

車載 ECU のドライブレコーダ機能の拡張と レコード情報収集手法

Extension of Drive Recorder Function of In-vehicle ECU and Record Information Collection Technique

大 瀬 寛 文*

Hirofumi OHBUCHI

要 旨

エンジンコントロールユニットのドライブレコーダ機能に対して二つの機能の拡張をおこなった。まず、車両診断機を用いて、スナップショット情報を記録する条件式を自由に生成し、条件式を変更可能とする機能を追加した。あらかじめいくつかの条件式のパターンを用意し、それらを組み合わせることで、ねらった事象を確実に記録可能な条件式の生成を可能とした。次に、スナップショット情報を車両外部のサーバへ転送可能な構成とした。サーバへの転送は Display Audio ユニットのワイヤレス通信機能を利用し、エンジンコントロールユニットから Display Audio ユニットまでの転送は、スナップショット情報を分割送信することで、小容量データを取り扱う車両ユニット間通信において、大容量データを取り扱うことを可能とした。また、単方向の通信とすることで、通信ラインのバス負荷増加を抑制した。この際、電源の遮断等により、転送が途中で遮断された場合においても、スナップショット情報を再送信することで、データ欠損への対策をおこなった。

ABSTRACT

Two of the drive recorder functions of the engine control unit were extended. First, a function was added that can use the vehicle diagnostic tool to freely generate a conditional expression that will record snapshot data as well as to enable modification of the conditional expression. Several patterns of conditional expressions were prepared in advance so that they could be combined to generate the conditional expressions that assure the capability to record the desired phenomena. Next, the system was configured to allow the snapshot data to be transmitted to a server external to the vehicle. The wireless network functionality of the Display Audio unit is used for transmission to the server, and the snapshot data is transmitted from the engine control unit to the Display Audio unit by divided transmission to enable the large volume of data to be handled for transmission between vehicle units, which are intended to handle small volumes of data. This was also done using simplex transmission in order to limit bus load increase on the transmission line. Measures were taken against data loss, as well, by providing for retransmission of the snapshot data even if the transmission is interrupted due to interruption of the power supply or other such reason.

1. まえがき

近年、車両デバイスの電装化が進み、それらを制御するためのソフトウェアは複雑化の一途をたどっている。特にエンジン制御の複雑化は顕著であり、エンジン挙動に対してユーザからディーラへ相談される事象はさまざまである。そのため、エンジン挙動を詳細に解析する必要性が増してきている。

エンジンコントロールユニット (Engine Control Unit: ECU) には、制御ソフトウェアに、エンジンを制御するためのセンサやアクチュエータの故障を自己診断する機能

*四輪 R&D センター

(On Board Diagnostics: OBD)⁽¹⁾が搭載されている。OBD は、故障時のセンサ入力値の変化を検出することで故障部位を特定することが可能である。また、故障部位の特定に加えて、故障の原因を特定することも重要である。故障原因の特定には、故障発生までのエンジン挙動を解析することが必要である。これには、エンジン挙動を時系列的に記録することが可能なドライブレコーダ機能を用いた解析が有効である。ドライブレコーダ機能は一般的に車両に専用のレコーダツールを装着する構成⁽²⁾と ECU 内部にソフトウェアとして実装する構成とがある。専用レコーダによる構成は ECU のメモリ容量によらず長時間のデータを記録

することが可能であるが、専用レコーダの数には限りがあるため、解析可能な車両の数は制限される。また、専用レコーダを装着することは、ユーザに対して心理的な圧迫感を与える可能性もある。一方、ECU内部にソフトウェアとして実装する構成の場合、専用レコーダは不要であり、適用可能な車両の数に制限はなく、ユーザに対する心理的な圧迫感も小さいが、ECUのメモリ容量の制約から長時間の記録はおこなえない。以上のことより、可搬性やユーザの心理面への負担を考慮すると、ドライブレコーダ機能は後者の構成であることが望ましい。

2. 開発の考え方

現在、ECUにはオンボードスナップショット (On-Board Snapshot: OBS) と呼ばれるドライブレコーダ機能がソフトウェアとして内蔵されている。OBSは故障等をイベント (トリガ) として、それ以前のある一定時間のエンジン挙動を時系列データ (スナップショット情報) として ECU に保持することが可能である (Fig. 1)。しかしながら、現状の構成には次のような課題がある。一つ目は、スナップショット情報を ECU に保持する起点となるトリガ条件を事前にソフトウェアに組み込んでおく必要があることである。そのため、現状の構成では、ソフトウェア開発時に認知している既知の故障解析以外に使用することはできないので、その用途は限定的である。また二つ目は、本機能を実装するには、エンジン挙動を記録するバッファに比較的大きなメモリ容量が必要なことである。メモリ容量の増加は ECU コストの増加にもつながるため、解析事象が増える度に、新たにトリガ条件を設定し、スナップショット情報を追

加していくことは容易ではない。以上のことより、メモリ容量を増加させずに、さまざまな事象の解析に対応可能な OBS であることが望ましい。

また、現状の構成では、スナップショット情報は診断機を用いてのみ読み出し可能である。そのため、スナップショット情報を用いてトラブルシューティングをおこなうには、必ずユーザがディーラに来店する必要がある。交換部品等が必要な場合においては、ユーザは再度来店が必要となり、ユーザにとって時間的な負担となる。スナップショット情報をユーザ来店前に読み出すことで事前診断をおこない、一度の来店で修理を完了することができれば、ユーザにとって大きなメリットとなる。

3. 開発のねらい

以下に、開発のねらいをまとめる。

- (1) 診断機によりトリガ条件式を後から変更可能な OBS を構築する。
- (2) ECU に保持されているスナップショット情報をワイヤレス通信により車両外部の情報サーバへ読み出し可能な構成とする (Fig. 2)。

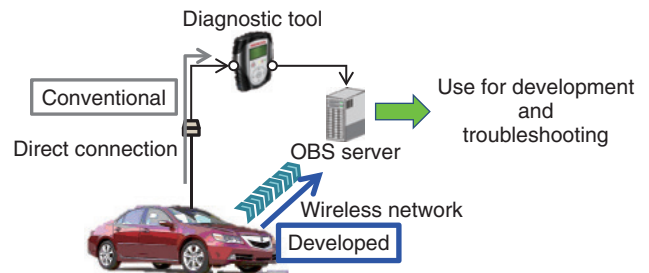


Fig. 2 How snapshot data is collected

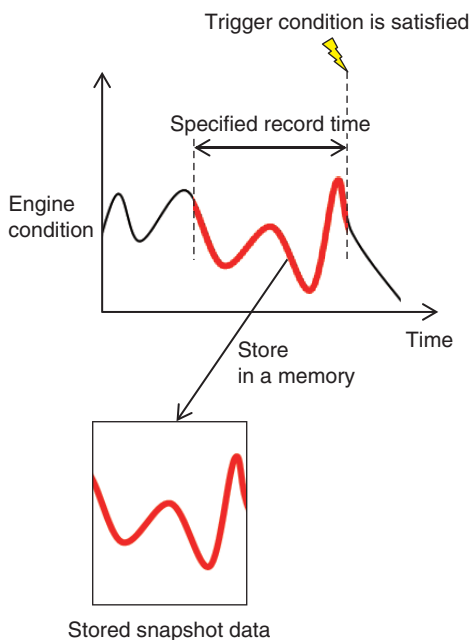


Fig. 1 Conceptual image of drive recorder function

4. トリガ条件式を変更可能な OBS 構成

OBSにより有用なスナップショット情報を取得するには、詳細なトリガ条件式を設定することが不可欠である。従来の OBS では、トリガ条件式を事前にソフトウェアに組み込むことで、事象を捉える最適な条件式の設定を可能としていた。診断機からトリガ条件式を設定する場合においても、既存の OBS 相当の詳細なトリガ条件式の設定が可能な構成が必要である。本稿で提案する構成では、トリガ条件式を診断機により変更可能な構成とするため、あらかじめ、いくつかの条件式の構成要素をソフトウェアに内蔵しておく。そして、それらの構成要素の中から一つを選択し、診断機から変数、しきい値、等号、不等号等を設定することで、任意のトリガ条件式を生成する。また、これ

らの構成要素は複数組み合わせることで、さらに複雑な条件式を構成することを可能とする。診断機によるトリガ条件式生成の概要を Fig. 3 に示す。次節では、それらトリガ条件式の構成要素について説明する。

4.1. トリガ条件式構成

Fig. 4 にトリガ条件式の全体構成を示す。トリガ条件式は条件式 1 から 6 より構成されており、各条件式が成立したタイミングでスナップショット情報が ECU に保持される。

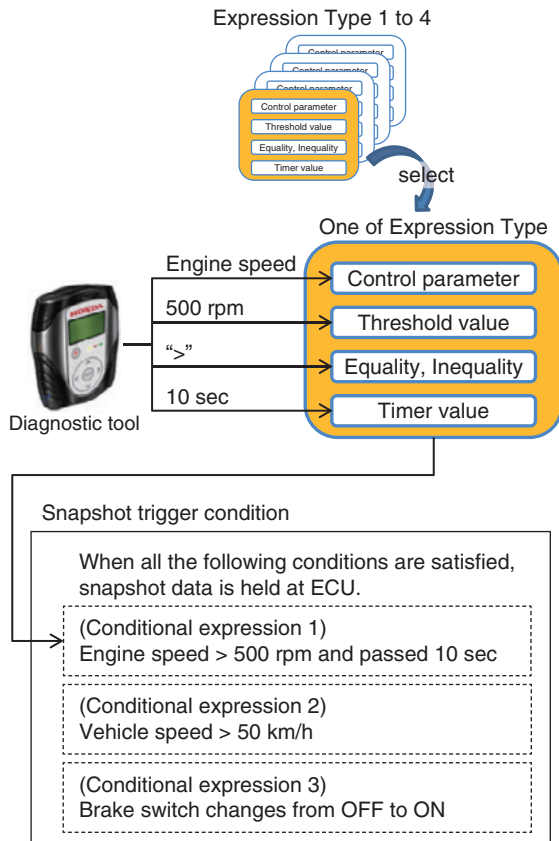


Fig. 3 How to set up trigger condition using diagnostic tool

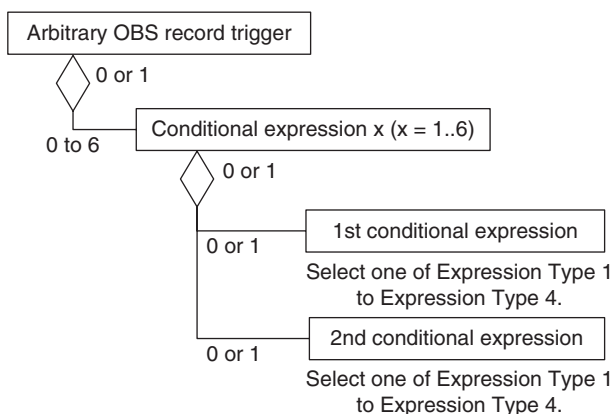


Fig. 4 Entire configuration of arbitrarily selectable OBS record trigger condition

Table 1 Expression type setting

How to judge	Conditional expression	Example of setting
Expression Type 1		
Parameter and threshold	Parameter □ Threshold	Current engine speed > 0 rpm
Expression Type 2		
Each of parameters	Parameter1 □ Parameter2	Current engine torque > Target engine torque
Absolute	Parameter1 - Parameter2 □ Threshold	Current engine speed - Target engine speed ≥ 100 rpm
Expression Type 3		
Parameter edge	Parameter edge (Up edge or down edge)	Brake switch changes from OFF to ON
Expression Type 4		
Many parameters by logical decision	Many parameters logical judgment (Judged by logical decision)	Satisfy any of the conditions below (logical decision = "or") Perform transmission control, air conditioning control, or meter control

* □ is equality or inequality

る。条件式 1 から 6 はそれぞれ第 1 条件式と第 2 条件式から構成され、第 1 条件式と第 2 条件式には Expression Type 1 から Type 4 よりそれぞれ一つを選択可能である。Expression Type 1 から Expression Type 4 は等号、不等号や論理演算子による演算式であり、選択した Expression Type に応じて、第 1 条件式と第 2 条件式の成立が判定される。条件式の数や設定項目の詳細度については、既知の事象を参考に決定した。

4.1.1. Expression Type に対する設定

Expression Type 1 から Expression Type 4 として設定可能な項目を Table 1 に示す。各 Expression Type ごとの設定内容は以下のとおりである。

(1) Expression Type 1 制御パラメータとしきい値との関係により条件判定をおこなう。制御パラメータとしきい値との関係は等号、不等号により判定する。例えば、エンジン回転数が 0 rpm より大きくなった時にトリガ条件を成立させる場合に設定する。

(2) Expression Type 2 制御パラメータ同士の関係により条件判定をおこなう。条件判定には二つの判定方法がある。一つ目は、制御パラメータ同士の関係は等号、不等号により判定する。例えば、エンジントルクが目標エンジントルクより大きくなった時にトリガ条件を成立させる場合に設定する。二つ目は、制御パラメータ同士の差の絶対値としきい値により条件判定をおこなう。絶対値としきい値との関係は、等号、不等号により判定する。例えば、エンジン回転数が目標エンジン回転数から 100 rpm 以上外れた時にトリガ条件を成立させる場合に設定する。

(3) Expression Type 3 制御パラメータがしきい値をまたいだタイミングで条件判定をおこなう。制御パラメータがしきい値を上方から下方にまたぐ、または下方から上方にまたぐかどちらかを選択可能である。例えば、ブレーキスイッチが OFF から ON に変化した時にトリガ条件を成立させる場合に設定する。

Table 2 Relation setting of expressions

How to judge	Condition	Example of setting
Relation of 1st conditional expression and 2nd conditional expression		
Logical decision	And	Engine speed > 0 rpm or Vehicle speed > 0 km/h (Example of setting that condition is "or")
	Or	
	Xor	
Decision order	None	Brake switch changes from OFF to ON under the condition of "Accelerator pedal > 0 %" (Example of setting that condition is "1st conditional expression to 2nd")
	1st conditional expression to 2nd	
	2nd conditional expression to 1st	
Relation of conditional expression x (x = 1 to 6)		
Logical decision	And	Satisfy all conditions of the below (logical decision = "AND") Conditional expression 1 and Conditional expression 2 and ... and Conditional expression 6
	Or	
Decision timer	Decision delay timer of OBS trigger	When 10 sec pass after "logical decision," OBS trigger condition is satisfied.

(4) Expression Type 4 複数の制御パラメータの論理和、または論理積により条件判定する。例えば、トランスミッション制御実施中、エアコン制御実施中、またはメータ制御実施中の時にトリガ条件を成立させる場合に設定する。

また、各 Expression Type について、条件誤判定の防止と事象の発生回数や頻度による評価を可能とするため、事象成立時間による条件成立判定のほか、事象成立回数による条件成立判定の設定を可能とした。

4.1.2. 条件式同士の関係に対する設定

各条件式同士の関係として設定可能な項目を Table 2 に示す。条件式 1 から 6 については、条件式同士の論理判定を設定可能とした。第 1 条件式と第 2 条件式との関係としては、条件式同士の論理判定のほか、条件式の成立順序を設定可能とした。これにより、ある条件下において発生する事象のような限定された事象を捉えることも可能とした。また、スナップショット情報を保持するタイミングをトリガ条件成立から設定時間だけ遅延可能な構成とした。これにより、トリガ条件成立後の制御パラメータの挙動をスナップショット情報として保持することを可能とし、条件設定の自由度を高めた。

4.2. 動作確認結果

Fig. 5 に診断機から設定したトリガ条件により、スナップショット情報を取得した際の動作確認結果を示す。設定例として、车速が 30 km/h 以上発生している状況で、アクセルペダルを離した後に、ブレーキペダルを踏み込んだ場合にトリガ条件が成立するように条件式を設定した。その結果、設定したトリガ条件により、スナップショット情報を取得することができた。

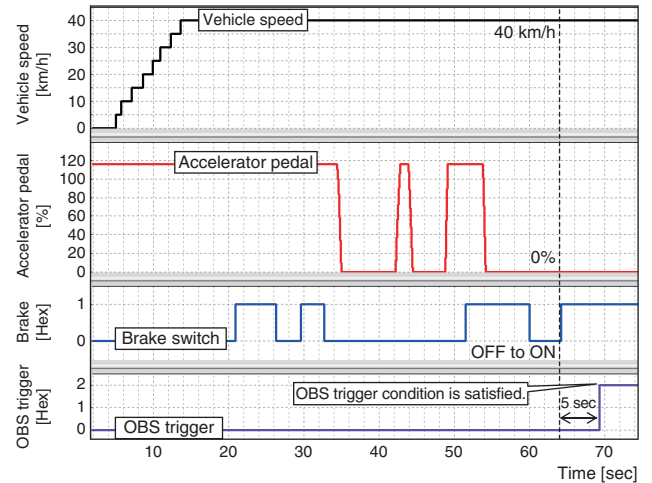


Fig. 5 Results of OBS trigger set up by diagnostic tool

5. ワイヤレス通信によるスナップショット情報の収集手法

スナップショット情報を車両外部の情報サーバへ転送するには、ワイヤレス通信機能が必要である。ワイヤレス通信機能は Display Audio (DA) ユニットの既存機能を利用する。ECU と DA ユニットは Controller Area Network (CAN) により有線で接続されている。ECU と周辺機器との構成について Fig. 6 にまとめる。CAN は ECU、DA ユニット以外にも複数のユニットが接続されるため、スナップショット情報のような数キロバイトに及ぶ大容量のデータを一度に転送することはできない。そのため、スナップショット情報を分割送信し、DA ユニット側で再結合する構成とする。また、スナップショット情報の送信追加による CAN 通信ラインのバス負荷増加を抑制するため、ECU から DA ユニットまでの送信は単方向通信で実現する。次節では、ECU から DA ユニットまでのスナップショット情報の転送手法について説明する。

5.1. 分割送信手法

ECU から DA ユニットまでの通信は CAN にておこなう。

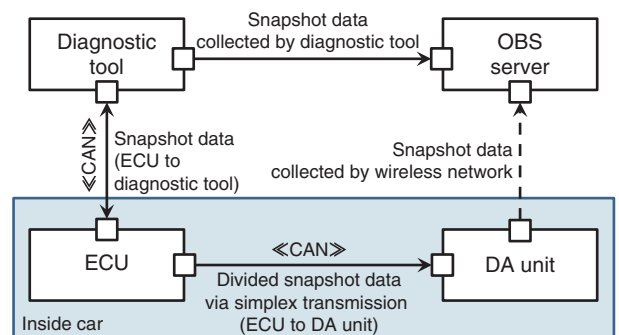


Fig. 6 Entire configuration of system

CAN 通信は 1 フレームあたり 8 バイトのデータを取り扱うことが可能である。

分割送信したスナップショット情報は DA ユニット側で再構築されることになるが、この際、通信ラインに印加されたノイズ等により、送信データが欠損する可能性がある。これに対応するため、ヘッダフレームとデータフレームとに分け、送信データの保証をおこなう。

ヘッダフレームでは、これから送信するスナップショット情報のデータサイズ、チェックサム、および Chunk No. を送信する。データサイズとチェックサムにより、スナップショット情報を再構成した際のデータ保証をおこなう。また、Chunk No. により、DA ユニット側で複数のスナップショット情報を識別することを可能とする。Chunk No. はスナップショット情報が ECU に保持された順番に割り当てられる番号である。DA ユニット側でスナップショット情報と Chunk No. を紐付けて管理することで、ECU が送信しているスナップショット情報の追加や削除を認識することが可能となる。これにより、ECU からの要求に応じて、DA ユニットはユニット内に保持しているスナップショット情報の追加、保持および削除をおこなう。Fig. 7 にスナップショット情報と Chunk No. とを紐づけた例を示す。例では、OBS のトリガ条件が 4 回発生した場合に、新たに ECU に保持されたスナップショット情報に対して新たな Chunk No. が割り当てられている様子を示している。また、例で示

した OBS は、トリガ条件が成立する度に、スナップショット情報が更新され、それまで ECU に保持されていたスナップショット情報は消去される。そのため、OBS のトリガ条件が成立する度に、古いスナップショット情報に割り当てられていた Chunk No. は消去されている。

データフレームでは、分割したスナップショット情報を 6 バイト単位で送信する。その際、フレームカウンタとして連続的な番号を付加することで、スナップショット情報の連続性を保証する。スナップショット情報が Chunk 0 として保持されている状況で、トリガ条件が成立し、新たなスナップショット情報が追加で保持された場合の送信データの変化を Fig. 8 に示す。

本稿で提案する手法では、ECU から DA ユニットまでのスナップショット情報は単方向通信でおこなうため、ECU は DA ユニットがどこまでスナップショット情報を受信できているかを認識することができない。そのため、スナップショット情報を繰り返し送信する構成とした。

5.2. 巻き戻し送信によるデータ保証

ECU と DA ユニットは起動タイミングおよびシャットダウンのタイミングが異なる。ECU は電源保持機能を有しており、イグニッションスイッチ OFF 後も ECU 要求においてユニットの起動を継続させることが可能である。一方、DA ユニットはイグニッションスイッチ OFF 直後にシャットダウンしてしまう。また、エンジン始動時のクランピング操作中についても同様であり、DA ユニットのみシャットダウンが発生する。この場合、ECU がスナップショット情報を送信したとしても、DA ユニットは情報を受け取ることができず、データ抜けが発生してしまう。そのため、上記のようにイグニッションスイッチ操作による電源遮断により DA ユニットがシャットダウンしている可能性のある場合は、DA ユニットの再起動時にフレームカウンタを規定の数だけ前に遡ってスナップショット情報を再送信することでデータ抜けが発生しないように対策した。巻き戻し送信の動作例を Fig. 9 に示す。動作例では、5 番目のフレームを送信中に DA ユニットのリセットを検出し、DA

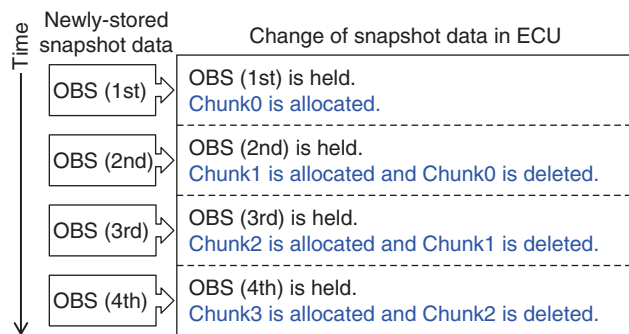


Fig. 7 How to allocate Chunk No. at snapshot

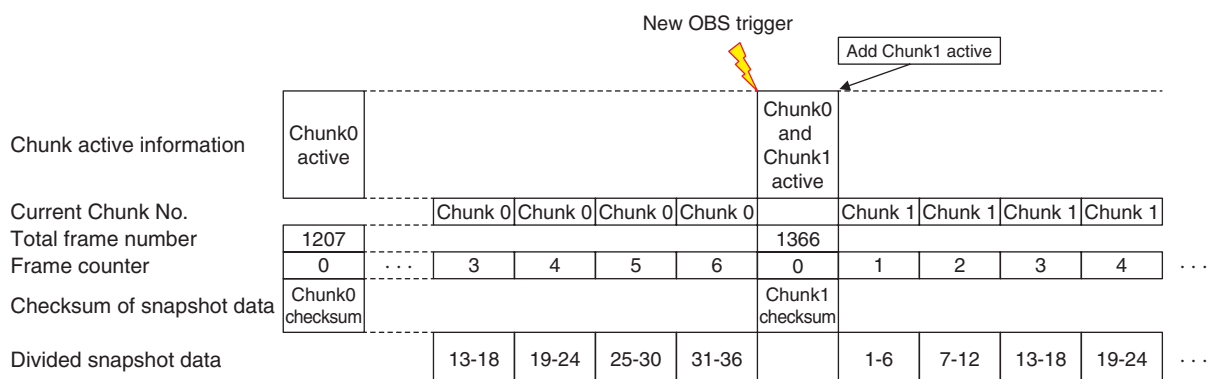


Fig. 8 CAN data management in divided transmission

ユニットの再起動完了後に、巻き戻し送信により再度4番目のフレームから再送信した場合の動作を示している。

5.3. 動作確認結果

Fig. 10 に、ECU に保持されたスナップショット情報を DA ユニットへ分割送信した際の動作確認結果を示す。CAN 通信ラインのモニタ結果と、直接診断機により ECU から読み出したスナップショット情報とを比較した結果、同一の値となり、ECU に保持されたスナップショット情報の分割送信がおこなえていることを確認することができた。また、Fig. 11 に、イグニッションスイッチ操作による電源遮断の動作確認結果を示す。ここでは、巻き戻し送信

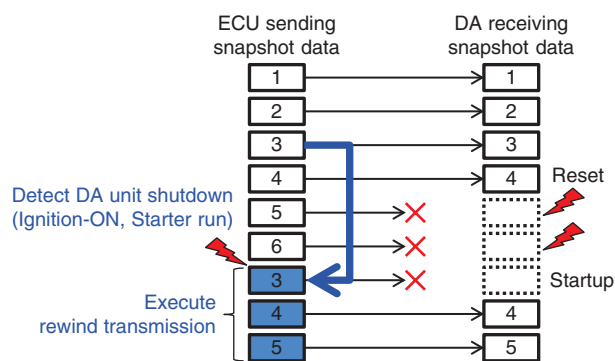


Fig. 9 Rewind transmission

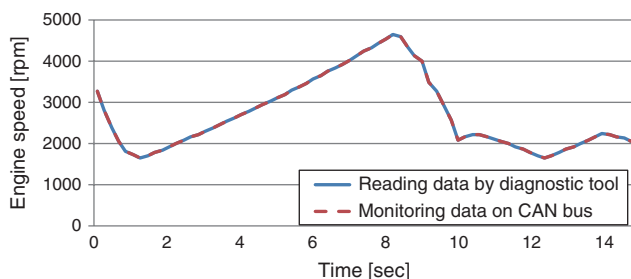


Fig. 10 Result of comparison of data being read by diagnostic tool and being monitored on CAN bus

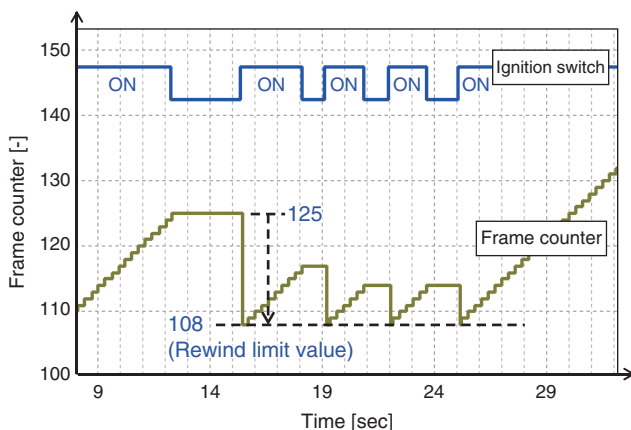


Fig. 11 Result of rewind transmission

による送信データ保証について確認した。ECU がイグニッション操作を検出した際に、フレームカウンタが 125 から 108 に遡り、スナップショット情報を再送信できていることを確認することができた。また、巻き戻し送信時のフレームカウンタは 108 に制限されているが、これは、連続したイグニッション操作により、必要以上にフレームカウンタが巻き戻ることを防止しているためである。

6. まとめ

車載 ECU のドライブレコーダ機能の拡張として、以下の機能を構築した。

- (1) 診断機を用いてトリガ条件式を後から変更可能な OBS 機能を構築した。トリガ条件式として制御パラメータとしきい値との条件判定のほか、絶対値による条件判定、エッジによる条件判定等を用意することで、ねらった事象を記録可能な条件式の生成を可能とした。
- (2) スナップショット情報を、DA ユニットのワイヤレス通信機能を利用して外部のサーバへ転送可能な構成を構築した。ECU から DA ユニットまでは単方向の CAN 通信で実現し、スナップショット情報は分割送信することで大容量のデータを取り扱える構成とした。また、イグニッションスイッチ操作等により DA ユニットがシャットダウンする場合においても、巻き戻し送信をおこなうことでスナップショット情報の送信が完了するように対策した。

参考文献

- (1) <http://www.arb.ca.gov/msprog/obdprog/obdprog.htm>
- (2) 今井龍一郎, 飯隈浩文, 川村俊勝, 齋藤照男:故障診断機“スバルセレクトモニターⅢ”, 自動車技術, Vol.61, No.2, p.93-97(2007)

■ 著 者 ■



大 瀬 寛 文