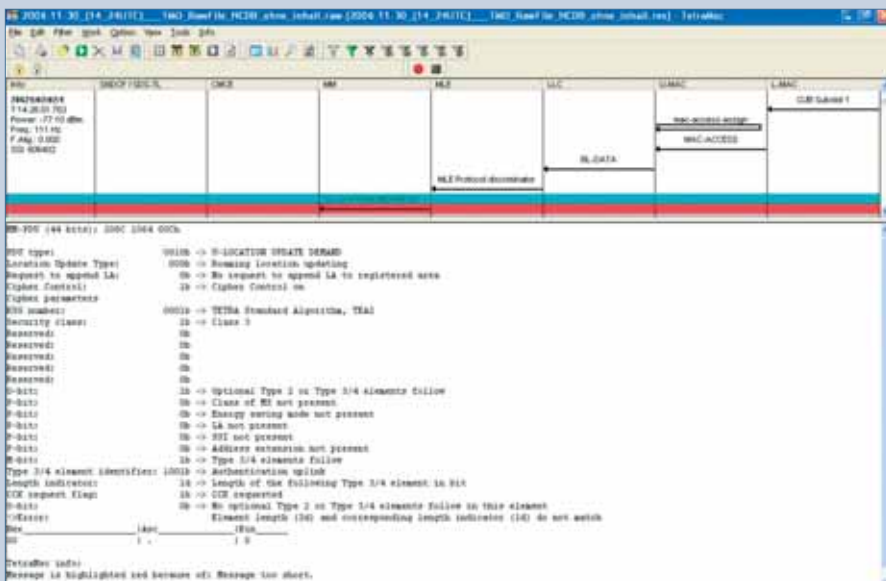


Bild 3: Ein Protokollanalyser unterstützt bei der Fehlersuche und -analyse.

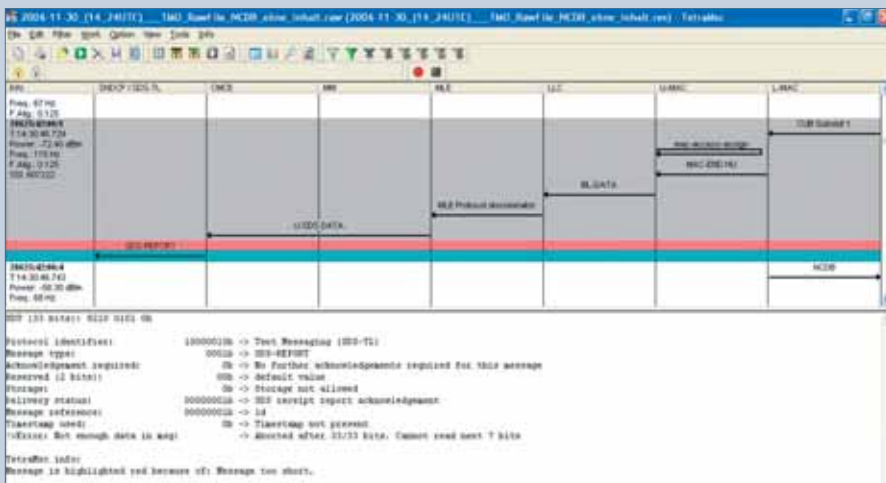


Bild 4: Auch Fehler in Kurznachrichten werden vom Protokollanalyser aufgedeckt.

MAC weitergeleitet. Für die Übertragung von Signalisierungsnachrichten muss der Upper MAC umfangreiche Random-Access-Prozeduren beherrschen.

Die Basisstation verwaltet im Upper MAC außerdem das Kontrollrahmenprotokoll, das in jedem 18. Rahmen den Basiskanal mit Synchronisations- und Systeminformationsdaten sendet.

Logical Link Control (LLC)

Als weitere Unterschicht der Sicherungsschicht (Schicht 2) ist es Aufgabe des LLC, die erhaltenen Daten einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen. Zu versendende Signalisierungsdaten, die von der MLE übergeben wurden, werden zu diesem Zweck vom LLC mit einem Header versehen. Falls ein Block von der Gegenseite nicht empfangen und quittiert wurde, so ist der LLC für eine erneute Aussendung zuständig. Die höheren Schichten werden dabei stets über den Status der Übertragung informiert.

Mobile Link Control Entity (MLE)

Die Mobile Link Control Entity führt als Unterschicht der Vermittlungsschicht (Schicht 3) die empfangenen Signalisierungsdaten entsprechend ihrer Adressierung den Unterschichten Packet Data Control, Mobility Management oder Circuit Mode Control Entity zu. Dieser Vorgang wird als Protokollrouting bezeichnet. Eine weitere Aufgabe des MLE ist die Auswahl einer geeigneten Zelle sowie das kontinuierliche Überwachen der Nachbarzellen.

Des Weiteren erstellt die MLE der Basisstation im Downlink die Nachrichten D-MLE-SYNC und D-MLE-SYSINFO, die wichtige Informationen für den Aufbau des Basiskanal liefern.

Mobility Management (MM)

Die Unterschicht Mobility Management sorgt dafür, dass sich eine Mobilstation im Netz anmelden kann und damit erreichbar ist. Das reicht von der Registrierung im Netz (Einbuchten) bis zur Authentisierung, um missbräuchliche Nutzung zu verhindern.

Circuit Mode Control Entity (CMCE)

Die Aufgaben der Circuit Mode Control Entity gliedern sich in drei unterschiedliche Bereiche. Dies sind Supplementary Services, Short Data Service und Call Control.

Messung: Elektromagnetische Emission

Ergebnis: Sicherheit

Wenn Sie Mobilfunknetze betreiben, müssen Sie die Sicherheit am Standort garantieren. Zugleich können Sie die Öffentlichkeit informieren. Mit objektiven Messwerten. Gemessen mit einem Gerät, das selektiv auch noch geringste Feldstärken erfasst: dem SRM-3000 von Narda.



Selective Radiation Meter SRM-3000

für Messungen von Langwelle bis zu Mobilfunk und UMTS. Selektiert einzelne Feldstärke-Beiträge bis auf den Funkkanal genau und bewertet automatisch nach nationalen und internationalen Vorschriften.



narda
Safety Test Solutions
an  Communications Company

www.narda-sts.de · support@narda-sts.de
Fax +49 (0) 71 21 / 97 32-790

Bei den Supplementary Services handelt es sich um zusätzliche Dienste höherer Anwendungsschichten, die neben der normalen Sprach- und Datenübertragung vom Netzbetreiber angeboten werden können. Der Short Data Service ist ein spezieller Dienst, der den Versand kurzer Nachrichten erlaubt. Für den Rufaufbau ist die Call Control verantwortlich.

Sub-Network Dependent Convergence Protocol (SNDPCP)

Sub-Network Dependent Convergence Protocol bietet dem Anwender die Möglichkeit, Paketdaten zu übertragen. Meist werden diese Dienste genutzt, um z.B. einem Laptop über TETRA Zugang zu einem Rechnernetz zu verschaffen.

Durchführung von Messungen

Üblicherweise wird die Analyse des TETRA-Protokolls offline erfolgen, es werden also alle auf

dem gewählten Übertragungskanal ausgetauschten Nachrichten in Echtzeit zunächst aufgezeichnet und später ausgewertet. Hierzu muss ein Protokolltester üblicherweise direkt auf den Funkkanal aufsetzen, also mit einem Empfänger ausgerüstet sein. Die empfangenen Rohdaten werden in vollem Umfang in einem geeigneten Dateiformat gespeichert und können später editiert und ausgewertet werden.

Da beispielsweise bei einem Verbindungsaufbau eine Vielzahl von Nachrichten zwischen den einzelnen Protokollschichten ausgetauscht werden, ist es notwendig, ein geeignetes Darstellungsverfahren zu finden, um diese Informationen geordnet analysieren zu können. Hierfür haben sich Ablaufdiagramme (Message Sequence Charts, MSC) durchgesetzt, die die zeitliche Abfolge der einzelnen Nachrichten sowie Absenderschicht und Adressatenschicht übersichtlich darstellen. Die Protokollschichten, zwischen denen die Nachrichten weitergereicht werden, werden in dieser Ansicht als Spalten dargestellt. So

TETRA AirAnalyzer



Ein moderner TETRA-Protokollanalysator (s. Bild 5) findet sich bei Willtek Communications im Portfolio. Der Willtek 8140 TETRA AirAnalyzer ist mit zwei hochempfindlichen Empfängern für Up- und Downlink ausgestattet, um alle auf einem Funkkanal laufenden Nachrichten, sowohl von Funkgerät in Richtung Basisstation als auch in umgekehrter Richtung, aufzeichnen zu können. Das Gerät basiert auf einem TETRA-Referenz-Protokollstack und kann somit – anders als auf einfachen Funkgeräten basierende Lösungen – sämtliche Signalisierungs- und Nutzerdaten dekodieren und auf ihre Konsistenz prüfen. Eine Voice-Decoder-Option erlaubt es, Gespräche auf TETRA-Netzen zur Analyse mitzuhören und als wav-Datei aufzuzeichnen. Darüber hinaus kann der 8140 auch statisch und/oder dynamisch verschlüsselte Daten dekodieren. Angesteuert wird das Gerät von einem PC, auf dem die Auswertesoftware läuft und der per Ethernet mit dem Analysator verbunden ist. Damit ist der TETRA AirAnalyzer auch ein hochinteressantes Tool zur Auswertung der Dienstegüte (Quality of Service) in TETRA-Netzen.

mit ist es möglich, mit nur einem Blick unvollständige oder fehlende Signalisierungsnachrichten zu erfassen und diese Fehler zweifelsfrei zu identifizieren. Ein Beispiel zeigt Bild 2.

Jede der dargestellten Nachrichten wird mit einem Zeitstempel und weiteren Daten, wie z.B. Checksumme, Informationen zur Verschlüsselung und Flags zur Leistungs- und Zeitschlitzsteuerung versehen. Damit stehen alle diese Daten bei der Analyse zur Verfügung und können bei Bedarf angezeigt werden.

Um die Analyse weiter zu vereinfachen und die Darstellung noch übersichtlicher zu gestalten,

können einzelne Protokollschichten oder Nachrichten gezielt gefiltert werden. Diese – für Protokollanalysator übliche – Funktion erlaubt es, entweder nur Nachrichten einer Schicht oder einen Nachrichtentyp darzustellen, oder genau diese zu unterdrücken. Damit kann der Bediener sich bei der Analyse genau auf den Teil der Aufzeichnung konzentrieren, in dem der Fehler vermutet wird.

Da meist auch die Auswertesoftware eines Protokollanalysators den normalen Ablauf der Übertragung kennt, können fehlende oder unvollständige Nachrichten sowie Fehlermeldun-

gen als besondere Filterfunktion speziell markiert werden.

Die genannten Filterfunktionen stehen natürlich nicht nur im Offlinemodus, sondern auch bei einer Echtzeitanalyse zur Verfügung.

Fehlerdiagnose

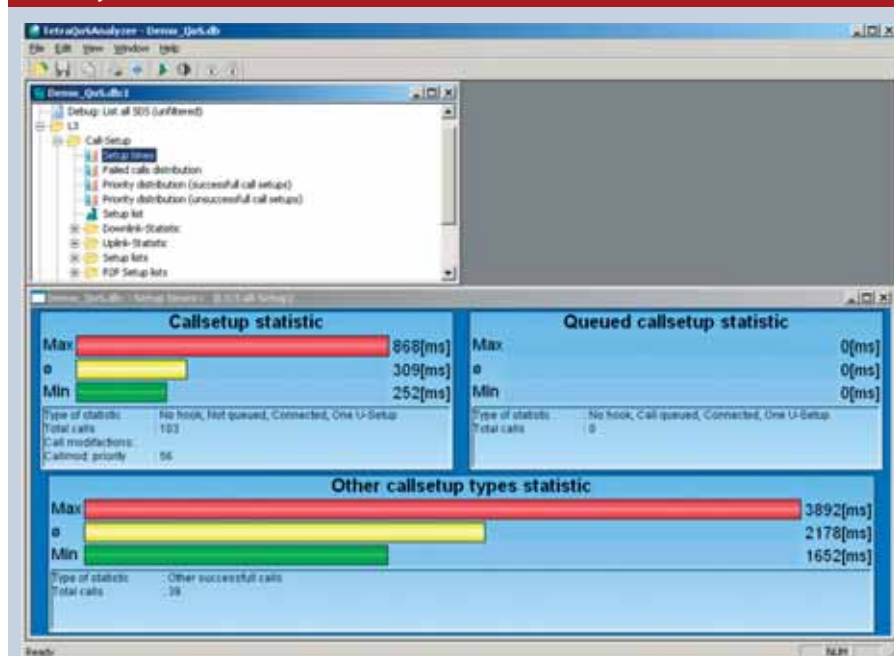
Ein Beispiel einer fehlerhaften Nachricht zeigt Bild 3. Hier ist ein Teil des Registrierungs Vorganges fehlgeschlagen, die entsprechende Nachricht ist in der Aufzeichnung der Rohdaten rot markiert.

Ein TETRA-Funkgerät versucht, bei der Basisstation einen User Location Update auszulösen. Die Nachricht wurde als Signalisierung an die Protokollschicht Mobility Management geleitet und hat dort einen Fehler verursacht. Im unteren Teil der Bildschirmanzeige finden sich Details über diese Nachricht: Dort wird angezeigt, dass an die eigentliche Signalisierungsnachricht eine zusätzliche Nachricht mit zwei Bit Länge gemäß TETRA-Spezifikation angefügt ist. Bei der Dekodierung wurde jedoch festgestellt, dass der Length Indicator nur ein Bit Länge angibt. Dieser Umstand wird als Klartext-Fehlermeldung ausgegeben (Message too short). Das User Location Update ist somit wegen dieser zu kurzen und somit nicht TETRA-konformen Nachricht fehlgeschlagen, das TETRA-Funkgerät würde also von der Basisstation abgewiesen werden.

Ein weiteres Beispiel zeigt Bild 4: Basierend auf dem TETRA-Dienst SDS (Short Data Service) soll eine Kurznachricht übermittelt werden. Die Protokollnachricht hierzu gelangt bis zum SDS-TL-Layer, wo ein Empfangsbericht als Quittung erzeugt werden soll. Kann die Nachricht wie in diesem Fall nicht vollständig dekodiert werden, bleibt die Quittung aus. Das sendende Gerät wird also vergeblich auf die Quittung warten. Die entscheidende Signalisierung „SDS-Report“ ist wieder von der Auswertersoftware rot markiert, sodass auch dieses Problem leicht erkannt werden kann.

Im Ablaufdiagramm werden die auf der Luftschnittstelle wahrgenommenen Nachrichten zwischen den Protokollschichten von Netz und Endgerät angezeigt. Die Luftschnittstelle eignet sich daher zur Analyse auch der höheren Schichten, denn die Signale an der Luftschnittstelle sind zugänglich und deren Protokoll spezifiziert, während die Geräte innerhalb der Netzinfrastruktur meist mit nicht offengelegten Schnittstellen ausgestattet sind. (rs)

Quality of Service



TETRA-Netze werden für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) zukünftig von externen Netzbetreibern betrieben, sind aber nicht mit kommerziellen Mobilfunkdiensten zu vergleichen. Einsatzkräfte müssen sich voll auf die Funktion und Verfügbarkeit der Netze verlassen können, da im Extremfall auch das Leben von Feuerwehrleuten oder Polizeibeamten davon abhängen kann. Dies stellt besondere Anforderungen an die Qualität der Dienstleistung „Funknetzbetrieb“, da Kriterien wie die benötigte Zeit, um eine Funkverbindung aufzubauen, im Gegensatz zu kommerziellen Mobilfunknetzen eine entscheidende Rolle spielen.

Aus diesem Grund muss eine „Quality of Service“-Analyse mit auf das Profil der BOS-Nutzer angepassten Kriterien und Gewichtungen durchgeführt werden. Dabei werden verschiedene Messungen von etwa Pegel des Empfangssignals über die Erfolgsrate der Gesprächswiederherstellung nach Zellenwechsel, Modulationsqualität, Auswertung der maximalen Gesprächszahl auf einer Zelle bis hin zu besonders kritischen Zeitauswertungen für Rufaufbauten oder Sprachverzögerungen durchgeführt und statistisch ausgewertet.

Ziel ist es dabei, mehr über drohende oder bestehende Engpässe in der Funkversorgung herauszufinden, etwa wie hoch die Zelllast ist, wie lange ein Gesprächsaufbau dauert (vgl. Bild) oder wie häufig es auf Grund welcher Fehler zu Gesprächsabbrüchen kommt. Mit diesen Ergebnissen kann ein Funknetz immer in bestmöglichem Zustand gehalten werden, um seinen Zweck ohne Einschränkungen erfüllen zu können.