

(21)申請案號：099132374

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 24 日

(51)Int. Cl. : **H03M7/00 (2006.01)**

(71)申請人：凌陽科技股份有限公司 (中華民國) SUNPLUS TECHNOLOGY CO., LTD. (TW)

新竹市新竹科學工業園區創新一路 19 號

(72)發明人：曾俊傑 TSENG, CHUN CHIEH (TW)

(74)代理人：吳冠賜；林志鴻；楊慶隆

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：8 共 40 頁

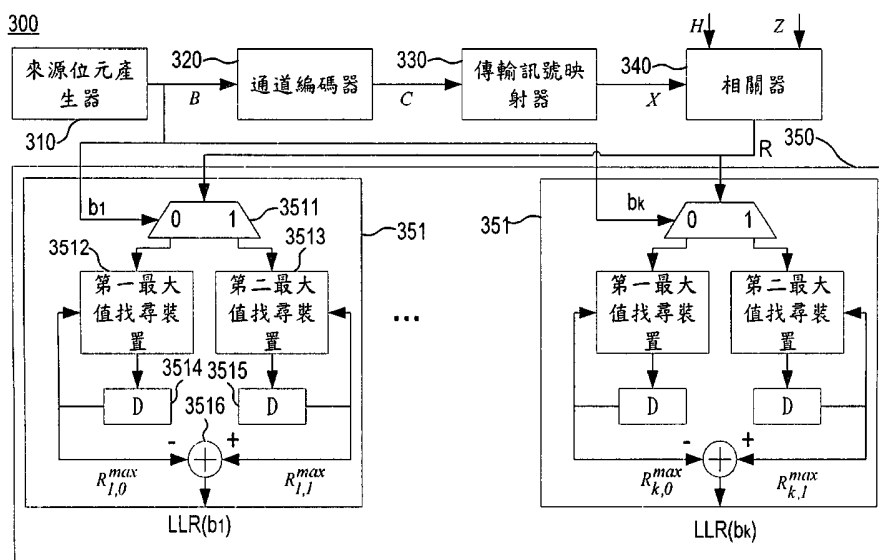
(54)名稱

(n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置

SISO DECODER OF (N, K) BLOCK CODE

(57)摘要

本發明提供一種(n,k)方塊碼之軟輸入軟輸出(Soft-In-Soft-Out,SISO)解碼裝置。一來源位元產生器用以產生 k 個來源位元。一通道編碼器依據 k 個來源位元編碼，進而產生 n 個位元的通道碼 (channel code)。一傳輸訊號映射器將 n 個位元的通道碼映射為 m 個本地產生的符元序列(locally generated symbol sequence)。一相關器接收無線傳輸的符元序列(symbol sequence)、通道狀態資訊序列(channel state information sequence)及該本地產生的符元序列，並依據該符元序列、該通道狀態資訊序列、及該本地產生的符元序列，用以計算該符元序列中的一符元的相關性。一對數似然比產生器連接至該來源位元產生器及該相關器，用以產生該符元的對數似然比。



300：軟輸入軟輸出解碼裝置

310：來源位元產生器

320：通道編碼器

330：傳輸訊號映射器

340：相關器

350：對數似然比產生器

351：子對數似然比產生器

3511：解多工器

3512：第一最大值找尋裝置

3513：第二最大值找尋裝置

3514：第一暫存裝置

3515：第二暫存裝置

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於無線傳輸之技術領域，尤指一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置。

【先前技術】

隨著高資料傳輸速度等應用要求的增加，用於資料傳輸的通訊通道上每單位時間再生或傳送的資料量也會增加。因此，當通道狀態惡化時，將更容易有更多錯誤產生。在無線通訊中，通常會使用在通訊通道中具有高錯誤修正效能的錯誤更正方法或錯誤修正碼，用以檢測並更正錯誤位元。

圖1係一習知無線傳輸系統的示意圖。其中，外環編碼裝置(Outer encoder)110對來源位元序列進行編碼。內環編碼裝置(Inner encoder)120再對外環編碼裝置110的輸出序列進行編碼，然後經由無線通道130傳輸。

內環解碼裝置(Inner decoder)140則對無線通道130傳送來的符元進行解碼。內環解碼裝置140可輸出與該符元相對應的硬決定(hard decision)，亦可輸出與該符元相對應的軟決定(soft decision)。外環解碼裝置(Outer decoder)150會接收從內環解碼裝置140中輸出的硬決定(hard-decision)或軟決定(soft-decision)，並執行對應使用在外環編碼裝置110中預定編碼方法來進行解碼，進而輸出所解碼的資料。

當外環碼採用渦輪碼(turbo code)或是低密度同位檢查碼(low density parity check code, LDPC)等較常用的編碼方式時，內環碼則需提供給外環碼相對於每位元之對數似然比(Log likelihood ratio, LLR)。我們稱此具有產生軟決定功能的內解碼器為一具有軟輸入軟輸出(Soft-In-Soft-Out, SISO)之解碼裝置。

當外環解碼裝置150是軟決定解碼(soft-decision decoding)時，其會參考輸入位元的軟值(soft value)，例如0.2或0.9，用以執行錯誤修正，例如渦輪碼解碼(turbo code decoding)與低密度同位檢查碼(low density parity check code, LDPC)解碼，以取代以參考輸入位元的硬值(0或1)所執行的錯誤修正，例如傳統里德所羅門編碼(Reed-Solomon coding)。

在軟決定解碼過程中，由於所考慮的機率密度函數(probability density function, pdf)常具有指數特性，因此常使用對數似然比作為輸出，用以降低計算的複雜度。然而，在頻率選擇性衰退通道(frequency selective channels)中，軟輸入軟輸出解碼裝置的設計仍為一艱難的挑戰。因此，有需要提供一完整且通用的軟輸入軟輸出解碼裝置的設計方法。

【發明內容】

本發明之主要目的係在提供一簡單且通用的方法，可在不犧牲解碼效能下以計算對數似然比，本發明可運用於一般的線性或非線性方塊碼，同時本發明技術可運

用於一般的MQAM調變，而無需考量傳輸碼的特性。本發明中將以DTMB系統為例，以說明其中軟輸入軟輸出內解碼器(NR碼)之架構及設計方式。

本發明(n, k)方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置可用於一般的方塊碼。為方便解說本發明技術，在此係以DTMB中所使用之(16,8)NR碼為例子加以解說，一NR編碼器係將8個位元編碼成16個位元，其中， $a_0 \dots a_7$ 係該NR編碼器的輸入訊號， $a_0 \dots a_7 e_0 \dots e_7$ 係該NR編碼器的輸出訊號，該NR編碼器的輸出訊號為系統碼(systematic code)，其中，包含資訊位元($a_0 \dots a_7$)及冗餘位元($e_0 \dots e_7$)。

依據本發明之一特色，本發明提出一種(n, k)方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，該軟輸入軟輸出解碼裝置係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括一來源位元產生器(source bit generator)、一通道編碼器(channel encoder)、一傳輸訊號映射器(mapper)、一相關器(corrlator)、及一對數似然比產生器。該來源位元產生器用以產生k個來源位元(source bits)，其中k為正整數。該通道編碼器連接至該來源位元產生器，依據該k個來源位元(source bits)編碼產生n個位元的通道碼C(channel code)，其中n為正整數。該傳輸訊號映射器連接至該通道編碼器，以將該n位元的通道碼映射為m個本地產生的符元序列X(locally generated symbol sequence)。該相關器連接至該傳輸訊號映射器，以接收無線傳輸的符元序列(symbol sequence) Z、通道狀態資

訊序列(channel state information sequence) H 及該傳輸訊號映射器輸出的該本地產生的符元序列 X ，並依據該符元序列 Z 、該通道狀態資訊序列 H 、及該本地產生的符元序列 X 以計算該符元序列 Z 的一符元的相關性。該對數似然比產生器連接至該來源位元產生器(source bit generator)及該相關器(corrlator)，以產生該符元(symbol)的對數似然比。

依據本發明之另一特色，本發明提出一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，該軟輸入軟輸出解碼裝置係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括一來源位元產生器(source bit generator)、一通道編碼器(channel encoder)、一傳輸訊號映射器(mapper)、一距離計算器(distance calculator)、及一對數似然比產生器。該來源位元產生器用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數。該通道編碼器連接至該來源位元產生器，依據該 k 個來源位元編碼產生 n 個位元的通道碼 C (channel code)，其中 n 為正整數。該傳輸訊號映射器連接至該通道編碼器，以將該 n 位元的通道碼 C 映射為 m 個本地產生的符元序列 X (locally generated symbol sequence)。該距離計算器連接至該傳輸訊號映射器，以接收符元序列(symbol sequence) Z 、通道狀態資訊序列(channel state information sequence) H 及該傳輸訊號映射器輸出的該本地產生的符元序列 X ，並依據該符元序列 Z 、該通道狀態資訊序列 H 、及該本地產生的符元序列

X 以計算該符元序列 Z 的一符元的距離。該對數似然比產生器，連接至該來源位元產生器(source bit generator)及該距離計算器，以產生該符元的對數似然比。

依據本發明之又一特色，本發明提出一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，該軟輸入軟輸出解碼裝置係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括一來源位元產生器(source bit generator)、一相關器(corrlator)及一對數似然比產生器。該來源位元產生器用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數。該相關器以接收無線傳輸的符元序列(symbol sequence) Z 、通道狀態資訊序列(channel state information sequence) H 及與該 k 個來源位元對應的本地產生的符元序列 X ，並依據該符元序列 Z 、該通道狀態資訊序列 H 、及該本地產生的符元序列 X 以計算該符元序列 Z 的一符元的相關性。該對數似然比產生器連接至該來源位元產生器(source bit generator)及該相關器(corrlator)，以產生該符元所對應位元的對數似然比；其中，該對數似然比可 $LLR(b_i)$ 以下列公式趨近：

$$\begin{aligned}
 LLR(b_i) &\approx \underset{C \in C_i^0}{\text{Min}} \xi^{(i,0)} - \underset{C \in C_i^1}{\text{Min}} \xi^{(i,1)} \\
 &= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ \underset{C \in C_i^1}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 \text{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,1)} \cdot H_n \right) \right] - \underset{C \in C_i^0}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 \text{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,0)} \cdot H_n \right) \right] \right\} \\
 &= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ \underset{C \in C_i^1}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,1)} \right) \right] - \underset{C \in C_i^0}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,0)} \right) \right] \right\}
 \end{aligned}$$

當中， b_i 為第 i 個來源位元， B 為來源位元序列， $B \equiv (b_1, b_2, b_3, \dots, b_8)$ ，通道碼 C 係由來源位元序列 B 經由一 NR 編碼的映射函數 R 映射而成。亦即， $C \equiv R(B)$ 。另外定義， R^{-1} 為 R 的反映射函數。 $C_i^b \equiv \{C \mid B = R^{-1}(C), b_i = b\}$ ， b 為 0 或 1。當中， $\xi^{(i,b)} \equiv \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re}(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)})$ ， β 是一個非負的常數， \tilde{z}_n 係一經相位等化之觀察， $\tilde{z}_n \equiv z_n^* \cdot e^{j\angle H_n}$ ， z_n 為收到的該符元序列 Z 的一成分，亦即 $Z \equiv (z_1, z_2, z_3, \dots, z_8)$ ，當中， $z_n \equiv x_n \cdot H_n + n_n$ ， H_n 為該通道狀態資訊序列 (channel state information sequence) H 的一成分， x_n 為該傳輸碼 X 序列的一成分，該傳輸碼 X 序列係由該通道碼 C 經由一 4-QAM 調變的映射函數映射而成， $X \equiv (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ ， $H \equiv (H_1, H_2, H_3, \dots, H_8)$ 為與該符元序列 Z 中的符元相關的估測通道增益序列。 n_n 為彼此獨立並具有零均值 (zero mean) 及變異數 (variance) 為 σ^2 的高斯分佈之雜訊。

依據本發明之再一特色，本發明提出一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，該軟輸入軟輸出解碼裝置係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括一來源位元產生器 (source bit generator)、一距離計算器 (distance calculator)、及一對數似然比產生器。該來源位元產生器用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數。該距離計算器以接收無線傳輸的符元序列 (symbol sequence) Z 、通道狀態資訊序列 (channel state

information sequence) H 及該 k 個來源位元對應的本地產生的符元序列 X ，並依據該符元序列、該通道狀態資訊序列、及該本地產生的符元序列 X 以計算該符元序列 Z 的一符元的距離。該對數似然比產生器連接至該來源位元產生器及該相關器，以產生該符元所對應位元的對數似然比；其中，該對數似然比 $LLR(b_i)$ 可以下列公式趨近：

$$LLR(b_i) \approx \underset{C \in C_i^0}{\text{Min}} \xi^{(i,0)} - \underset{C \in C_i^1}{\text{Min}} \xi^{(i,1)}$$

$$= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ D_{mp}^{(i,1)} - D_{mp}^{(i,0)} \right\} = D_{md}^{(i,0)} - D_{md}^{(i,1)}$$

當中， $D_{md}^{(i,b)} \equiv \underset{C \in C_i^b}{\text{Min}} \xi^{(i,b)}$ ， b 為 0 或 1，

$$D_{mp}^{(i,b)} \equiv \underset{C \in C_i^b}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)} \right) \right]，b_i \text{ 為第 } i \text{ 個來源位元}$$

元， B 為來源位元序列， $B \equiv (b_1, b_2, b_3, \dots, b_8)$ ，通道碼 C 係由來源位元序列 B 經由一 NR 編碼的映射函數映射而成， $C \equiv R(B)$ ， $C_i^b \equiv \left\{ C \mid B = R^{-1}(C), b_i = b \right\}$ ，當中，

$$\xi^{(i,b)} = \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)} \right)，\beta \text{ 是一個非負的常}$$

數， \tilde{z}_n 係一經相位等化之觀察， $\tilde{z}_n \equiv z_n^* \cdot e^{j\angle H_n}$ ， z_n 為收到的該符元序列 Z 的一成分，亦即 $Z \equiv (z_1, z_2, z_3, \dots, z_8)$ ，當中， $z_n \equiv x_n \cdot H_n + n_n$ ， H_n 為該通道狀態資訊序列 (channel state information sequence) H 的一成分，

$H \equiv (H_1, H_2, H_3, \dots, H_8)$ ， x_n 為該傳輸碼 X 序列的一成分，該本地產生的符元序列 X 係由該通道碼 C 經由-4-QAM 調變的映射函數映射而成， $X \equiv (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ 。

【實施方式】

有關本發明 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，以下先推導其所需的數學公式。對於最佳化軟訊息在通用多路徑通道 (multipath channel) 且在多載波的系統運作模式下的明確數學公式將先被推導獲得，例如對數似然比 (LLR)。在單載波的運作模式下，符元是在時域中傳輸。等化運算已經被執行，用以消除符元間的干擾。

假設第 i 個傳輸來源位元為 b_i 、收到的符元序列 (symbol sequence) 為 Z 、且通道狀態資訊序列 (channel state information sequence) 為 H ，則對數似然比 (LLR) 的定義可以用公式 (1) 表示：

$$LLR(b_i) = \ln \left\{ \frac{P_r(b_i = 1 | Z, H)}{P_r(b_i = 0 | Z, H)} \right\}, \quad (1)$$

其中， $B \equiv (b_1, b_2, b_3, \dots, b_8)$ ， B 為來源位元序列 (source bit sequence)。

對所有通道碼 C 予以平均，公式 (1) 中的兩個機率可簡化成如公式 (2) 所示：

$$\begin{aligned}
& P_r(b_i = b | Z, H) \\
&= \sum_{C \in C_i^b} P_r(b_i = b | Z, C, H) \cdot P_r(C | Z, H) \quad (2) \\
&= \sum_{C \in C_i^b} P_r(C | Z, H)
\end{aligned}$$

其中， $b=0$ 或 $b=1$ ， $C_i^b \equiv \{C | B = R^{-1}(C), b_i = b\}$ ， C_i^b 是一由來源位元序列 B 所產生的通道碼， $R^{-1}(\cdot)$ 係NR解碼的反映射函數(de-mapping function of NR decoding)， $C \equiv R(B)$ ，通道碼 C 係由來源位元序列 B 經由一NR編碼的映射函數(mapping function of NR encoding)映射而成。

因為 $P_r(b_i = b | Z, C, H) = 1$ ，所以公式(2)中的第二個等號成立。藉由貝式法則(Bayes' rule)並假設傳輸字碼是與通道狀態相獨立的，因此，公式(2)中的 $P_r(C | Z, H)$ 可改寫為：

$$\begin{aligned}
P_r(C | Z, H) &= P_r(Z | C, H) \cdot P_r(C | H) / P_r(Z | H) \quad (3) \\
&= P_r(Z | C, H) \cdot P_r(C) / P_r(Z | H)
\end{aligned}$$

在通道狀態 H 及所傳送通道碼 C 皆為已知的條件下，所收到的字碼 Z 為8個獨立的高斯分佈的QAM符元。此時，公式(3)中的第一個條件機率 $P_r(C | Z, H)$ 可改寫為：

$$P_r(Z | C, H) = \prod_{n=1}^8 f(z_n | x_n^{(i,b)}, H_n) \quad (4)$$

其中， $f(z_n | x_n^{(i,b)}, H_n)$ 為 z_n 的條件機率密度函數(conditional probability density function)， z_n 為收到的QAM符元序列 Z (received QAM symbol sequence)的一成

分，亦即 $Z \equiv (z_1, z_2, z_3, \dots, z_8)$ ，當中， $z_n \equiv x_n \cdot H_n + n_n$ ， H_n 為通道狀態資訊序列 (channel state information sequence) H 的一成分， x_n 為傳輸的本地產生的符元序列 X (transmitted QAM symbol sequence) 的一成分，該本地產生的符元序列 X 係由該通道碼 C 經由 -4-QAM 調變的映射函數映射而成，亦即 $X \equiv (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ ， $H \equiv (H_1, H_2, H_3, \dots, H_8)$ 為與該符元序列 Z 中的符元相關的估測通道增益序列。 n_n 為彼此獨立並具有零均值 (zero mean) 及變異數 (variance) 為 σ^2 的高斯分佈之雜訊。因此 $f(z_n | x_n^{(i,b)}, H_n)$ 可表示成：

$$f(z_n | x_n^{(i,b)}, H_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp \left\{ -\frac{|z_n - x_n^{(i,b)} \cdot H_n|^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (5)$$

將公式 (3)、(4)、(5) 代入公式 (2) 中，並假設每一符元係以相同的機率傳輸，故 $P_r(C)$ 係與通道碼 C 互相獨立，因此可獲得：

$$\begin{aligned}
P_r(b_i = b | Z, H) &= \frac{P_r(C)}{P_r(Z | H)} \sum_{C \in C_i^b} \prod_{n=1}^8 f(z_n | x_n^{(i,b)}, H_n) \\
&= \kappa \sum_{C \in C_i^b} \prod_{n=1}^8 \exp \left\{ \frac{-|z_n - x_n^{(i,b)} \cdot H_n|^2}{2\sigma^2} \right\} \\
&= \kappa \sum_{C \in C_i^b} \exp \left\{ \frac{-1}{2\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |z_n - x_n^{(i,b)} \cdot H_n|^2 \right\} \\
&= \kappa \sum_{C \in C_i^b} \exp \left\{ -\xi^{(i,b)} \right\}
\end{aligned} \tag{6}$$

當中，乘法比例因子 κ 為 $\frac{P_r(C)}{\sqrt{2\pi\sigma} \cdot P_r(Z | H)}$ ， $\xi^{(i,b)}$ 為：

$$\begin{aligned}
\xi^{(i,b)} &\equiv \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |z_n - x_n^{(i,b)} \cdot H_n|^2 \\
&= \frac{1}{2\sigma^2} \left\{ \sum_{n=1}^8 |z_n|^2 + \sum_{n=1}^8 |x_n^{(i,b)}|^2 |H_n|^2 \right. \\
&\quad \left. - 2 \sum_{n=1}^8 \operatorname{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,b)} \cdot H_n \right) \right\} \\
&= \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 \operatorname{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,b)} \cdot H_n \right) \\
&= \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 \operatorname{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,b)} \cdot |H_n| \cdot e^{j\angle H_n} \right) \\
&= \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \operatorname{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)} \right)
\end{aligned} \tag{7}$$

當中， $\operatorname{Re}(\cdot)$ 為取實部的運算。

由以上推導得知，當調變為等振幅調變(constant amplitude modulation)時，除了最小距離技巧外，同時另一較簡單的最大相關(maximum correlation)技巧亦可使用。但當調變為非等振幅調變(non-constant amplitude modulation)時，最大相關技巧的結果具有較大的誤差，此時僅可用最小距離技巧。

在公式(7)中， β 是一個非負的常數且與 i 及 b_i 獨立。 \tilde{z}_n 定義為 $\tilde{z}_n \equiv z_n^* \cdot e^{j\angle H_n}$ ，係一所接收之相位等化後的符元(received phase-equalized symbols)。

將公式(6)、(7)代入公式(1)中，且由於乘法比例因子 κ 因對數而被消除，因此公式(1)可改寫為：

$$\begin{aligned} LLR(b_i) &= \ln \left\{ \frac{P_r(b_i = 1 | Z, H)}{P_r(b_i = 0 | Z, H)} \right\} \\ &= \ln \left\{ \sum_{C \in C_i^1} \exp[-\xi^{(i,1)}] \right\} - \ln \left\{ \sum_{C \in C_i^0} \exp[-\xi^{(i,0)}] \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

因為 β 是一個非負的常數，因此可使用對數總和逼近(log-sum-approximation)技巧以降低複雜度。對數總和逼近可用公式(9)表示：

$$\ln \sum_j \exp(-y_j) \approx -\underset{j}{\text{Min}}(y_j) \quad \text{if } y_j \geq 0. \quad (9)$$

當中， $\text{Min}(\cdot)$ 則為取最小值的運算。

由公式(7)、(9)並將 β 消去，則公式(8)可改寫為：

$$\begin{aligned}
LLR(b_i) &\approx \underset{C \in C_i^0}{\text{Min}} \xi^{(i,0)} - \underset{C \in C_i^1}{\text{Min}} \xi^{(i,1)} \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ \underset{C \in C_i^1}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 \text{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,1)} \cdot H_n \right) \right] - \underset{C \in C_i^0}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 \text{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,0)} \cdot H_n \right) \right] \right\} \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ \underset{C \in C_i^1}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,1)} \right) \right] \right. \\
&\quad \left. - \underset{C \in C_i^0}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,0)} \right) \right] \right\} \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ D_{mp}^{(i,1)} - D_{mp}^{(i,0)} \right\} = D_{md}^{(i,0)} - D_{md}^{(i,1)}, \tag{10}
\end{aligned}$$

當中， $D_{md}^{(i,b)} \equiv \underset{C \in C_i^b}{\text{Min}} \xi^{(i,b)}$ ， $D_{mp}^{(i,b)} \equiv \underset{C \in C_i^b}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)} \right) \right]$ ， $\text{Max}(\cdot)$ 則為取最大的運算。

$D_{md}^{(i,b)}$ 為所接收之相位等化後的符元 (received phase-equalized symbols) \tilde{z} 與猜測符元 (the guessed symbols) $X^{(i,b)}$ 的最小距離。在另一方面， $D_{mp}^{(i,b)}$ 為所接收之相位等化後的符元 \tilde{z} 在猜測符元 $X^{(i,b)}$ 上的最大投影量。前述兩種情形，均可藉由搜尋256個可能的候選字碼 (candidate codeword) 中的128個字碼而獲得對數似然比 (LLR)。公式(10)中透露出可經由相位等化而對對數似然比 (LLR)進行評估，亦可不經由相位等化而對對數似然比 (LLR)進行評估。權衡上述兩種方法係在於是否具有相位評估及旋轉裝置，例如CORDIC。

圖2係本發明一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置300的方塊圖。其主要係依據公式(10)中的最大投影量，以計算對數似然比(LLR)。該軟輸入軟輸出解碼裝置300包括一來源位元產生器(source bit generator)310、一通道編碼器(channel encoder)320、一傳輸訊號映射器(mapper)330、一相關器(corrlator)340、及一對數似然比產生器350。

該來源位元產生器310用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數。於一使用NR字碼實施例中，該來源位元產生器310則產生8位元的來源位元序列(source bit sequence) B ， $B \equiv (b_1, b_2, b_3, \dots, b_8)$ 。

該通道編碼器320連接至該來源位元產生器310，依據該 k 個來源位元編碼，進而產生 n 個位元的通道碼 C (channel code)，其中 n 為正整數。於一特定實施例中，該通道編碼器320為NR(Nordstrom- Robinson)碼編碼器。當使用NR字碼(NR codeword)時，該通道編碼器320用以將8位元的來源位元進行NR編碼，進而產生16位元的NR字碼 C 。

該傳輸訊號映射器330連接至該通道編碼器320，以將該 n 位元的通道碼 C 映射為 m 個本地產生的符元序列 X (locally generated symbol sequence)。該傳輸訊號映射器330例如可為等振幅器傳輸訊號映射器(constant amplitude mapper)。於一實施例中，該傳輸訊號映射器330為4-QAM

傳輸訊號映射器(4-QAM mapper)，但亦可套用於一般的MQAM傳輸訊號映射器(MQAM mapper)。

當使用NR字碼(NR codeword)及4-QAM調變(4-QAM modulation)時，該傳輸訊號映射器330將16位元的NR字碼 C 映射為8個4-QAM本地產生的符元序列 X 。

該相關器340連接至該傳輸訊號映射器330，用以接收無線傳輸的符元序列 Z 、通道狀態資訊序列(channel state informations) H 及該傳輸訊號映射器輸出的該本地產生的符元序列 X ，並依據該符元序列 Z 、該通道狀態資訊序列 H 、及該本地產生的符元序列用以計算該符元序列 Z 中的一符元的相關性。

該對數似然比產生器350連接至該來源位元產生器310及該相關器340，用以產生該符元所對應位元的對數似然比。

圖3係本發明相關器340的方塊圖。該相關器340包含 m 個共軛複數器341、 m 個第一乘法器343、 m 個取實數值裝置(real number extractor)345、 m 個第二乘法器347、及一加法器349。

第 m' 個複數共軛器341接收該符元序列 Z 的第 m' 個成分(第 m' 個符元)，並對其進行共軛複數運算，其中， m 、 m' 為正整數， $1 \leq m' \leq m$ 。

第 m' 個第一乘法器343接收該第 m' 個複數共軛器341的輸出及該本地產生的符元序列 X 的第 m' 成分(第 m' 個傳輸碼)，並執行乘法運算。

第 m' 個取實數值裝置 345 連接至該第 m' 個第一乘法器 343，並對第 m' 個第一乘法器 343 的輸出進行取實數值運算。

第 m' 個第二乘法器 347 連接至該第 m' 個取實數值裝置 345，接收該通道狀態資訊序列 (channel state information sequence) H 的第 m' 個成分，並執行乘法運算。

該加法器連接至該 m 個第二乘法器，以對該 m 個第二乘法器之輸出執行加法運算而產生該相關性。

該對數似然比產生器 350 包含 k 個子對數似然比產生器 351，其中之第 k' 個子對數似然比產生器 351 包含一第 k' 解多工器 3511、一第一最大值找尋裝置 3512、一第一暫存裝置 3514、一第二最大值找尋裝置 3513、一第二暫存裝置 3515、及一減法器 3516。

該第 k' 解多工器 3511 連接至該來源位元產生器 310 及該相關器 340，依據第 k' 來源位元以輸出對應的該相關性，其中， k 、 k' 為正整數， $1 \leq k' \leq k$ 。

該第一最大值找尋裝置 3512 連接至該第 k' 解多工器 3511 的第一輸出端，以找尋該相關性中的最大值。

該第一暫存裝置 3514 連接至該第一最大值找尋裝置 3512，以暫存該第一最大值找尋裝置 3512 的輸出。

該第二最大值找尋裝置 3513 連接至該第 k' 解多工器 3511 的第二輸出端，以找尋該相關性中的最大值。

該第二暫存裝置 3515 連接至該第二最大值找尋裝置 3513，以暫存該第二最大值找尋裝置 3513 的輸出。

該減法器3516連接至該第一暫存裝置3514及該第二暫存裝置3515，以將該第二暫存裝置3515的輸出減去該第一暫存裝置3514的輸出，以產生第 k' 個對數似然比。

由於前面推導公式時，只有使用等振幅的特性，因此，本發明技術所使用的該 (n, k) 方塊碼可為線性方塊碼或非線性方塊碼。

圖4係本發明一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置300另一實施例的方塊圖。其主要係依據公式(10)中的最最小距離，以計算對數似然比(LLR)。該軟輸入軟輸出解碼裝置300包括一來源位元產生器(source bit generator)310、一通道編碼器(channel encoder)320、一傳輸訊號映射器(mapper)330、一距離計算器(distance calculator)540、及一對數似然比產生器550。

該來源位元產生器310、通道編碼器320、及傳輸訊號映射器330與圖3中相同，不再贅述。

該距離計算器540連接至該傳輸訊號映射器330，以接收序列 Z 、通道狀態資訊序列 H 、及該傳輸訊號映射器輸出的本地產生的符元序列 X ，並依據該序列 Z 、該通道狀態資訊序列 H 、及該傳輸碼 X 以計算該符元序列 Z 中的一符元之距離。

該對數似然比產生器550連接至該來源位元產生器310及該距離計算器540，用以產生該符元所對應位元的對數似然比。

該對數似然比產生器550包含 k 個子對數似然比產生器551，其中之該第 k' 個子對數似然比產生器551包含一

第 k' 解多工器5511、一第一最小值找尋裝置5512、一第一暫存裝置5514、一第二最小值找尋裝置5513、一第二暫存裝置5515、及一減法器5516。

該第 k' 解多工器5511連接至該來源位元產生器310及該距離計算器540，依據第 k' 個來源位元以輸出對應的該距離，其中， k 、 k' 為正整數， $1 \leq k' \leq k$ 。

該第一最小值找尋裝置5512連接至該第 k' 解多工器5511的第一輸出端，以找尋該距離中的最小值。

該第一暫存裝置5514連接至該第一最小值找尋裝置5512，以暫存該第一最小值找尋裝置5512的輸出。

該第二最小值找尋裝置5513連接至該第 k' 解多工器5511的第二輸出端，以找尋該距離中的最小值。

該第二暫存裝置5515連接至該第二最小值找尋裝置5513，以暫存該第二最小值找尋裝置5513的輸出。

該減法器5516連接至該第一暫存裝置5514及該第二暫存裝置5515，以將該第一暫存裝置5514的輸出減去該第二暫存裝置5515的輸出，用以產生第 k' 個對數似然比。

圖5係一模擬結果之示意圖，其係單載波模式(single carrier mode)在可加成白高斯雜訊(AWGN)通道下的模擬結果之示意圖。縱軸為未編碼位元錯誤率(Uncoded Bit Error Rate, UBER)，橫軸為訊號雜訊比(SNR)。其分別對QPSK、串接解碼(cascaded decoding)、及本發明技術模擬結果之示意圖。其中，習知串接解碼(cascaded decoding)可參閱圖1，圖1係一習知串接解碼的示意圖。內環解碼裝置140則對無線通道130傳送來的符元進行解碼。內環

解碼裝置 140 可輸出與該符元相對應的硬決定 (hard decision)，亦可輸出與該符元相對應的軟決定 (soft decision)。外環解碼裝置 150 會接收從內環解碼裝置 140 中輸出的硬決定 (hard-decision) 及軟決定 (soft-decision)、並執行對應使用在外環編碼裝置 110 中預定編碼方法的解碼並且輸出所解碼的資料。

圖 6 係另一模擬結果之示意圖。其係多載波模式 (multi-carriers mode) 在可加成白高斯雜訊 (AWGN) 通道下的模擬結果之示意圖。縱軸為未編碼位元錯誤率 (UBER)，橫軸為訊號雜訊比 (SNR)。其分別對 QPSK、串接解碼 (cascaded decoding)、及本發明技術模擬結果之示意圖。

圖 7 係又一模擬結果之示意圖。其係單載波模式在 SARFT-8 通道下的模擬結果之示意圖。縱軸為未編碼位元錯誤率 (UBER)，橫軸為訊號雜訊比 (SNR)。其分別對 QPSK、串接解碼 (cascaded decoding)、及本發明技術模擬結果之示意圖。SARFT-8 通道之通道特性如表 1 所示，表 1 係於 SARFT-8 多路徑通道之各種參數。

路徑數	1	2	3	4	5	6
路徑延遲	-1.8	0.0	0.15	1.8	5.7	30
路徑衰減 (dB)	-18	0	-20	-20	-10	0
路徑相位	0	0	0	0	0	0

表 1

圖 8 係再一擬結果之示意圖。其係多載波模式 (multi-carriers mode) 在 SARFT-8 通道下的模擬結果之示

意圖。縱軸為未編碼位元錯誤率(UBER)，橫軸為訊號雜訊比(SNR)。其分別對 QPSK、串接解碼(cascaded decoding)、及本發明技術模擬結果之示意圖。

由圖5、圖6、圖7、及圖8顯示，在相同的訊號雜訊比時，本發明技術有較小的位元錯誤率(BER)。

由前述可知，本發明在不犧牲解碼效能下以計算對數似然比，其先推導出一計算對數似然比的一般公式及其對應的硬體架構。其可運用於一般的線性或非線性方塊碼。本發明可運用於一般短碼(short code)，例如NR碼，但是熟習數位通訊者，亦可基於本發明技術而推廣至長碼(long code)。同時，本發明技術可運用於一般的QAM調變，而無需考量傳輸碼的特性。

縱上所述，本發明之技術提供一完整且通用的軟輸入軟輸出解碼裝置的設計方法，並降低習知軟輸入軟輸出解碼裝置的其硬體架構的複雜度，可在不犧牲解碼效能下以計算對數似然比。同時，本發明可運用於一般的線性或非線性方塊碼，同時本發明技術可運用於一般的MQAM調變，而無需考量傳輸碼的特性。

由上述可知，本發明無論就目的、手段及功效，在在均顯示其迥異於習知技術之特徵，極具實用價值。惟應注意的是，上述諸多實施例僅係為了便於說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

【圖式簡單說明】

圖1係一習知無線傳輸系統的示意圖。

圖2係本發明 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置300的方塊圖。

圖3係本發明相關器的方塊圖。

圖4係本發明 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置300另一實施例的方塊圖。

圖5係一模擬結果之示意圖。

圖6係另一擬結果之示意圖。

圖7係又一模擬結果之示意圖。

圖8係再一擬結果之示意圖。

【主要元件符號說明】

外環編碼裝置110	內環編碼裝置120
無線通道130	內環解碼裝置140
外環解碼裝置150	
軟輸入軟輸出解碼裝置300	來源位元產生器310
通道編碼器320	傳輸訊號映射器330
相關器340	對數似然比產生器350。
子對數似然比產生器351	
解多工器3511	第一最大值找尋裝置3512
第一暫存裝置3514	第二最大值找尋裝置3513
第二暫存裝置3515	減法器3516
共軛複數器341	第一乘法器343
取實數值裝置345	m 個第二乘法器347
加法器349	

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 99102314

※申請日： 99.9.24

※IPC 分類：

一、發明名稱：(中文/英文)

(n, k)方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置

SISO decoder of (n, k) block code

H103M 1/00

(2006.01)

二、中文發明摘要：

本發明提供一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出 (Soft-In-Soft-Out, SISO) 解碼裝置。一來源位元產生器用以產生 k 個來源位元。一通道編碼器依據 k 個來源位元編碼，進而產生 n 個位元的通道碼 (channel code)。一傳輸訊號映射器將 n 個位元的通道碼映射為 m 個本地產生的符元序列 (locally generated symbol sequence)。一相關器接收無線傳輸的符元序列 (symbol sequence)、通道狀態資訊序列 (channel state information sequence) 及該本地產生的符元序列，並依據該符元序列、該通道狀態資訊序列、及該本地產生的符元序列，用以計算該符元序列中的一符元的相關性。一對數似然比產生器連接至該來源位元產生器及該相關器，用以產生該符元的對數似然比。

三、英文發明摘要：

The invention provides a SISO decoder of (n, k) block code. A source bit generator generates k source bits. A channel encoder generates n-bit

channel code based on the k source bits. A mapper generates m locally generated symbol sequence based on the n -bit channel code. A correlator receives a symbol sequence, a channel state information sequence, and the locally generated symbol sequence, and generates a correlation of symbol from the symbol sequence, the channel state information sequence, and the locally generated symbol sequence. A log-likelihood ratio generator is connected to the source bit generator and the correlator to generate log-likelihood ratios of bits associated with the symbol.

七、申請專利範圍：

1. 一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括：

一來源位元產生器，用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數；

一通道編碼器，連接至該來源位元產生器，依據該 k 個來源位元編碼，進而產生具有 n 個位元的通道碼，其中 n 為正整數；

一傳輸訊號映射器，連接至該通道編碼器，用以將該具有 n 位元的通道碼映射為 m 個本地產生的符元序列；

一相關器，連接至該傳輸訊號映射器，用以依據一符元序列、一通道狀態資訊序列及該傳輸訊號映射器輸出的該本地產生的符元序列，用以計算該符元序列中的一符元的相關性；以及

一對數似然比產生器，連接至該來源位元產生器及該相關器，用以產生該符元相對應位元的對數似然比。

2. 如申請專利範圍第1項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該相關器包含：

m 個共軛複數器，其中之第 m' 個複數共軛器接收該符元序列中的第 m' 個符元，用以進行共軛複數運算，其中， m 、 m' 為正整數， $1 \leq m' \leq m$ ；

m 個第一乘法器，其中之第 m' 個第一乘法器用以接收該第 m' 個複數共軛器的輸出及該本地產生的符元序列的第 m' 個傳輸碼，並執行乘法運算；

m個取實數值裝置，其中之第m'個取實數值裝置連接至該第m'個第一乘法器，並對該第m'個第一乘法器的輸出進行取實數值運算；

m個第二乘法器，其中之第m'個第二乘法器連接至該第m'個取實數值裝置，用以接收該通道狀態資訊序列的第m'個通道狀態資訊，並執行乘法運算；以及

一加法器，連接至該m個第二乘法器，以對該m個第二乘法器之輸出執行加法運算而產生該相關性。

3. 如申請專利範圍第2項所述之(n, k)方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該對數似然比產生器包含k個子對數似然比產生器，其中之第k'個子對數似然比產生器包含：

一第k'解多工器，連接至該來源位元產生器及該相關器，依據第k'來源位元以輸出相對應的該相關性，其中，k、k'為正整數， $1 \leq k' \leq k$ ；

一第一最大值找尋裝置，連接至該第k'解多工器的第一輸出端，以找尋該相關性中的最大值；

一第一暫存裝置，連接至該第一最大值找尋裝置，用以暫存該第一最大值找尋裝置的輸出；

一第二最大值找尋裝置，連接至該第k'解多工器的第二輸出端，用以找尋該相關性中的最大值；

一第二暫存裝置，連接至該第二最大值找尋裝置，以暫存該第二最大值找尋裝置的輸出；以及

一減法器，連接至該第一暫存裝置及該第二暫存裝置，用以將該第二暫存裝置的輸出減去該第一暫存裝置的輸出，進而產生第 k' 個對數似然比。

4. 如申請專利範圍第3項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該 (n, k) 方塊碼為線性方塊碼或非線性方塊碼。

5. 如申請專利範圍第4項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該通道編碼器碼編碼器。

6. 如申請專利範圍第1項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該傳輸訊號映射器為等振幅器傳輸訊號映射器。

7. 如申請專利範圍第1項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該傳輸訊號映射器為4-QAM傳輸訊號映射器。

8. 一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括：

一來源位元產生器，用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數；

一通道編碼器，連接至該來源位元產生器，依據該 k 個來源位元編碼，產生具有 n 個位元的通道碼 C ，其中 n 為正整數；

一傳輸訊號映射器，連接至該通道編碼器，用以將該具有 n 位元的通道碼映射為 m 個本地產生的符元序列；

一距離計算器，連接至該傳輸訊號映射器，用以根據一符元序列、一通道狀態資訊序列及該傳輸訊號映射器輸出的該本地產生的符元序列，進而計算該符元序列中的一符元的距離；以及

一對數似然比產生器，連接至該來源位元產生器及該距離計算器，用以產生該符元相對應位元的對數似然比。

9. 如申請專利範圍第8項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該對數似然比產生器包含 k 個子對數似然比產生器，其中之第 k' 個子對數似然比產生器包含：

一第 k' 解多工器，連接至該來源位元產生器及該距離計算器，依據 k' 來源位元用以輸出對應的該距離，其中， k, k' 為正整數， $1 \leq k' \leq k$ ；

一第一最小值找尋裝置，連接至該第 k' 解多工器的第一輸出端，用以找尋該距離中的最小值；

一第一暫存裝置，連接至該第一最小值找尋裝置，以暫存該第一最小值找尋裝置的輸出；

一第二最小值找尋裝置，連接至該第 k' 解多工器的第二輸出端，以找尋該距離中的最小值；

一第二暫存裝置，連接至該第二最小值找尋裝置，以暫存該第二最小值找尋裝置的輸出；以及

一減法器，連接至該第一暫存裝置及該第二暫存裝置，以將該第一暫存裝置的輸出減去該第二暫存裝置的輸出，以產生第 k' 個對數似然比。

10. 如申請專利範圍第9項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該 (n, k) 方塊碼可為線性方塊碼或非線性方塊碼。

11. 如申請專利範圍第10項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該通道編碼器為NR碼編碼器。

12. 如申請專利範圍第8項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該傳輸訊號映射器為等振幅器傳輸訊號映射器。

13. 如申請專利範圍第8項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其中，該傳輸訊號映射器為4-QAM傳輸訊號映射器。

14. 一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括：

一來源位元產生器，用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數；

一相關器，用以依據無線傳輸的符元序列、通道狀態資訊序列及與該 k 個來源位元對應的本地產生的符元序列，用以計算該符元序列 Z 的一符元的相關性；以及

一對數似然比產生器，連接至該來源位元產生器及該相關器，以產生該符元所對應位元的對數似然比；

其中，該對數似然比可 $LLR(b_i)$ 以下列公式趨近：

$$\begin{aligned}
LLR(b_i) &\approx \underset{C \in C_i^0}{\text{Min}} \xi^{(i,0)} - \underset{C \in C_i^1}{\text{Min}} \xi^{(i,1)} \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ \underset{C \in C_i^1}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 \text{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,1)} \cdot H_n \right) \right] - \underset{C \in C_i^0}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 \text{Re} \left(z_n^* \cdot x_n^{(i,0)} \cdot H_n \right) \right] \right\} \\
&= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ \underset{C \in C_i^1}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,1)} \right) \right] - \underset{C \in C_i^0}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,0)} \right) \right] \right\},
\end{aligned}$$

當中， b_i 為第 i 個來源位元， B 為來源位元序列， $B \equiv (b_1, b_2, b_3, \dots, b_8)$ ，通道碼 C 係由來源位元序列 B 經由一 NR 編碼的映射函數映射而成， $C \equiv R(B)$ ， $C_i^b \equiv \{C | B = R^{-1}(C), b_i = b\}$ ， b 為 0 或 1，當中，

$$\xi^{(i,b)} = \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)} \right), \quad \beta \text{ 是一個非負的常}$$

數， \tilde{z}_n 係一經相位等化之觀察， $\tilde{z}_n \equiv z_n^* \cdot e^{j\angle H_n}$ ， z_n 為收到的該符元序列 Z 的一成分，亦即 $Z \equiv (z_1, z_2, z_3, \dots, z_8)$ ，當中， $z_n \equiv x_n \cdot H_n + n_n$ ， H_n 為該通道狀態資訊序列 H 的一成分， x_n 為該傳輸碼 X 序列的一成分，該傳輸碼 X 序列係由該通道碼 C 經由一 4-QAM 調變的映射函數映射而成， $X \equiv (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ ， $H \equiv (H_1, H_2, H_3, \dots, H_8)$ 為與該符元序列 Z 中的符元相關的估測通道增益序列。

15. 如申請專利範圍第 14 項所述之 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，其更包含：

一通道編碼器，連接至該來源位元產生器，依據該 k 個來源位元編碼產生具有 n 個位元的通道碼，其中 n 為正整數；以及

一 QAM 傳輸訊號映射器，連接至該通道編碼器，以將該具有 n 位元的通道碼映射為該 QAM 傳輸碼 X 。

16. 一種 (n, k) 方塊碼之軟輸入軟輸出解碼裝置，係運用於一無線傳輸系統的接收端，該軟輸入軟輸出解碼裝置包括：

一來源位元產生器，用以產生 k 個來源位元，其中 k 為正整數；

一距離計算器，用以依據一符元序列、一通道狀態資訊序列及該 k 個來源位元對應的本地產生的符元序列，進而產生的符元序列用以計算該符元序列的一符元的距離；以及

一對數似然比產生器，連接至該來源位元產生器及該相關器，用以產生該符元相對應位元的對數似然比；

其中，該對數似然比 $LLR(b_i)$ 可以下列公式趨近：

$$LLR(b_i) \approx \underset{C \in C_i^0}{\text{Min}} \xi^{(i,0)} - \underset{C \in C_i^1}{\text{Min}} \xi^{(i,1)}$$

$$= \frac{1}{\sigma^2} \left\{ D_{mp}^{(i,1)} - D_{mp}^{(i,0)} \right\} = D_{md}^{(i,0)} - D_{md}^{(i,1)}$$

當 中 ， $D_{md}^{(i,b)} \equiv \underset{C \in C_i^0}{\text{Min}} \xi^{(i,b)}$ ， b 為 0 或 1 ，

$$D_{mp}^{(i,b)} \equiv \underset{C \in C_i^b}{\text{Max}} \left[\sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re} \left(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)} \right) \right] , b_i \text{ 為 第 } i \text{ 個 來 源 位 元}$$

元， B 為來源位元序列， $B \equiv (b_1, b_2, b_3, \dots, b_8)$ ，通道碼 C 係由來源位元序列 B 經由一 NR 編碼的映射函數映射而成，

$C \equiv R(B)$, $C_i^b \equiv \{C | B = R^{-1}(C), b_i = b\}$, 當 中 ,

$$\xi^{(i,b)} = \beta - \frac{1}{\sigma^2} \sum_{n=1}^8 |H_n| \cdot \text{Re}(\tilde{z}_n \cdot x_n^{(i,b)}) , \beta \text{ 是 一 個 非 負 的 常 數 , } \tilde{z}_n \text{ 係 一 經 相 位 等 化 之 觀 察 , } \tilde{z}_n \equiv z_n^* \cdot e^{j\angle H_n} , z_n \text{ 為 收 到 的 該 符 元 序 列 } Z \text{ 的 一 成 分 , 亦 即 } Z \equiv (z_1, z_2, z_3, \dots, z_8) , \text{ 當 中 , } z_n \equiv x_n \cdot H_n + n_n , H_n \text{ 為 該 通 道 狀 態 資 訊 序 列 } H \text{ 的 一 成 分 , } H \equiv (H_1, H_2, H_3, \dots, H_8) , x_n \text{ 為 該 傳 輸 碼 } X \text{ 序 列 的 一 成 分 , 該 本 地 產 生 的 符 元 序 列 } X \text{ 係 由 該 通 道 碼 } C \text{ 經 由 -4-QAM 調 變 的 映 射 函 數 映 射 而 成 , } X \equiv (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8) .$$

數 , \tilde{z}_n 係 一 經 相 位 等 化 之 觀 察 , $\tilde{z}_n \equiv z_n^* \cdot e^{j\angle H_n}$, z_n 為 收 到 的 該 符 元 序 列 Z 的 一 成 分 , 亦 即 $Z \equiv (z_1, z_2, z_3, \dots, z_8)$, 當 中 , $z_n \equiv x_n \cdot H_n + n_n$, H_n 為 該 通 道 狀 態 資 訊 序 列 H 的 一 成 分 , $H \equiv (H_1, H_2, H_3, \dots, H_8)$, x_n 為 該 傳 輸 碼 X 序 列 的 一 成 分 , 該 本 地 產 生 的 符 元 序 列 X 係 由 該 通 道 碼 C 經 由 -4-QAM 調 變 的 映 射 函 數 映 射 而 成 , $X \equiv (x_1, x_2, x_3, \dots, x_8)$ 。

17. 如 申 請 專 利 範 圍 第 16 項 所 述 之 (n, k) 方 塊 碼 之 軟 輸 入 軟 輸 出 解 碼 裝 置 , 其 更 包 含 :

一 通 道 編 碼 器 , 連 接 至 該 來 源 位 元 產 生 器 , 依 據 該 k 個 來 源 位 元 編 碼 , 進 而 產 生 具 有 n 位 元 的 通 道 碼 C , 其 中 n 為 正 整 數 ;

一 QAM 傳 輸 訊 號 映 射 器 , 連 接 至 該 通 道 編 碼 器 , 以 將 該 具 有 n 位 元 的 通 道 碼 映 射 為 本 地 產 生 的 符 元 序 列 。

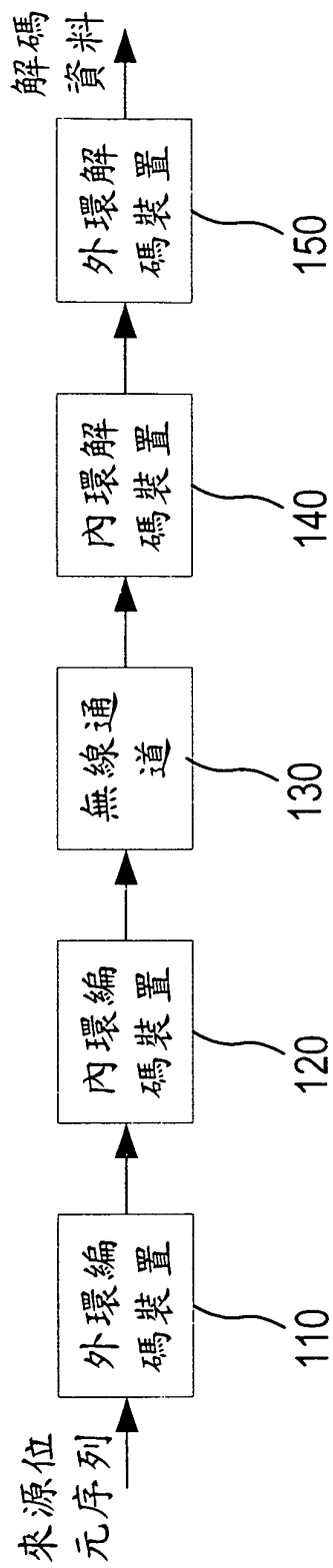


圖 1

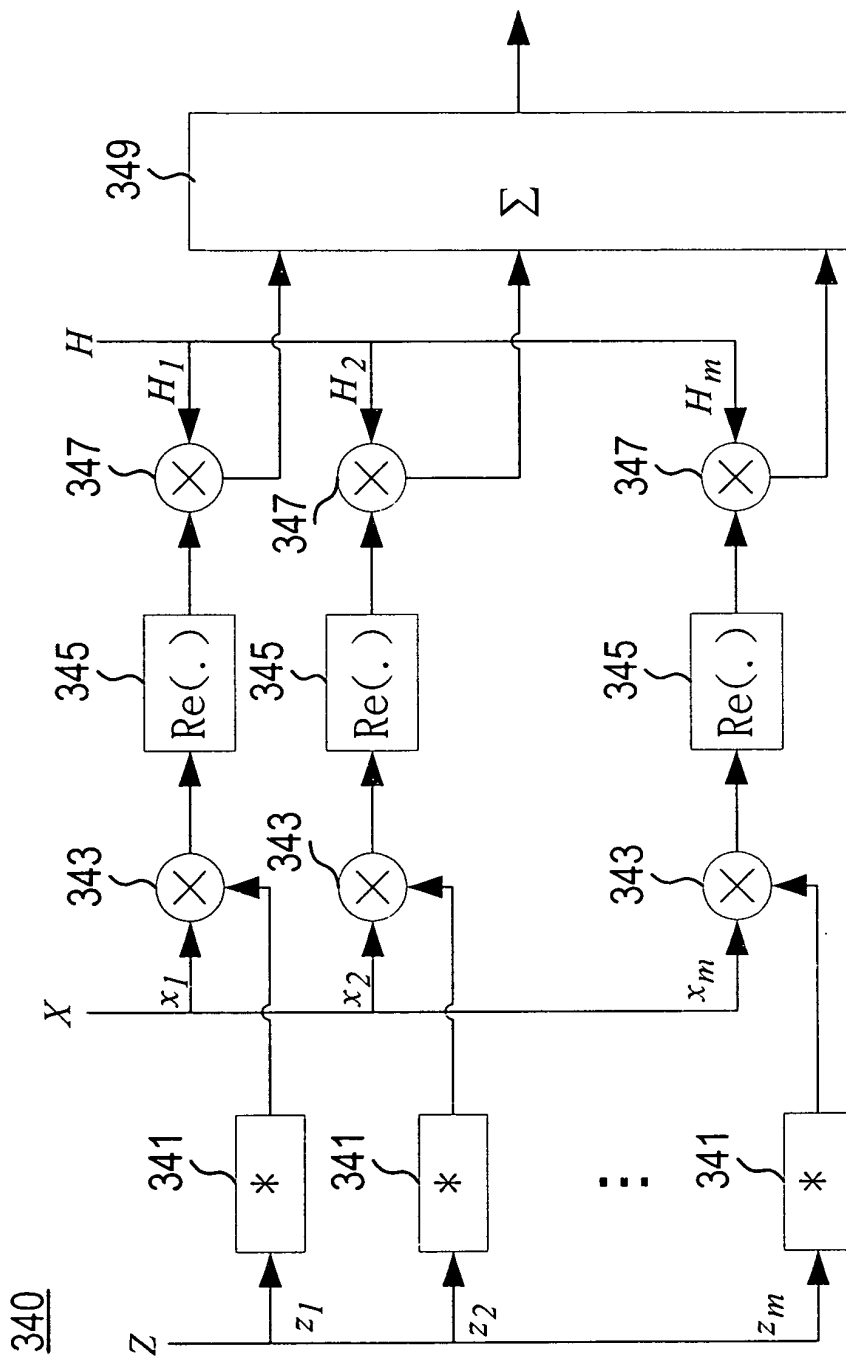


圖 3

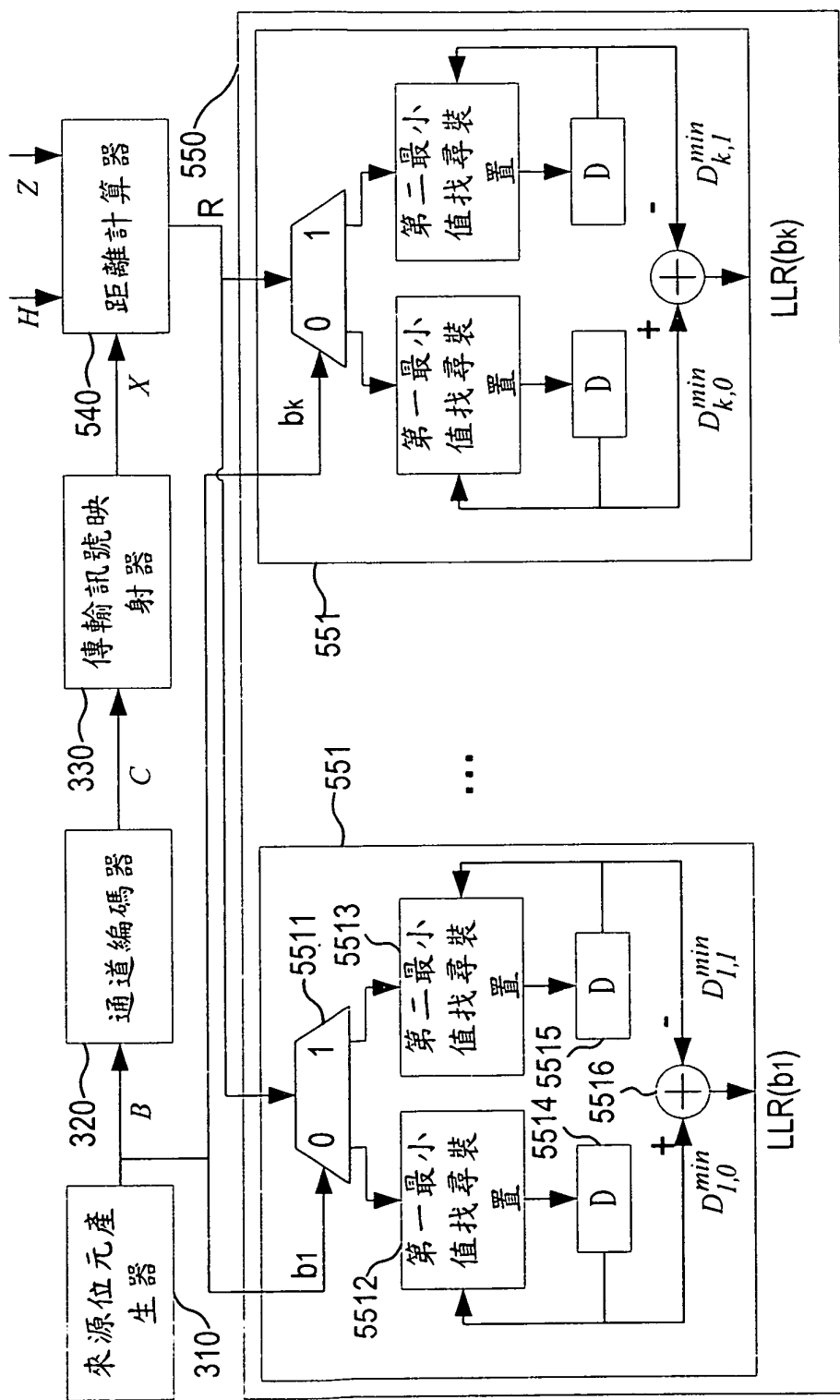


圖 4

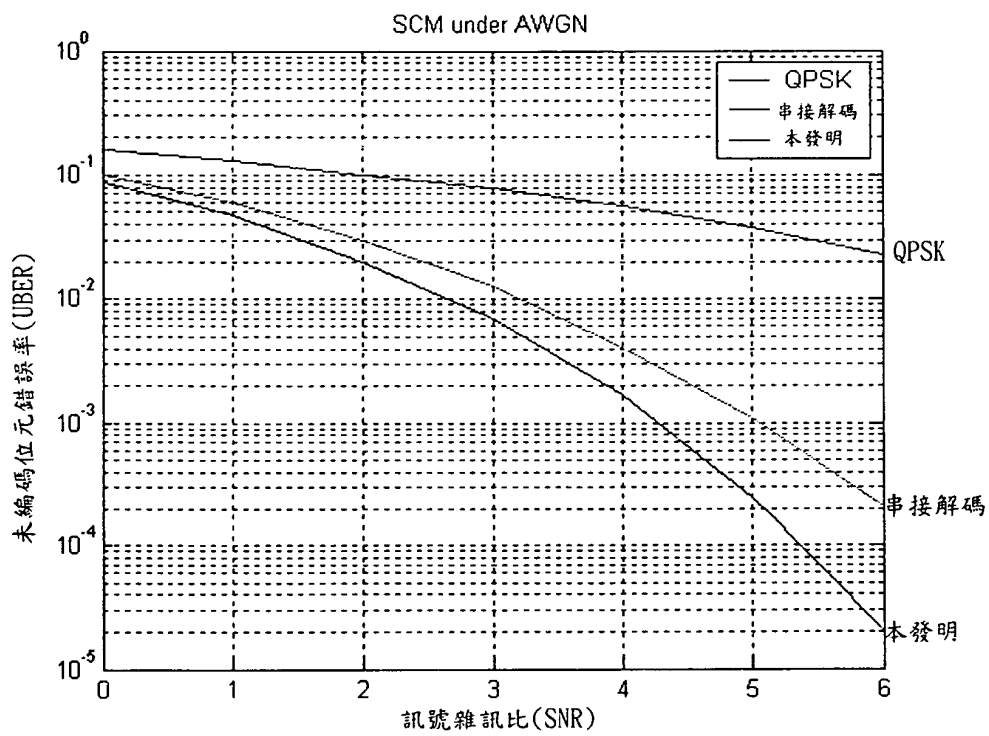


圖 5

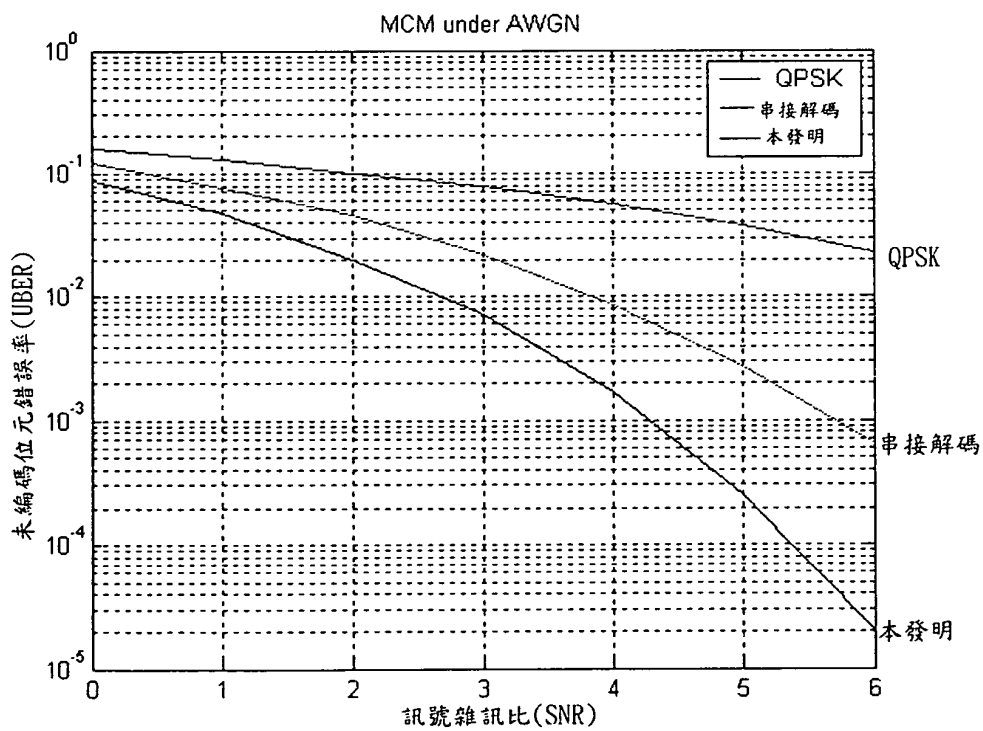


圖 6

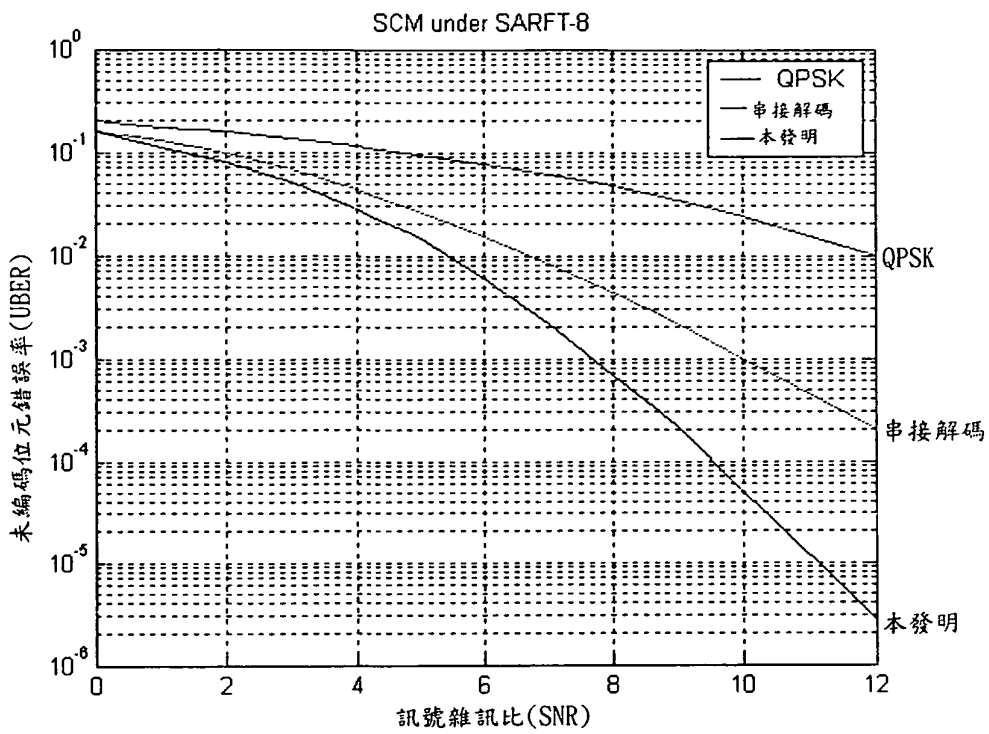


圖 7

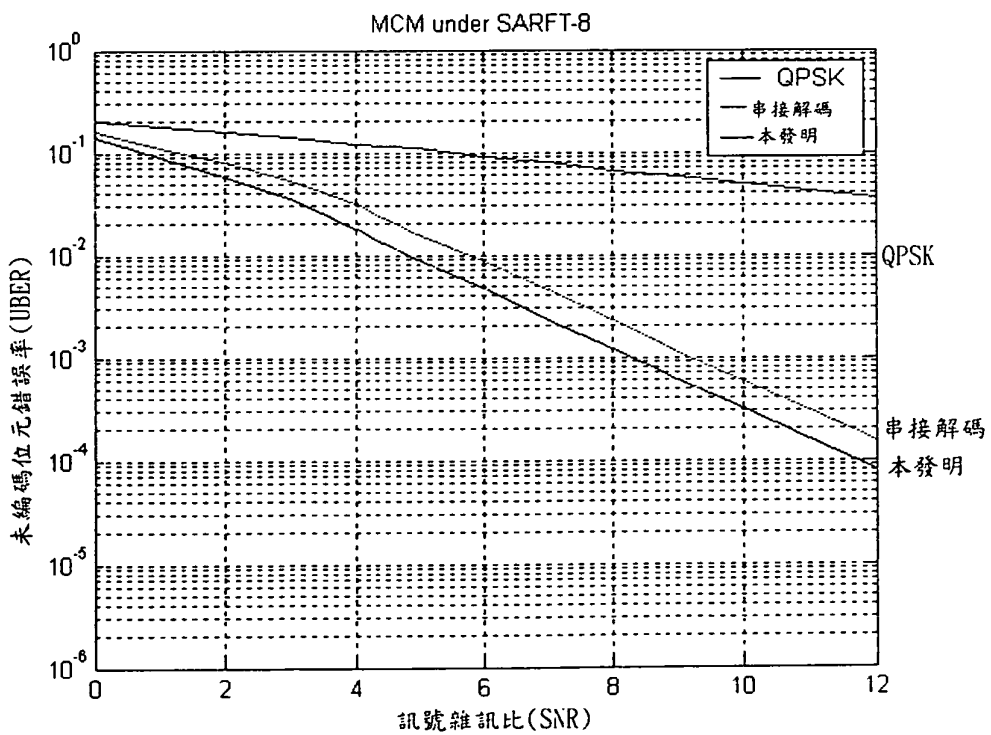


圖 8

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖(2)。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

軟輸入軟輸出解碼裝置300	來源位元產生器310
通道編碼器320	傳輸訊號映射器330
相關器340	對數似然比產生器350。
子對數似然比產生器351	
解多工器3511	第一最大值找尋裝置3512
第一暫存裝置3514	第二最大值找尋裝置3513
第二暫存裝置3515	減法器3516

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無