

RDS - ラジオデータシステム 課題と解決策

RDS - Radio Data System
A Challenge and a Solution

Michael Daucher
Eduard Gärtner
Michael Görtler
Werner Keller
Hans Kuhr



要 旨

20世紀半ばに開始されたFM放送はAM放送と比べ、大きく発展した。しかしながら、自動車ラジオは固定受信機の性能レベルに到達できていなかった。そこで欧州ではRDSが開発され、その技術の導入によって自動車のFMラジオ性能が大幅に改善されている。

RDSはアナログ放送受信の最も複雑な技術である。この技術は車で走行中に同じ放送内容を探してネットワークさせるというRDS技術、受信技術全般に関するノウハウが必要だ。それに、大きくて複雑なソフトも必要となる。本稿では自動車ラジオの主なRDS技術の基本的特徴とRDSの必要ツールを中心に説明している。三つの重要な問題を軸に、先進的なソフトを使った問題解決策を述べる。また、実走評価中にRDSのネットワークの状態をモニタし、詳細な分析・評価を行うツールについて詳しく説明する。また、様々な走行テスト結果により、ニュルンベルクのテクニカルセンタが新たに開発したRDSソフトが最先端の水準に達していることを証明している。

Abstract

The launch of the FM broadcasting system in the middle of the 20th century constituted an enormous improvement compared to AM. Nevertheless it turned out that car radios cannot reach the performance level of stationary receivers. Therefore in Europe the RDS system has been developed. It provides among other features for increased convenience also specific functions to overcome the performance problems of car radios to a large extent.

RDS is the most complex technology to receive analog broadcasting stations. To use this technology to the full extent it requires a lot of know how about the specific reception problems in the field, RDS and reception technology in general. All this leads to a large and very complex software solution.

This paper describes the main reception problems of car radios. The basic features of RDS are explained shortly. The main part of this essay deals with the software and the required tools. It is shown, based on three key issues, how these problems can be solved with high sophisticated software. The tool for monitoring the behaviour in the field, dedicated for detailed analysis and evaluation, is explained in detail. At the end the results of different test drives show the evidence that this new RDS software developed by Technical Center Nuremberg has reached a performance which is state of the art.

1

RDS - はじめに

20世紀半ばに開始されたFM放送は受信品質と安定性の技術を大きく前進させた。AM放送と比較しFM放送の最も際立った進歩は最大15kHzまでの可聴周波数幅の拡大、信号対雑音比の向上、歪みの少なさ、AMで起こる音声信号の不安定さが無いという点である。

FM受信システムは固定受信機には非常に効果的だ。概して、建物外部に設置した指向性アンテナであるダイポールもしくは八木アンテナを、放送局に向けてすることで反射や側面からの経路による遅れを防ぎ、直接波の信号を受信できる。

その後、数十年間で車載FM受信機はさらに普及した。しかし、一方で、移動受信機では固定受信機の音質と安定した信号を得られないことが明らかになった。移動受信機は通常、全方位アンテナで360°すべての方向から電波を受信できるようになっているため、自動車の受信機は走行方向や速度に関係なく、受信するすべての信号に対応しなければならない。

マルチパスや、受信機自身や反射物の移動によって生じるドップラ偏移がいわゆるこの“移動伝送路”の障害となる。

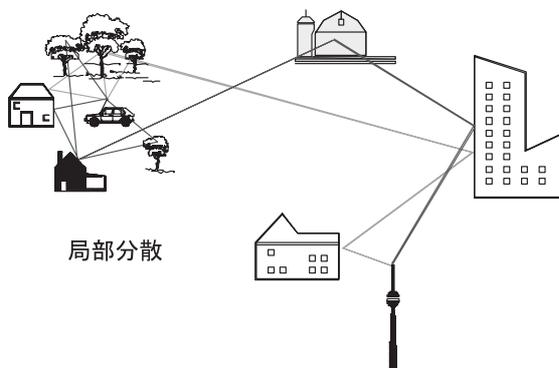


図-1 マルチパス伝播
Fig.1 Multipath propagation

図-1は高層ビル、丘、山の背などの非連続障害に反射した電波の二つの主要伝播経路を示した例である。この2経路の平均距離が異なるので信号は車周辺に時間差で届く。その上、信号は受信アンテナのすぐ周辺でさらに反射するため、さらに到達時間のばらつきがでる。

これらすべての要因により、最終的に振幅、位相、周波数が絶え間なく変化する信号がアンテナに届くことになる。結果として、この弱まった信号が受信機で変調された

後の音声信号の質に大きく影響する。

- ・FM信号スペクトラムの欠けた部分による大きな歪み
- ・信号レベルが受信機のリミッタ特性を下回るときに生じるノイズ
- ・ドップラ偏移を伴う二つの主要経路に弱い信号が影響を受けた時の周期的ノイズの発生（ペイリング・フェンス効果）

上記のFM受信システムの問題はFMが移動体への送信に向いていないことを示しているが、FMのステレオ化がさらにこの問題を大きくしている。

そのため、欧州ではネットワークフォロ（番組追従）実現に非常に役立つ特徴をもつRDSシステムが開発されている。RDSデータ通信チャンネルを通し受信機は同じ番組や放送局チェーン（ネットワーク）の周波数に関する詳細な情報を得る。これにより受信機は常にすべての代替周波数を確認し、最も良い品質の周波数を選択しそれに合わせることができる。非常に進化したRDS手法を実施し、FM受信システムの欠点を大幅に克服することができる。RDS仕様が1984年に初めて発表されて以来、RDSシステムは常に改善、最適化され、最終的に、1998年4月に欧州標準EN50067として採用された。RDSは欧州で大いに成功し米国でもRDSの一部がRBDSシステムとして稼働している。

2

ラジオデータシステム - RDS -

RDS（ラジオデータシステム）はステレオ（パイロットトーンシステム）放送、モノラル放送に対し87.5MHzから108.0MHzのFM音声放送に対応できるようになっている。RDSはFM受信機の機能向上とユーザの使いやすさを主な目的とし、特に携帯または車載ラジオの番組特定、番組名表示、自動チューニングなどの機能を有している。進化したソフトのおかげで長距離・長時間走行してもラジオ受信状態をほとんど損なわずにこの情報を利用することができる。データは1187.5ビット/秒（57kHz/48）で伝達され、一連のビットはブロックで構成されている。26ビットを1ブロックとし、1ブロックには16ビットのデータと10チェックビット（CRC: Cyclic redundancy checkエラー訂正用）が含まれている。このコードは1つのブロック内のエラーをランダムに2つ修正することができる。1つのRDSグループは4ブロック（ABCD）で構成されている。

どのグループもラジオ局を特定する特有の同一プログラム認識（PI）コードを持つブロックAを有する。この情報



図-2 RDSグループ
Fig.2 RDS group

は毎秒11.4回/秒確認する。PIコードは、

- ・番組とその番組が放送されている国を特定する
- ・周波数に関係なく番組を選択できる
- ・同一もしくは関連番組を放送している周波数に自動的に切替える

PIコードはその国の当局より割当てられ、同じPIコードが使われないようになっている。PIコードは、例えば、バイエルン1、バイエルン2、バイエルン3などのように同じ放送チェーンに属する番組に関する情報も伝達する。例えばバイエルン1をバイエルン・フランケン、バイエルン・バンベルク、バイエルン・インゴルシュタットに分割するように、一定期間、地域情報で番組を分割することもある。

PIコードは地域公共サービスを含め、放送側の番組のグループ化を可能にする。欧州のお客様は周波数や電界強度ごだけでなく、PIコードごとに分類された放送局リストにも期待している。

電界強度による分類	PIコードグループによる分類
1. GONG	1. GONG
2. BAYERN 1	2. BAYERN 1
3. ENERGY	3. BAYERN 2
4. BAYERN 2	4. BAYERN 3
5. Antenne	5. Antenne
6. BAYERN 3	6. ENERGY

欧州ではPIコードが番組認識として重要であり、周波数は重要とされていない。

ブロックBは番組の種類（PTYコード）、交通番組認識（TPフラグ）そしてブロックC、D内にコード化されたデータの種類を表示するRDSグループ番号（グループタイプGT）で構成されている。番組タイプは現在聞いているラジオ局が放送している音楽や情報の種類を表す（クラシック音楽、ジャズ、ニュースなど）。GTの後ろのビットはバージョンビットでGTバージョンAかB（例えば14Aや14B）を表示する。

グループタイプ11AのビットパターンをもつブロックAとBの例



図-3 グループタイプ11AのブロックAとB
Fig.3 block A+B group 11A

2.1 重要なグループタイプの表記

すべてのグループで入手可能

PI情報（ブロックA）、PTY（ブロックB）、TP（ブロックBでは交通番組の場合や関連放送局の交通情報を支援する場合）

グループ0A

方式A（最大25周波数、通常、ローカル局の周波数を伝達するために使われる）または方式B（25周波数以上、通常、現在視聴している放送局の全周波数）で代替周波数情報が発信される。

番組サービス名はグループ0Aと0Bで送信される。

TA、交通情報は0Aと0B、15Bで送信される（開始と現在の交通情報を表示）。同じグループがMSビット（音楽/トーク）にも使われる。

DI（デコーダ情報）は0Aと0B、15Bで送信される。圧縮、非圧縮番組が放送される場合、もしくはモノラル/ステレオ番組がダミーヘッドを使用して録音された場合にもDIは使われる。

グループ2A、2B

ラジオテキスト情報がここで送られる。

グループ14A

ネットワークでPIコードがその放送局のコードであれば、交通情報を放送している関連放送局に関する周波数、代替周波数などの情報を送信する。

グループ14B

交通番組を含む他の放送局の交通情報開始を表示する。

2.2 進化したネットワークフォロー方法

まず、RDSによって正しくネットワークフォローをさせるには放送局が自分の番組にRDSデータを載せる必要がある。また、受信機に焦点を当てると、どのような環境下でも最良の受信ができるかどうかということで、RDS情報を如何に旨く活用するか各社のノウハウの一部であり、使用ハードやラジオ信号処理方法によっても異なってくる。

ラジオが有する一般的検出器

- ・電界強度またはレベル検出器
- ・マルチパス歪み検出器
- ・超音波ノイズ検出器（USN）（隣接チャンネル検出用）
- ・オフセット検出器

付加的検出器

- ・ポーズ検出器
- ・パイロット検出器

2.2.1 電界強度検出器

この検出器はチューナ入力段の希望チャンネルの信号強度を表示する。信号対雑音比も左右されるように、電界強度は信号のQualityを端的に表す指標であり、信号対雑音比の指標でもある。

出力が正しく信号強度を示すには、この検出器がアナログ回路部のばらつきを補うよう調整しなければならない。

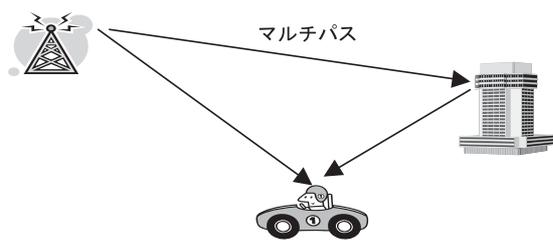


図-4 マルチパス
Fig.4 Multipath

2.2.2 マルチパス検出器

マルチパス検出器は信号の振幅変動を測定する。FM信号は決まったレベルで発信されるのでレベルの変動は信号のQualityの悪さを示す。マルチパスが発生している状態では大きなレベル変動が検出される。

マルチパス検出器は調節の必要はない。

2.2.3 USN

超音波ノイズとしてMPX信号の高周波部分を約80kHzから150kHzの帯域幅で検出する。

オフセット検出器

この検出器で変調周波数と復調周波数間の誤差を検出する。誤差は少ないほうがよいので、オフセットの値が大きければ妨害があることを示す（例えば隣接チャンネルによる混信）

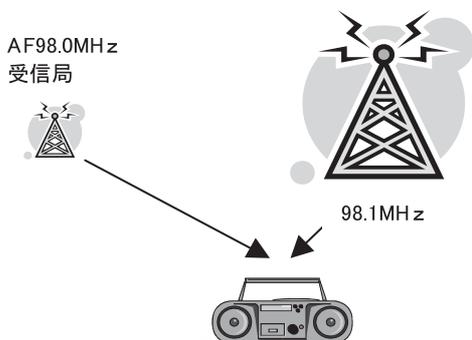


図-5 オフセット検出器による代替周波数チェック
Fig.5 AF check with offset

ラジオを98.0MHzに変え、短時間（10ms）でAF（代替周波数）チェックを行う。98.1MHzが検出されるがオフセットも検出されNF（ネットワークフォロ）は起こらない。

2.3 まとめ

もし、1つ以上の検出器が作動すれば、ラジオは歪みを抑制するために様々な方法で対応する。その対応策の一つが同じ番組が放送されている周波数への非常に迅速に、音切れなく切替えることである。切替え前後の放送局が同じかを判断するのに、主にPIコードが使われる。正しいネットワークフォロが機能したかどうかをラジオが迅速に判断できるよう、PIコードが繰り返して送信されるのはそのためである。

PIコードを読み取るには時間がかかることもある。この間、ラジオには二つの選択肢がある。一つ目は、PIコードの検証を行って切替える。ただし、この場合、音切れが起る。または、一時的に違うラジオ番組に切替え、その番組を流す。

もし、受信中の放送局の受信状態が、全体的にあまりよくない（また代替周波数がなく、電界強度が低い）場合、ラジオ自体でそれを改善させる手法をとることもできる。つまり、

- ・歪みに応じて強制的にステレオからモノラルに近づけて歪感を低減させる。これはマルチパス歪みや弱電界強度の時にも行なわれる。
- ・ハイカットとはオーディオの高域周波数を低減させること。最も不快なオーディオ歪みは高周波数域で生じ、高域高周波を低減させるローパスフィルタが作動する。カットオフ周波数と低減率はパラメータで設定し、走行テストで評価できる。
- ・ソフトミュートはオーディオの音量を全体的に下げること。ソフトミュートは主に電界強度が低いときに作動する。弱電界強度ではオーディオ信号が低下し、ノイズレベルが上がり、不快感を与える。こういう状態になれば、ソフトミュートがオーディオレベルを下げ、歪みの不快感を少なくする。ソフトミュートの開始と作動速度はパラメータで設定し、走行テストで評価できる。
- ・帯域幅制御はIFフィルタが隣接チャンネルの混信を抑制できないときに作動する。この場合、希望チャンネルと隣接チャンネルがオーバーラップしている。これはチャンネル割当てが100kHzの地域によく見られる。IFフィルタの選択性（帯域幅）はこの場合、有効性がなければならない。このようにして、必要であればチャンネルフィルタの帯域幅を狭める。必要な信号の歪みを最小にする一方、帯域幅の減少が隣接チャンネル妨害の抑制につながる。

2.4 交通情報番組と強化された別のネットワーク（TPとEON）

ネットワークフォロに加え、RDSの二つ目の大きな利点は交通情報提供である。そのため、交通情報が放送中かどうかにかかわらず、交通情報を含む放送局を伝えるための2ビットが存在する。

EON特性は通常、完全なネットワークチェーン（例えば、SWR1、SWR2、SWR3、SWR4）と関連がある。ある局が交通情報を発信し（ここではSWR3）、交通情報が始まればネットワークチェーン内の他の番組は交通情報に切替わる。ユーザーがそれを聞く必要がなければ、別の好きな番組（例えばクラシック音楽）を聞くこともでき、また他の局の交通情報を聞き逃すこともない。

交通情報放送局への切替え情報はその番組のPIコードやすべての代替周波数を含め、14Aグループで送信される。

ラジオは交通情報が始まったら、他の番組に切替える必要があることを認識している。最良の周波数がAFリストから選択され、交通情報が終了後、ラジオは元の番組に戻る。

- ・番組表示はTP（交通情報局かどうかを示す）となる。
- ・情報の表示はTA（交通情報の放送中かどうかを示す）となる。

3

RDS - ソフト

RDSはアナログFM局を受信する最も難しい技術である。この技術を様々な方法で活用できる。最も簡単なのは番組放送局の名前を復調しそれを表示することである。この場合のソフトは非常に小さく、シンプルだが、すべてのRDSの特性を使っておらず、ユーザメリットは少ない。

次の段階は標準に合ったすべてのRDS特性を活用することだ。そして、走行テスト中に基準値を最適化することにより更なる改良を加えることだ。ソフトは大きくなり、やや複雑になる。これは欧州の自動車メーカーがラジオクレーンを低減させる為の一つの改善策である。

最善の方法はRDSの標準機能を活用することだ。例えばいくつかのQualityパラメータが定義されている。これらは個別に開発されたアルゴリズムに使われている。これらのQualityデータを活用することにより受信の難しい地域で最良代替周波数に迅速に切替える事ができる。多くのノウハウと屋外問題を解決する知識がなければこの方法を用いることはできず、欧州自動車メーカーに認められるRDSソフトを開発することもできない。このような性能を達成するため、RDSソフトは非常に大きく、複雑になりつつある。どのような改良が可能かを説明するため、RDSの主な特徴から三つを例に挙げる。

3.1 ネットワークフォロ (NF)

ネットワークフォロの目的は著しい音切れ、誤切替無しで自動的に最良の質の周波数に切替えることだ。

従来のRDSソフトは継続的に電界強度、マルチパス、代替周波数のノイズをコントロールする。その背景には、AF局は電界強度、PIコードの履歴、隣接妨害などに基づきAFリストに保管されている。電界強度が基準値を下回っていても最大100までの代替周波数が保存されており、もし受信している放送局が設定された周波数の電界強度、マルチパス、ノイズがある値に達すれば、自動的にAF局に切替え、最良の電界強度を持つAF局が選択される。

しかしこれには欠点もある。

- ・選択されたAF局がマルチパスやノイズを多く含むこともあり、その場合、受信中の放送局の音より悪くなる。
- ・AF局に切替えるが、それが正しい周波数でなく100kHz離れていることが起こりうる。この場合も、音質は良くない。

- ・受信放送局の電界強度が非常に弱いので、ハイカットとステレオブレンドが作動する。
- ・代替周波数の電界強度が強く、ハイカットとステレオ感が急激に変わり、切替えが顕著に分かる場合。
- ・大きな問題は信号が弱い地域で起こる。より良いAF局を選択するためにソフトは数秒おきにAFサーチを行い、音切れ状態となる。そのため、別の不快なノイズやMuteが生じる。

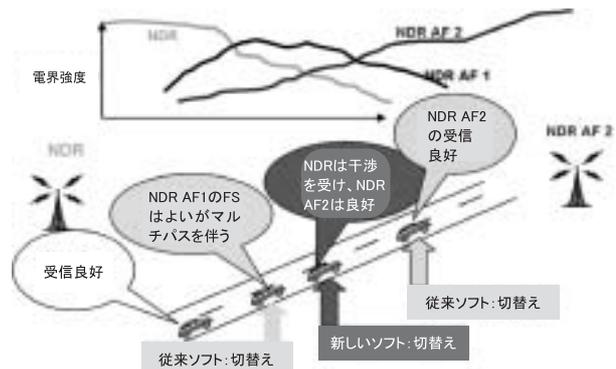


図-6 ネットワークフォロ
Fig.6 Network Following

新しいRDSソフトは35の代替周波数の八つ以上の異なるQualityパラメータを継続的に制御し、そのパラメータは常に更新され、そのプロセスは聞こえない。この情報リストでAF局はQuality値の高い順に分類され、継続的にデータが更新される。Quality値がある基準値に達すると切替えが行なわれる。代替周波数のQuality値が現周波数よりも良い場合も切替えが行なわれる。TCN（テクニカルセンターニュルンベルク）ではQualityパラメータを効率良く利用したRDSの制御アルゴリズムを開発した。

この計算の結果は直接、受信状態に関わってくる。高い値は受信状態が良いことを示す。この値が現周波数より高い場合のみ、ソフトは代替周波数へ切替える。ソフトは異なる代替周波数へ1分間に最大20回切替えることができる。弱い現周波数から良好な代替周波数への切替えが分からないよう、新しいソフトは切替え中のハイカットとステレオブレンドを制御する。そのため、この場合、切替えが行われたことがほとんど分からない。

3.2 改良

- ・電界強度だけでなく、信号全体のQuality値を比較するため、新しいソフトは常に素早く最良の代替周波数に切替える
- ・オフセット値が使われるので常に中心周波数へ切替える。
- ・AFリストは常にQuality値の高い順に更新されるので切替えミスがない。代替局のQuality値が上回っている時のみ、切替えが行われる。
- ・Quality値を上回る周波数がない限りソフトは周波数切替えを行わないので、信号がかなり弱い地域での切替え

は生じない。

- ・信号が弱い地域ではハイカット、ステレオブレンド、帯域幅制御を用いて聴感上の音質感を最適化する。
- ・Quality値の悪い現周波数から良い代替周波数へ切替えている間、ハイカット、ステレオブレンド、帯域幅制御を用いて違和感を減らす。

3.3 トンネルの場合

トンネル対策には2つの方法がある。一つはトンネル内の代替周波数を放送する。この場合、ソフトはできるだけ早く切替える必要がある。つまり、信号がノイズだらけになる前に切替える必要がある。もう一つは代替周波数が放送されていない場合だ。この場合、ソフトはノイズが目立つ前にボリュームを下げる必要がある。

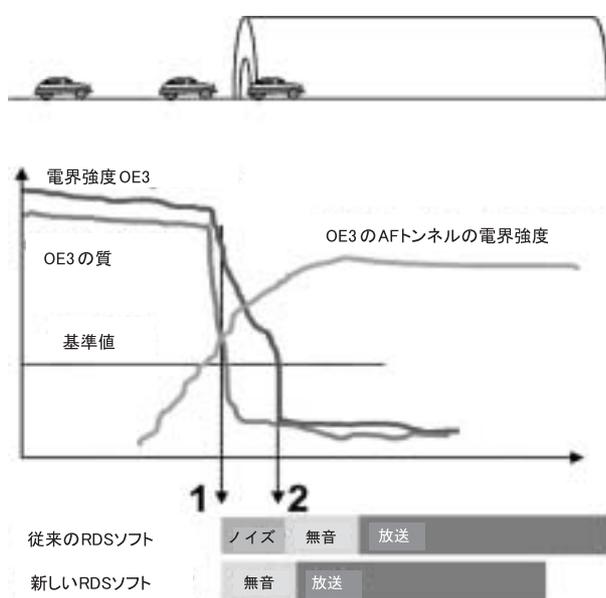


図-7 AFトンネル
Fig.7 Tunnel with AF

3.3.1 AF局のあるトンネル

従来のソフトは電界強度だけを制御するので、この値がある基準値に達すればAFサーチが行われる。これには少し時間がかかるので、代替周波数が見つかりPIコードが検証されるまでMuteをかける。電界強度が低いとAFサーチが始まるまではノイズが聞こえる。原則として、信号が弱い地域では、この動作が繰り返される。

新しいソフトはQualityパラメータを制御しているだけでなく、パラメータの変化速度、強度も制御している。もし、変化が非常に早く、強力に起こった場合、トンネルだと認識されAFサーチが始まる。また代替周波数が放送されるまでMuteをかける。この新しいソフトの利点は早くトンネルを認識できることだ。Qualityパラメータが電界強度よりも早くトンネル状況を認識できるため、Muteをかける前にノイズを聞くことはない。

3.3.2 AF局のないトンネル

従来のソフトはAF局のあるトンネル内と同じように対応する。しかし、この場合、ソフトは代替周波数を見つけられないので、現周波数を再び受信する。数秒後にAFサーチを始めるがまた元の周波数に戻ってしまう。これがトンネルを走行中、ずっと続くことになる。

新しいソフトもAF局のあるトンネルと同じように対応するが、トンネルだと認識しており、もし、最初にMuteをかけてAFサーチを行った後、代替周波数が見つからない場合は現周波数をボリュームを下げて放送する。欧州のユーザは代替周波数のないトンネルでは上記のようになることを望んでいる。

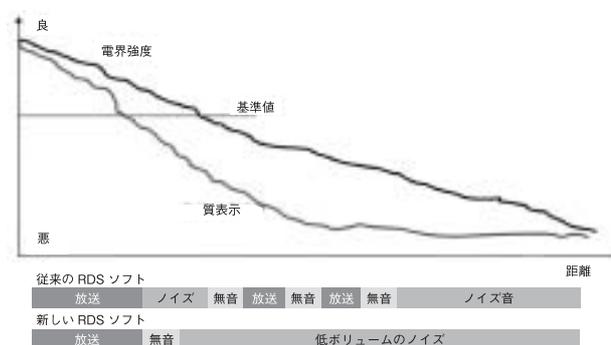


図-8 AFのないトンネル
Fig.8 Tunnel without AF

EON - Enhanced Other Net's Information (他ネット局情報)

EON機能実現の最大の課題は英国で見つかった。全国ネットで聞けるBBC1のような放送局が交通情報を放送していないことだ。しかし、BBCロンドンやBBCオックスフォードなどのBBCラジオチェーンの地元番組は交通情報を放送している。

もし、BBC1を聞いている時にBBCロンドンで交通情報が流れれば、ラジオは自動的にBBCロンドンに切替えられるべきだ。そのため、BBC1のRDSデータ内にはBBC関連局の全周波数が含まれ発信されている。残念ながら、その時点で番組の電界強度が十分な場所にラジオがあるかどうかの情報は含まれていない。

従来のRDSソフトは交通情報を放送する放送局の全周波数を保存している。ラジオがBBCロンドンもBBCロンドンの代替周波数も受信できない場所にある場合、ネットワークフォロが始まる。ラジオはBBCロンドンが交通情報を放送しているとの情報をBBC1から受信する。ラジオはBBCロンドンの最良周波数へ切替えようとする。

BBCロンドンが受信できない場合、ラジオは代替周波数に切替えようとする。代替周波数も受信できない時は、別の代替周波数へ切替えようとする。すべての代替周波数をこのようにチェックしていく。この間、ラジオは音切れ状態である。全周波数をチェックし、どの周波数も受信できない場合は、BBC1に戻る。

新しいRDSソフトは違う方法をとる。全周波数はリストで保存され、周波数ごとに受信可能か、またそのQualityもチェックされる。その後、周波数はQualityの高い順にリストに保存され、このリストは継続的に更新される。

BBC1がBBCロンドンの交通情報を知らせた場合、ソフトはそのQuality値をチェックする。Quality値があまり良くなく放送局が受信不可能であればそのままBBC1を放送し、音切れは生じない。ラジオはQuality値が良いときのみ切替えを行う。この利点は明白である - 音切れが生じないことだ。

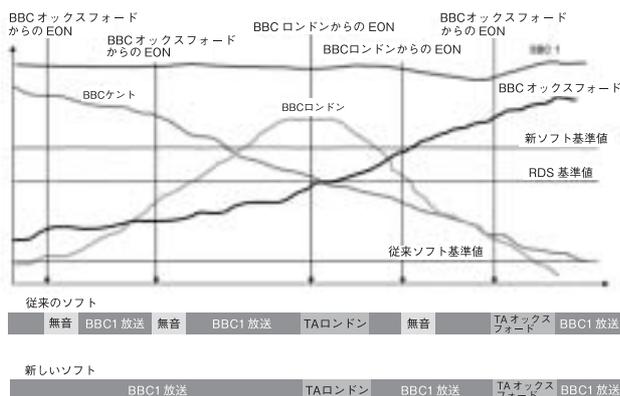


図-9 強化された別のネットワーク
Fig.9 EON

3.5 NF (ネットワークフォロ) トレースツール

前述のように、現周波数と代替周波数のQuality値はRDSソフトの性能に大きく影響する。そのため、パラメータをベンチ、走行テスト中に開発者がモニタできるツールが必要となる。しかし、モニタしなければならないのは周波数のパラメータだけではなく、特に走行テスト中のRDSソフトの動きをモニタできることが重要である。開発・改良にはパラメータのダイナミックな動きとそれがRDSソフトのアルゴリズムに与える影響をコントロールする必要がある。さらに、データデコーダの性能もモニタする必要がある。これらすべての要件を満たすためにTCNは独自のNFトレースツールを開発した。

3.5.1 NFトレースツール

NFトレースツールはウィンドウズで稼動するソフトウェアである。PCをラジオのUART端子に接続する。RDSソフト内の特定ソフトによりNFトレースツールとRDSソフト間のコミュニケーションが行なわれる。これはベンチや走行テストで簡単に使用できる優れたプラグ・アンド・プレイ解決策である。NFトレースを開始した後、ラジオがFM放送局を放送している間、PCはリアルタイムでRDSに関するすべての必要情報をディスプレイに表示する。



図-10 NFトレースの画面
Fig.10 Screen NF Trace

3.5.2 RDSグループデコーダ

ディスプレイの最初の左側部分にRDSグループデコーダのデータが表示される。

PI	PSN	PTy	TP	TA	EON	EON Alarm
D313	BAVERN3	10	1	0	1	0

図-11 グループデコーダ情報
Fig.11 Group Decoder information

PI：番組識別子を表示される。欧州のすべてのラジオ局は独自のPIを持っている。

PSN：番組放送局の名前が表示される。

PTY：番組の種類。ポップ、ジャズ、ニュースなどそのラジオ局が扱う番組の種類が表示される。

TP：交通情報番組。ラジオ局が交通情報を放送するかどうかが表示される。

TA：交通情報。現在、交通情報が放送されているかどうかが表示される。

EON：他ネット局情報。受信しているラジオ局が少なくとも一つの交通情報を放送するラジオ局を含む放送局チェーンに属しているかどうかを表示する。

EON Alarm：EONアラーム。放送局チェーン内の番組が交通情報を現在放送しているかどうかを表示する。

3.5.3 データデコーダ

CorrPI	CorrA	ChMP1	BlkAChk
D313	255	D313	15

図-12 データデコーダ情報
Fig.12 Stream Decoder information

欧州とアジア/アメリカとの主要な違いの一つはラジオ局が周波数ではなくPI(番組識別子)で選択されることで、欧州ではPIコード検出がラジオ性能の要であることは明白である。この情報は通常RDSグループデコーダによって供給され、性能はハードウェアによって大きく左右される。ハードウェア性能に左右されないようにするために、TCNはPIコードを計算するアルゴリズムを開発した。この情報はディスプレイ右側に表示される。これにより、RDSグループデコーダがPIを検出すると同時にモニターすることができる。この部分は主にPIコード用アルゴリズムを最適化するために使われる。

3.5.4 現周波数

現受信周波数についてNFトレースツールは下記の情報を表示する。

Freq：周波数。現周波数をkHzで表示する。

FS：電界強度。現周波数の電界強度を表示する。

Offs：オフセット。中心周波数にチューニングされているか、何kHzずれているかを表示する。この値が“0”であれば良い。

USN：超音波ノイズまたは隣接チャンネル。超音波ノイズが受信信号に干渉しているか、またその割合(パーセント)を表示する。

Mpath：マルチパス。マルチパスが現周波数の障害になっているか、またその割合(パーセント)を表示する。

Stereo：ステレオ。受信周波数がモノラル/ステレオで放送されているかを表示する。

BWCtrl：帯域幅制御。帯域幅制御が作動しているかを表示する。値は0から8までで、8が最大、0が最小帯域幅が作動していることを示す。

SBlend：ステレオブレンド。ステレオブレンドが作動しているか、またステレオとモノラルの率を表示する。

HiCut：ハイカット。ハイカット機能が作動しているか、またその強度を表示する。

SMute：ソフトミュート。ソフトミュートが作動しているか、またその強度を表示する。

RDSSync：RDS同期化。RDSデータが値“255”で同期化されているかどうかを表示する。

RDSQual：RDS品質。RDSデータのQuality値を表示する。

一行で現受信周波数の状態をモニタできる。この情報は走行テスト中に、例えば、マルチパスや超音波ノイズが受信周波数に干渉しておりハイカット機能が作動しているかを確認するのに使われ、期待通りにRDSロジックのそれぞれのアルゴリズムが作動しているかを確認できる。期待通りに作動していなければ、何が原因となっているか簡単に調査でき、原因が判ればアルゴリズムを改良することができる。

3.5.5 AF局(代替周波数)リスト

全周波数について同様の情報が得られる。実際の周波数のQuality値に対して、このリストで使用するQuality値は(TCNが開発したアルゴリズムに基づいて)特別なウエイト(係数)を加味していることである。

Freq：周波数。この欄の最初の行は現周波数がkHzで表示される。2行目以下は質の順で代替周波数が表示される。

PIH：受信履歴。この周波数が受信可能であった履歴を表示する。

Exp：失効。この周波数のデータが信頼できるかを表示する。

Freq	FS	Offs	USN	MPath	Stereo	BWCtrl	SBlend	HiCut	SMute	RDSSync	RDSQual
97900	46	1	5	2	1	8	94	99	98	255	255

図-13 現周波数パラメータ
Fig.13 Actual Frequency Parameter

Ngh：隣接。その周波数が現周波数に直接(+), 間接(0) 的に関連がある, または全く関連がない(?) を表示する。

NS：ノイズ。ノイズ値にウエイトをかけた値。

MP：マルチパス。マルチパス歪み値にウエイトをかけた値。

FFS：フィルタ電界強度。あるアルゴリズムでフィルタ処理した電界強度値。

これらの情報で現周波数と代替周波数をモニタできる。現周波数が最良の周波数が, より良い代替周波数がないかを走行テスト中に簡単に見ることができる。このツールでソフトが十分な頻度で代替周波数情報を更新しているかを確認できる。テストコースでTCNの技術者は全周波数の状況を正確に分かっているため, 電界強度, ノイズ, マルチパスの値からハードウェア性能を判断することができる。

Alternative Frequency List

Freq	PIH	Exp	Ngh	FS	NS	MP	fFS
97900	+	0	+	46	0	0	42
99300	+	0	+	10	3	3	10
94400	??	1	+	20	3	2	18
94700	??	1	+	12	3	3	10
99800	??	1	+	10	3	3	10
99400	??	1	+	10	3	3	10
99500	??	1	+	10	3	3	10
99600	??	1	+	10	3	3	10
97600	??	1	+	10	3	3	10
95800	??	1	o	59	0	0	58
95300	??	1	o	11	3	2	10
98300	??	1	o	10	3	3	10
98500	??	1	o	10	3	3	10

図-14 代替周波数リスト

Fig.14 Alternativ Frequency List

NFトレースツールのおかげで走行テスト中にRDSソフトの動きをモニターすることが可能だ。走行テストには多くの時間と費用がかかる。多くのRDS事例を検証するにはドイツ, ベルギー, スイス, オーストリア, イタリア, 英国で走行テストする必要がある。ほとんどのハード, ソフトの改良には新たな走行テストが必要だ。効率化と開発時間の短縮のため, NFトレースツールは現周波数と代替周波数の大量のパラメータを記録できるようになっている。

TCNはこれまでに欧州の60箇所以上のテストコースで調査を行い, そのデータはベンチでの分析・評価に使われている。

3.6 分析

現周波数・代替周波数の全パラメータは時間記録器で記録される。これに基づき, TCN技術者はその時点での最良周波数といつソフトが代替周波数に切替える必要があるかを評価することができる。下記に三つの周波数とそのパ

ラメータの例を示す。実際にはもっと多くの周波数・パラメータが分析されている。

この例では, 01:00時点での現周波数は97.6MHzである。超音波ノイズとマルチパスのため87.6MHzの代替周波数への切替えは認められない。98.8MHzの代替周波数は良い周波数だ。

01:01時点では, マルチパスが97.6MHzの現周波数に干渉している。87.6MHzの代替周波数は依然, 悪く, 92.6MHzの代替周波数は良いので, ソフトはこの周波数に切替えなければならない。

01:02時点では超音波ノイズが97.6MHzの周波数に干渉している。87.6MHzの代替周波数は良いが, 92.6MHzの現周波数も依然として良いので, ソフトは切替えるべきではない。

01:03時点ではマルチパスが92.6MHzの現周波数に干渉している。87.6MHzの代替周波数がよいのでソフトはこれに切替えなければならない。

Time	Freq.	USN	Mpath	FFS	Result
01:00	97,6	0	0	39	ok
	87,6	30	50	10	nok
	92,6	10	20	32	ok
01:01	97,6	20	30	39	nok
	87,6	35	45	8	nok
	92,6	5	10	35	ok
01:02	97,6	35	25	39	nok
	87,6	10	20	30	ok
	92,6	5	5	38	ok
01:03	97,6	35	15	30	nok
	87,6	0	10	35	ok
	92,6	20	35	39	nok

図-15 分析用パラメータ

Fig.15 Parameters for Analysis

3.7 評価

分析とNFトレースツールの情報でテストコースでのソフトの動きを制御でき, 走行テスト中にパラメータを制御する。ソフトが希望どおり機能するかを簡単にチェックできる。もし, 期待通りに機能しない場合, TCNのエンジニアはNFトレースで原因を分析できる。

このような評価は依然多くの時間とお金がかかる。開発の効率化のため, TCNはRDSソフトのシミュレーションを開発している。このシミュレーションは通常のラジオのように機能する。主な違いはチューナとDSPがないことだ。その代わりに, 周波数情報とパラメータ情報が付加されている。

あるテストコースをシミュレーションするためにはデータをシミュレーションにインプットする。NFトレースツールもシミュレーションに接続できる。こうして, RDS

ソフトの動きをリアルタイムでモニタすることが可能になる。このシミュレーションには2つの利点がある。

- ・RDSソフトの改良がベンチで評価できる。
- ・あるテストコースにとっての改良が他のテストコースで悪影響を与えないかを簡単に評価できる。それを調べるには別のテストコースの情報を入力するだけでよい。NFトレースツールがあれば、改良が悪影響をもたらすかどうか評価することができる。もし、悪影響があれば、その理由と有効な対策を検討できる。

4

走行テストの結果

FM/RDSラジオシステムの性能は車のハード、ソフト、アンテナに左右される。これはTCNのツールと標準的な測定器を使ってベンチで確認できる。しかし、ユーザは自分が運転している間のラジオ性能だけで判断する。そのため、周知のテストコースでテストし、実際の状況下で現実にラジオを照合システムと比較することが不可欠である。

自動車・ラジオメーカーは様々な製品を異なるテストコースでテストしている。これまでTCNは詳細なデータ・情報を得るために、欧州でテストコースの多くを分析した。この情報はいわゆる“テストパイブル”から入手可能である。今日、TCNは欧州・日本の自動車・ラジオメーカーが使用する60以上のテストコースの詳細な情報を保有している。

これらのテストコースのどれもが次のような項目をテストするのに課題となる特別な要因を1つ以上有しており、受信しにくい環境となっている：

弱信号時の対応、強信号時の対応、マルチパス、EON、ネットワークフォロ、音切れ/誤切替え、トンネル。

これらコースでテストする目的は通常および非常に過酷な状況下でのラジオ性能をチェックすることだ。

4.1 評点方法

欧州のユーザにとって最も重要な点はラジオの音質である。強いノイズ歪みは容認されない。ノイズで音が歪んではいけな。さらに、無音と切替えミスも許されない。

表-1 ノイズ評点
Table 1 Scoring of Noise

点数	詳細
5	優:申し分なし。テストコース全般でノイズがない
4	良:ほぼ明瞭(ほとんどの人が気付かない)
3	可:ノイズまたは異常はわかるが容認できる
2	強いノイズがあるが放送内容はわかる
1	強いノイズがあり放送内容がわからない。(クレームレベル)

表-2 音質評点

Table 2 Scoring of Sound

点数	詳細
5	優:申し分なし。(ステレオセパレーションは良好/ハイカットなし。)
4	良:よい音(スムーズなモノ/ステレオブレンド)
3	可:普通。ハイカットやスムーズなモノ/ステレオブレンドが生じることもある。
2	音がわるくモノ/ステレオ切替えが多い。また大きなハイカットがある。
1	非常に音がわるい(通常使われない)

音切れ/誤切替えの評点

通常、音切れ/誤切替え(間違った放送局への短時間切替え)は認められない。ソフトのアルゴリズムは音切れを気付かれずに代替周波数に切替えなければならない。代替周波数がわからない場合、ソフトは下記の動作を行う。

- ・MuteをかけPIコードをチェックする
- ・NF(ネットワークフォロ - 代替周波数への切替え)PIコードが間違っている場合、誤切替えが生じる。
- ・音切れ又は誤切替えが生じた場合、頻度、長さを記録する。

注：欧州のユーザは誤切替えよりは音切れの方がましと感じる。

4.2 専用テストコースでのテスト結果

新しいRDSソフトは多くの異なるテストコースまたコースへの往復間に、従来のソフトと比較される。受信データは追跡され、前述のTCNテストツールに記録される。新しいRDSソフトの改善点ができるよう、最も難しいテストコースの結果を選び、下記に示す。

4.2.1 テストコース：フォルヒハイム

テスト項目：音質、ノイズ、マルチパス、隣接、音切れ/誤切替、ネットワークフォロ

ラジオ局バイエルン3をテストに選んだ。出発点では97.9MHzが最良受信周波数である。約800m後、放送周波数の電界強度が下がり、マルチパスが信号に干渉する。ここでは99.4MHz周波数の電界強度が最も強いが99.3MHzからの隣接干渉の影響を受ける。この時点では99.8MHzが最良周波数である。この周波数の電界強度は99.4MHzより弱い干渉を受けていない。このため、ラジオは99.8MHzに切り替わらなければならない。

エパーマンシュタットの町に近づくとつれ、周波数97.9MHzは非常に弱くなり、隣接チャンネルによる障害はあるものの、最良周波数は99.4MHzである。隣接チャンネル指標からこの歪みは非常に小さいことがわかる。シュトライトベルグでは強力なマルチパスがあり、この状況下でノイズカットをチェックすることができる。

表-3 フォルヒハイムの評点
Table 3 Scoring at Forchheim

フォルヒハイム	ネットワークフォロ	音質	ノイズ	無音/切替えミス	隣接
基準	3.5	3.5	4.5	0/0	4.0
新RDS	3.5	3.0	4.0	2/0	3.5
旧RDS	3.0	3.0	2.5	4/1	3.0

4.2.2 テストコース：バカラック

テスト項目：微弱信号、音切れ/誤切替え、ノイズ

バカラックテストコースは欧州で最も困難な受信条件の一つを有している。走行テストにラジオ局SWR3を選択する。5つの周波数がSWR3ラジオ局用に使用することができるが、総じてこれらすべての周波数信号電界強度は非常に低い。マヌバッハの市内ではラジオはSRW3の受信可能周波数はわずか一つで電界強度は5dB μ V以下である。わずか100kHz内で異なるPIコードを持つ別のラジオ局が放送されている。ここではラジオはこの異なるPIコードを持つ放送局に誤切替えをおかさないことが確実に必要がある。

このテストコースで非常に重要なのはハイカットなどでノイズを低減し、音の印象を容認できるレベルにするためのソフトミュートの手法である。

表-4 バカラックの評点
Table 4 Scoring at Bacharach

バカラック	ネットワークフォロ	音質	ノイズ	無音/切替えミス
基準	3	3-	3	3/0
新RDS	3	3-	3	1/0
旧RDS	2.5	3-	2.0	6/3

4.2.3 テストコース：オーストリア、タウエルン自動車道
テスト項目：トンネル内ネットワークフォロ、マルチパス、ネットワークフォロ



図-16 タウエルン自動車道
Fig.16 Tauern Motorway

このコースはイタリア、オーストリア、フランス、ドイツ、スイスのアルプス地域に典型的な受信条件である。道路の左右に高い山があり、走行テスト中、片道六つのトンネルを通過する。四つのトンネル内には試験済みラジオ局OE3の発信機が設置されているが、この発信機の周波数が異なることがある。それはトンネルをどちら側から入るかによる。そのため、トンネル状況を探知し正しい代替周波数を選択する必要がある。目標は無音状態なく、トンネル周波数にノイズが入ることなくラジオが迅速に切替えを行うことである。

このコースのもう一つのテスト項目は最良の音質とノイズ条件（最良の電界強度の周波数はマルチパスの影響を強く受けることがある）の周波数へのネットワークフォロと、マルチパスノイズを防ぐ性能をチェックすることだ。

表-5 オーストリアの評点
Table 5 Scoring at Austria

タウエルン	ネットワークフォロ	音質	ノイズ	無音/切替えミス	マルチパス	NFTンネル
基準	3	3	3.5	2/0	3+	3.0
新RDS	3	3-	3.5	1/0	3	3.5
旧RDS	2.5	3	2.5	3/2	2.5	2.5

4.2.4 テストコース：英国 EON ネットワークフォロ
テスト項目：EON

このコースはRESのオプション、EONの機能性を検証するために使われる。M25を走行中、ラジオが交通情報の正しい代替周波数に切り替わるかをテストする。音切れが生じる頻度と受信状態のわるくノイズのある局に切替わる頻度をチェックする。

新しいRDSソフトが大幅に改善されていることが欧州で最も難しいテストコースの結果で証明されている。既に基準ラジオのソフトと性能が同等の時もある！

表-6 英国の評点
Table 6 Scoring at UK

M25	EON切替え	NF無音/切替えミス		EON無音		通常機能
	点数	回数	点数	長いEON無音の回数	点数	点数
基準	4	1/0	3.0	1	4	5
新RDS	3.5	2/0	3.5	1	4	5
旧RDS	3	2/1	2.5	4	2.5	5

5

おわりに

RDSはアナログ放送ラジオ局を受信する世界で最も複雑な技術だが、ユーザに最大の利便性を提供しており、デジタル以上の利便性を提供していることすらある。ユーザはRDSと共にドライブし、お気に入りのラジオ局を聞くことができる。それはRDSラジオが常に最良の周波数を受信しているからだ。通常、ユーザはRDSソフト性能の良し悪しに気付くことはないが、例えば車のブランドを変えた時に気付くかもしれない。ある特定の場所でお気に入りのラジオ局に多くのノイズがはいり、さらに悪いことには音切れになる事に気付くようになる。これが通勤途中で起これば、車のラジオ性能が悪いことを毎日悟ることになり、次回購入する車を自動車メーカーで決めるなら、ラジオ性能を考慮する可能性が高い。

これが欧州の自動車メーカーがサプライヤーのラジオテストに多くの労力を費やす理由の一つである。ラジオ受信はJDP報告書の重要項目の一つである。すべての欧州自動車メーカーはこの報告書の格付けを注意深く見守っている。期待通りの評価に達しなければすぐに対策を打つ。

RDSソフトを開発するには、仕様を理解するだけでは十分ではない。もっと多くのことが必要だ。まず、お客様のニーズと希望を理解しなければならない。二つ目に問題は現場にあることを知る必要がある。受信しにくい場所はどこか、低性能の理由は何か。この分析を行うには、市場では手に入らない特別なツールを開発する必要がある。そして三つ目に重要なのは、高い技術と経験を積んだ技術者が必要だ。技術者は前述の要件をすべて満たすソフトを開発する役割がある。さらに、ソフトはエラーに強く信頼性がなければならない。ラジオがうまく機能しない、性能が低いという苦情をお客様から言われるのを自動車メーカーは嫌う。

これらすべての必要なものが - ノウハウ、ツール、熟練技術者 - はテクニカルセンターニュルンベルク (TCM) にはそろっており、最新のRDSソフトを開発する能力があることを証明した。この最新RDSソフトを使って、富士通テンは欧州のお客様ニーズと期待を満たすラジオを欧州市場向けに開発することが可能となった。

TCNがRDSの開発を始めたのは欧州の自動車メーカーとして最もラジオ受信技術、評価に長けた経験、ノウハウを持っているGME (GM Europe) から、富士通テン開発の (Saab向けラジオに搭載されていた) RDSの性能が欧州競合メーカー (特にブラウプンクト) に比べて悪いという理由でPPAP (顧客承認) を貰えなかったからである。そしてTCNが全勢力をかけて2年RDSソフトの開発を進めてやっとGMEからPPAP承認が取れ、GMEの電技の担当から「TCNが開発したRDSは欧州の競合メーカー (ブラウプンクト) と肩を並べるレベルになった」とのコメントを貰った。

筆者紹介



Michael Daucher

2004年富士通テンテクニカルセンターニュルンベルクに入社。現在富士通テンニュルンベルグテクノセンターのGeneral Manager。



Eduard Gärtner

2004年富士通テンテクニカルセンターニュルンベルクに入社。以来、ハード開発とプロジェクト管理に従事。現在、富士通テンニュルンベルグテクノセンターの開発Manager (ハード担当)。



Michael Gärtler

2005年富士通テンテクニカルセンターニュルンベルクに入社。以来、TSW開発とプロジェクト管理に従事。現在、富士通テンニュルンベルグテクノセンターの開発Manager代理 (ソフト担当)。



Werner Keller

2005年富士通テンテクニカルセンターニュルンベルクに入社。以来、ハード開発とGM事業に従事。現在、富士通テンニュルンベルグテクノセンターのRFエンジニア。



Hans Kuhr

2005年富士通テンテクニカルセンターニュルンベルクに入社。以来、自動車情報エンターテインメントの評価・ベンチマークに従事。現在、富士通テンニュルンベルグテクノセンターの評価エンジニア。