# BW2 Transmitting Technology of 3G-ALE

**TAN Wenqun**

*Department of Electrical and Electronic Engineering, Nanchang Institute of Technology, Nanchang, China*

*e-mail*: *twqun@163.com*

**Abstract:** The transmitting technology of burst waveform 2 for the 3G-ALE over HF has been researched in the article. The block data detection techniques are used to find by the way of fading time-dispersive characteristic over HF and BW2 data format after the channel parameters are estimated. Finally, the simulation of block decision feed estimation is given.

**Keywords**：3G-ALE; BW2; 8PSK; fast RLS algorithm

# 3G-ALE BW2 波形传输技术的研究

**谭文群**

南昌工程学院 电气与电子工程系，南昌，中国，330099

e-mail: twqun@163.com

**【摘　要】**为了对第三代短波自动链路建立（3G-ALE）的突发波形(BW2)的传输波形的数据格式和要求进行研究。针对短波信道时变的特点和 BW2 的数据格式，利用快速 RLS 算法估计信道的参数，提出利用块式检测算法求出发送的未知数据，并给出了仿真结果。

**【关键词】**3G-ALE; BW2; 8PSK; 快速 RLS 算法

## 1 引言

短波信道与其它信道相比，具有抗摧毁性优点，在军事通信中一直占有重要的地位，但是，信道的固有特点，使通信的有效性和可靠性受到限制。随着 DSP 技术，扩频通信、自适应通信等现代电子信息技术的发展及其在短波通信中的广泛运用，极大的改善了短波通信系统的性能，尤其提高短波通信的速率，增强传输可靠性。第三代短波自动链路建立系统协议[1]（MIL-STD-188-141B）的建立，使短波通信得到极大的发展。第三代短波自动链路建立（3G-ALE）系统的特点之一是建链和数据传输采用同样的突发波形（Burst Waveform），它具有 5 种波形，从 BW0 到 BW5，不同的波形有不同的用途，但是，都有统一的数据格式，提高了系统的灵活性[2]。其中，BW2 用在高速数据连接管理（HDL）中。

本文对 3G-ALE 的 BW2 的传输波形的数据格式和要求进行了研究。针对短波信道时变的特点，利用快速 RLS 算法估计信道的参数，再结合块式数据检测技术求出发送的未知信息符号。

## 2 3G-ALE 中突发波形 2 的数据格式[3]

3G－ALE 建链波形 BW2 使用八相相移键控[4]（8PSK），在频率为 1800Hz 的串行单音载波上进行调制，传输速率为 2400 字符/秒。如图 1 所示，一个 BW2 波形包括，PreTxProcessing， TLC，Preamble，EDataPkt，PostTxProcessin 组成。PreTxProcessing 持续时间为 293.33ms,704 个 8PSK 符号；TLC 持续时间为 100ms，204 个 8PSK 符号，用于在发射机发射功率达到饱和、接收机自动增益控制（AGC）达到稳定之前提供足够的通信保护时间；Preamble 持续时间为 26.67ms，64 个 8PSK 符号；EDataPkt 持续时间为 400ms，960 个 8PSK 符号。EDataPkt 表示一个分组，每个分组有 20 帧（未知数据和已知数据交替组成）。

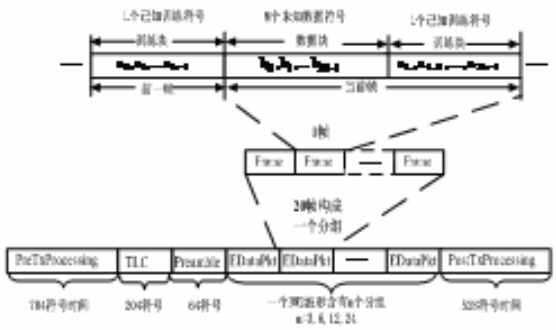


**Figure 1. Structure of 3G-ALE BW2 waveform**

**图 1. 3G-ALE BW2 波形结构**

BW2 的分组数是可变的，可为 m=3，6，12，24；ProTxProcessing 持续时间为 220ms，528 个 8PSK 符号。因此一个 BW2 波形的时间为 $0.64+(n*0.4)$ 秒（n 是分组数），它由固定时间和可变时间组成。

## 3 块式数据检测算法[3,5]

块式数据检测算法的原理框图如图 2 所示：先由快速 RLS 算法估计出信道的参数值，再根据接收的数据和信道参数，通过一定的变换，求出发送的未知数据。下面是块式数据算法的求解过程。

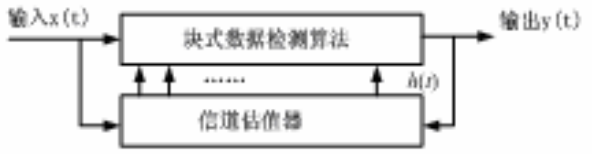


**Figure 2. Frame of block data detection**
**图 2. 块式数据检测框图**

当 L 个已知符号、M 个未知符号、L 个已知符号、M 个未知符号交替通过 HF 信道时，等效的离散时间 HF 信道模型对输入信号的滤波过程可以由下式表示（参考文献 2、3）：

$$y_i=\sum_{j=0}^{N-1}w_j x(n-i)+n_i \quad i=1,2,...,M+N-1$$

以矩阵形式表示：

$$\mathbf{Y}=\mathbf{WX}+\mathbf{N}$$

其中 **Y** 是一个 M+N-1 个元素的列矢量，是 HF 等效离散信道模型的输出，表示均衡器的复数基带输入矢量；**X** 是 HF 等效离散信道模型的输入，是一有 M+2N-2 个元素的列矢量，其中包含前面已知数据块的后 N-1 个数据、未知数据块的 M 个数据、以及后面已知数据块的前 N-1 个元素；**N** 是由 M+N-1 个元素的列噪声矢量；**W** 是一个 M+N-1 行、M+2N -2 列的信道参数矩阵，其元素由信道估计器提供。

$$\begin{bmatrix}y_1\\y_2\\\vdots\\y_{M+N-1}\end{bmatrix}=\underbrace{\begin{bmatrix}w_{N-1} & \cdots & w_1 & w_0 & & & \mathbf{0}\\ & w_{N-1} & \cdots & w_1 & w_0 & & \\ & & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & & w_{N-1} & \cdots & w_1 & w_0\\ \mathbf{0} & & & & w_{N-1} & \cdots & w_1 & w_0\end{bmatrix}}_{\text{矩阵W } M+N-1\text{行}, M+2N-2\text{列}}\begin{bmatrix}\mathbf{A}_1\\\mathbf{B}\\\mathbf{A}_2\end{bmatrix}+\mathbf{N}$$

其中 $A_1=\left[a_{L-(N-1)},a_{L-(N-2)},\cdots,a_{L-1}\right]^T$，即训练符号块 $\{a_0,a_1,\cdots,a_{L-1}\}$ 的后 N-1 个符号；$A_2$= [$a_L$, $a_{L+1}$, ,$a_{L+N-2}$]$^T$,即训练符号块 $\{a_L,a_{L+1},\cdots,a_{2L-1}\}$ 的前 N-1 个符号；$\mathbf{B}=\left[b_0,b_1,\cdots,b_{M-1}\right]^T$，为未知数据块；$\mathbf{N}=[n_1,n_2,...,n_{M+N-1}]^T$，高斯白噪声向量；$\mathbf{W}_{A1}$ 元素取自 **W** 矩阵的开始 N-1 列，为 $(M+N-1)\times(N-1)$ 矩阵；$\mathbf{W}_{A2}$ 元素取自 **W** 矩阵的最后 N-1 列，为 $(M+N-1)\times(N-1)$ 矩阵；$\mathbf{W}_B$ 元素取自 **W** 矩阵的第 N 至 N+M-1 列，为 $(M+N-1)\times M$ 矩阵。因此 HF 等效离散信道模型的输出 **Y** 可以表示为：

$$\mathbf{Y}=\mathbf{W}_B\mathbf{B}+\mathbf{W}_{A1}\mathbf{A}_1+\mathbf{W}_{A2}\mathbf{A}_2+\mathbf{N} \quad (1)$$

令 $\mathbf{W}_C=\mathbf{Y}-\mathbf{W}_{A1}\mathbf{A}_1-\mathbf{W}_{A2}\mathbf{A}_2$

则 $\mathbf{W}_C=\mathbf{W}_B\mathbf{B}+\mathbf{N}$ (2)

即 $\mathbf{N}=\mathbf{W}_B\mathbf{B}-\mathbf{W}_C$ (3)

定义最小均方误差（MSE）为：

$$\varepsilon^2=\left(\mathbf{W}_B\hat{\mathbf{B}}-\mathbf{W}_C\right)^H\left(\mathbf{W}_B\hat{\mathbf{B}}-\mathbf{W}_C\right) \quad (4)$$

使上式 **N** 的均方误差最小，则所发送的未知数据符号 **B** 的最佳估计值 $\hat{\mathbf{B}}$：

$$\hat{\mathbf{B}}=\left(\mathbf{W}_B^H\mathbf{W}_B\right)^{-1}\mathbf{W}_B^H\mathbf{W}_C \quad (5)$$

令 $\mathbf{R}=\mathbf{W}_B^H\mathbf{W}_B$，$\mathbf{Q}=\mathbf{W}_B^H\mathbf{W}_C$，

则 $\hat{\mathbf{B}}=\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Q}$ (6)

令 $\mathbf{Q}=[q_0,q_1,...,q_{M-1}]^T$，$\hat{\mathbf{B}}=\left[\hat{b}_0,\hat{b}_1,...,\hat{b}_{M-1}\right]^T$，

则 $\mathbf{R}\begin{bmatrix}\hat{b}_0\\\hat{b}_1\\\vdots\\\hat{b}_{M-1}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}q_0\\q_1\\\vdots\\q_{M-1}\end{bmatrix}$ (7)

在（7）式中，如果用 $R^{-1}$ 求解 $\hat{B}$，运算量很大，下面用 Schur 算法解决这个问题。

由于矩阵 R 是协方差矩阵，因此它的 Schur 分解为：

$$\mathbf{R}=\mathbf{H}^H\mathbf{\Sigma}^2\mathbf{H} \quad (8)$$

$$\mathbf{R}^{-1}=\left(\mathbf{H}^H\mathbf{\Sigma}^2\mathbf{H}\right)^{-1}=\mathbf{H}^{-1}\mathbf{\Sigma}^{-2}\left(\mathbf{H}^H\right)^{-1}$$

其中 **H** 是上三角阵，**Σ** 是对角阵：


978-1-935068-06-8 © 2009 SciRes.

$$\mathbf{H}=\begin{bmatrix} 1 & h_{0,1} & h_{0,2} & \cdots & h_{0,M-1} \\ & 1 & h_{1,2} & \cdots & h_{1,M-1} \\ & & 1 & \cdots & \\ & 0 & & \ddots & \vdots \\ & & & & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{\Sigma}=\begin{bmatrix} \sigma_0 & & & 0 \\ & \sigma_1 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \sigma_{M-1} \end{bmatrix}$$

因此由 $\hat{\mathbf{B}}=\mathbf{R}^{-1}\mathbf{Q}$ 可得：

$$\mathbf{R}\begin{bmatrix}\hat{b}_0\\ \hat{b}_1\\ \vdots\\ \hat{b}_{M-1}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}q_0\\ q_1\\ \vdots\\ q_{M-1}\end{bmatrix} \Rightarrow \quad \mathbf{H}^H\mathbf{\Sigma}^2\mathbf{H}\hat{\mathbf{B}}=\mathbf{Q}$$

$$\Rightarrow \quad \mathbf{H}^H\left[\mathbf{\Sigma}^2\left(\mathbf{H}\hat{\mathbf{B}}\right)\right]=\mathbf{Q}$$

因此整个求解顺序如下：

第一步求出 $Z^{'}$： $\mathbf{Q}=\mathbf{H}^H\mathbf{Z}'$

第二步求出 $Z$： $\mathbf{Z}'=\mathbf{\Sigma}^2\mathbf{Z}$

第三步求出未知的数据 $\hat{B}$： $\mathbf{Z}=\mathbf{H}\hat{\mathbf{B}}$

## 4 仿真分析

防真系统框图如图 3 所示，仿真时采用 Watterson 短波信道模型和加性高斯白噪声（AWGN）信道，其中短波信道参数符合 ITU-R F.520-2 规定的好信道的要求。仿真符号速率为 2400 符号/秒，载波频率为 1800 $^{H}Z$，没有信道编码和交织。信道参数估计运用 RLS 快速算法得到。防真曲线如图 4 所示，图中是两路径和三路径接收时系统的误码率曲线，横坐标是信噪比，从 4dB 到 20dB，纵坐标是误码率，从 10-4 到 100。从仿真曲线看，两路径的接收效果要比三路径好，这是因为三路径接收的信号能量比两路径接收信号的能量大，在短波通信中，并不是接收的路径数越多越好，在短波信道上，一般接收 2-4 条路径的信号概率占 85%，其中，三条路径的概率占 40%。

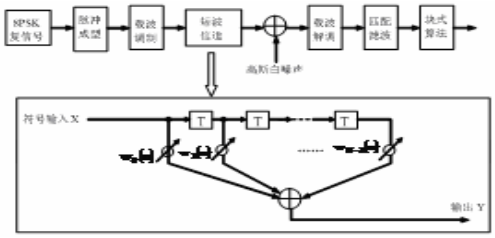

**Figure 3. Estimation of system**

**图 3. 仿真的系统图**

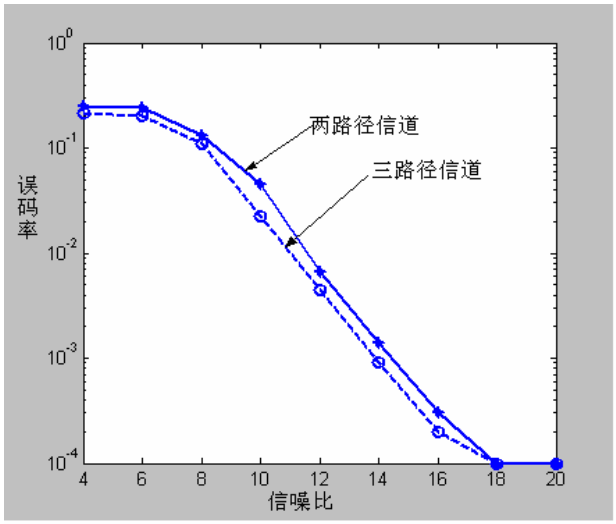


**Figure 4. Estimation of curve**

**图 4. 仿真曲线图**

## References (参考文献)

[1] ITU-R F.520-2, RECOMMENDATION 520-2 - Use of High Frequency Ionoshphic Channel Simulators.

[2] MIL-STD-188-141B APPENDIX C Third Generation HF Link Automation, 1999.

[3] Kaleh, G.K.; Channel Equalization for Block Transmission Systems, Information Theory, 1993. Proceedings. 1993 IEEE International Symposium on , January 17-22, 1993 , Page(s): 201 -201.

[4] Huang Zailu,Yin Weihua,Communications Theory,Beijing, Scince Publishing Company,2005.
黄载禄，殷蔚华，通信原理，北京：科学出版社，2005.

[5] S. Crozier, D. Falconer, and S. Mahmoud , “Short-block equalization techniques employing channel estimation for fading time-dispersive channels,” in Proc. IEEE Veh. Technol. Conf., May 1989, pp.142-146.