30p-D1-2

位相揺らぎを利用した安全な光通信のための最適変調法

Optimum Coding for Phase Fluctuation-Assisted Secure Optical Communications

日立中研　○戸丸 辰也

Hitachi, Central Research Laboratory,　°Tatsuya Tomaru

E-mail: tatsuya.tomaru.yq@hitachi.com

はじめに：位相揺らぎを利用した安全な光通信法は揺らぎの予測不能性を利用して通信の秘匿性を向上させる[1,2]。位相揺らぎは真性の位相揺らぎ $\delta\varphi_p$ と周波数揺らぎ $\delta\varphi_f = \int\delta\omega dt$ からなる[3]。理想的な揺らぎを追及する場合には量子揺らぎ（真性の位相揺らぎ）を拡大（アンチスクィズ）して利用する[4]。一方、送受信機の簡便さを優先する場合には LD を閾値近傍で発振させ、位相揺らぎ（周波数揺らぎが起源）を拡大させて利用する[5]。本発表では後者を考察する。

信号重畳法：位相変調方式は PSK (Phase-Shift Keying)と差動型の DPSK (Differential Phase-Shift Keying)に大別できる。PSK は受信時に参照光を利用する方式で受信機は図 1 (a)の構成になる。DPSK は参照光として 1 ビットずらせた自身を利用する方式で受信機は図 1 (b)の構成になる。周波数揺らぎを起源とする $\delta\varphi_f = \int\delta\omega dt$ を利用する場合には、揺らぎが時間経過により生じるものなので DPSK 方式を適用することになる。

不正受信者が取り得る情報：周波数揺らぎが十分に大きければ量子揺らぎは無視できる。この場合、信号光の位相 $\varphi_s(t)$は古典的な量として正確に決定できることになる（位相の原点は適当に定義）。但し、信号光をパルスで運用すれば、得られる位相は各パルスの位相 $\varphi_s(t+n\tau)$に限定される。一方、各パルスの位相は式(1)に見るように DPSK の受信結果から算出できる。従って、DPSK 信号に対しては如何なる受信法を用いても得られる情報量が DPSK 受信機の場合を超えることはない。

$$\varphi_s(t+n\tau) = \sum_{m=0}^{n-1}\left[\varphi_s(t+m\tau+\tau) - \varphi_s(t+m\tau)\right] + \varphi_s(t) \qquad (1)$$

結論：周波数揺らぎを利用する場合は DPSK 方式を採用することになる。信号光としてパルスを利用した場合に、量子揺らぎが無視できるならば不正受信者に対しても DPSK 受信機を想定すれば良い。

謝辞：本研究の一部は文部科学省 イノベーションシステム整備事業の支援により遂行された。

[1] 戸丸, 2012 年秋季応物学会 13aB1-5.

[2] T. Tomaru, JJAP **49**, 074401 (2010).

[3] T. Tomaru, JOSAB **28**, 1502 (2011).

[4] 戸丸, 2012 年春季応物学会 18aE3-3.

[5] 戸丸, 2011 年秋季応物学会 30aZR12.

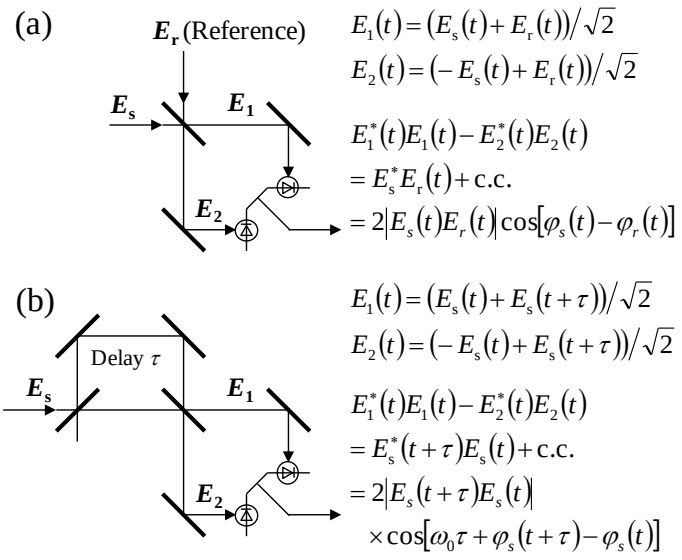

Fig. 1. (a) PSK receiver. (b) DPSK receiver.

© 2013 年　応用物理学会