

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.666

(07/2005)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质的特性 — 光部件和子系统的特性

PMD补偿器和PMD补偿接收机特性

ITU-T G.666建议书

ITU-T



国际电信联盟

ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
概述	G.600-G.609
对称电缆线对	G.610-G.619
陆上同轴电缆线对	G.620-G.629
海底电缆	G.630-G.649
光导纤维缆	G.650-G.659
光部件和子系统的特性	G.660-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

PMD补偿器和PMD补偿接收机特性

摘 要

本建议书包含提供极化模式色散（PMD）补偿的设备的参数和定义，在表现出高度PMD的系统中进行光信号的传输和检测需要这些设备，否则引起的系统损伤水平将会无法接受。本建议书描述了单信道和多信道线路PMD补偿器以及单信道和多信道PMD补偿接收机。在资料性附录中提供了测试的配置和实现选择。

来 源

ITU-T第15研究组（2005-2008）按照ITU-T A.8建议书规定的程序，于2005年7月14日批准了ITU-T G.666建议书。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构,负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简要而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其它一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其它机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联尚未收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能不是最新信息，因此大力提倡他们查询电信标准化局（TSB）的专利数据库。

© 国际电联 2005

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

	页
1 范围	1
2 参考文献	1
2.1 规范性参考文献	1
2.2 资料性参考文献	2
3 定义	2
4 缩写	2
5 参考配置	3
5.1 线路 PMDC	3
5.2 PMDC 接收机	4
6 PMDC 参数	4
附录 I — PMDC 参数的测量	8
I.1 PMDC 接收机参数的测量	8
I.2 线路 PMDC 参数的测量	10
附录 II — 单信道和多信道 PMDC 接收机的实现	10
II.1 单信道 PMDC 接收机的实现	10
II.2 多信道 PMDC 接收机的实现	11

PMD补偿器和PMD补偿接收机特性

1 范围

本建议书包含提供极化模式色散（PMD）补偿的设备的参数和定义，在表现出高度PMD的系统中进行光信号的传输和检测需要这些设备。所描述的PMD补偿设备包括了单信道和多信道应用。本建议书定义了一阶和高阶PMD补偿器（PMDC）的要求和关键参数，还包括了动态PMD特性。本建议书区分了线路PMDC和可能包含电和光形式PMD补偿的PMDC接收机。

2 参考文献

2.1 规范性参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参考文献最新版本的可能性。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

- ITU-T Recommendation G.650.2 (2005), *Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.652 (2005), *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.653 (2003), *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.654 (2004), *Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.655 (2003), *Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable.*
- ITU-T Recommendation G.656 (2004), *Characteristics of a fibre and cable with non-zero dispersion for wideband optical transport.*
- ITU-T Recommendation G.661 (1998), *Definition and test methods for the relevant generic parameters of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.662 (2005), *Generic characteristics of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.665 (2005), *Generic characteristics of Raman amplifiers and Raman amplified subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.671 (2005), *Transmission characteristics of optical components and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.694.1 (2002), *Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid.*

2.2 资料性参考文献

- ITU-T G-series Recommendations – Supplement 39 (2003), *Optical system design and engineering considerations*.

3 定义

本建议书规定下列术语：

3.1 first order DGD vector 一阶DGD向量：一阶DGD向量 $\vec{\Omega}(\omega)$ 定义为 $\vec{\Omega}(\omega) = \tau \vec{q}$ ，此处 τ 为差分群时延（DGD）， \vec{q} 为斯托克斯空间的极化向量主态，是一个单位向量。

3.2 DGD rate of change DGD变化速率：“DGD变化速率”定义为DGD对时间的导数，即 $\left| \frac{\partial \tau}{\partial t} \right|$ ，并以ps/ms为度量单位。

3.3 polarization rotation speed 极化旋转速度：“极化旋转速度”（PRS）斯托克斯向量 \vec{S} 瞬变的绝对值，即 $PRS = \left| \frac{\partial \vec{S}}{\partial t} \right|$ ，并以rad/ms为度量单位。

3.4 second order PMD 二阶PMD：二阶PMD（SOPMD）定义为 $SOPMD = \vec{\Omega}_\omega = \tau_\omega \vec{q} + \tau \vec{q}_\omega$ 。这是一阶DGD向量对光频率 ω 的导数。SOPMD由两项组成，即 $\tau_\omega \vec{q}$ 和 $\tau \vec{q}_\omega$ 。第一项 $\tau_\omega \vec{q}$ 代表极化相关色度色散项（PCD）， $\tau \vec{q}_\omega$ 是所谓的去极化项，它描述了PSP单位向量对应于频率的旋转（对信号的中心频率）。这些参量的对应幅度给出如下：SOPMD的幅度= $|\vec{\Omega}_\omega|$ ，去极化的幅度= $|\tau \vec{q}_\omega|$ ，PCD的幅度= $|\tau_\omega|$ 。

3.5 OSNR penalty due to DGD DGD造成的OSNR代价：为达到BER = 10^{-12} ，受DGD影响的光信号在接收机需要一个比未受到DGD影响（即DGD = 0）的光信号更大的OSNR，假设在两种情况下接收机输入功率相同。这个OSNR的差别就被称为DGD造成的OSNR代价。

3.6 PMDC receiver sensitivity PMDC接收机灵敏度：为达到指定的BER，在MPI-R点的平均接收功率值。这必须要满足采用最坏情况发射机时所有的输入极化状态，但不必满足除PMD以外的光通道劣化。

4 缩写

本建议书采用下列缩写：

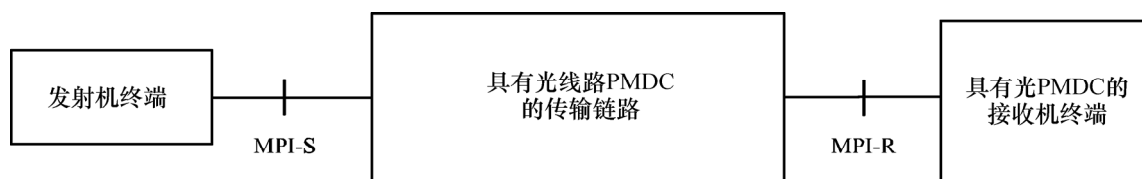
BER	误码率
DEMUX	去复用器
DGD	差分群时延
LPMDC	线路极化模式色散补偿器
M-LPMDC	多信道线路极化模式色散补偿器
M-PMDC-Rx	多信道极化模式色散补偿接收机
MPI	主通路接口

MUX	复用器
NRZ	不归零
OA	光放大器
O-E-O	光电光（变换）
OSNR	光信噪比
PCD	极化相关色度
PDL	极化相关损耗
PMD	极化模式色散
PMDC	极化模式色散补偿器
PMDC-Rx	极化模式色散补偿接收机
RZ	归零
S-LPMDC	单信道线路极化模式色散补偿器
S-PMDC-Rx	单信道极化模式色散补偿接收机
SOPMD	二阶PMD
WDM	波分复用

5 参考配置

PMDC的目的是用来在光传输系统中减少PMD引入的信号劣化。因此，必须要考虑PMDC特性与整个传输系统的协调，至少也应部分地考虑。

图5-1中显示了具有PMDC的传输系统的一般配置。它由一个发射机终端、一个接收机终端和它们之间具有可选线路PMDC的传输链路构成。单信道系统包括单信道发射机和接收机终端，而多信道系统中则使用多信道发射机和接收。接收机终端也可包括可选的PMDC功能，在这种情况下它被称为“PMDC接收机”。在以下各节中，将光线路PMDC（LPMDC）和PMDC接收机区分开。对PMDC和PMDC接收机应用了黑盒子表达方式。监视和控制（如果存在）都包括在黑盒子中。



G.666_F5-1

图 5-1/G.666—具有PMDC的传输系统的一般配置

5.1 线路PMDC

线路PMDC具有光输入和光输出端口，并且在线路PMDC中不进行O-E-O变换。单信道线路PMDC（S-LPMDC）可以处理单信道光信号，而多信道线路PMDC（M-LPMDC）是为一个多信道光信号而构建的。两种类型的图解分别示于图5-2和5-3中。



图 5-2/G.666—单信道线路PMDC (S-LPMDC) 的参考配置



图 5-3/G.666—多信道线路PMDC (M-LPMDC) 的参考配置

5.2 PMDC接收机

对于PMDc接收机 (PMDc-Rx)，PMDc功能内嵌在接收机终端之中。对如何实现PMDc接收机有很多种选择。单信道PMDc接收机有别于多信道接收机。

显示了单信道PMDc接收机 (S-PMDc-Rx) 的图解示于图5-4中。单信道光信号从参考点MPI-R进入接收机终端。在这里实现PMDc功能，然后进行信号检测。在附录II中可以找到单信道PMDc接收机的实现细节 (例如，光对电)。



图 5-4/G.666—单信道PMDc接收机的参考配置

多信道PMDc接收机的图解示于图5-5中。多信道光信号从参考点MPI-R进入接收机终端。在这里，信号或者在进入去复用器 (DEMUX) 和每个光信号的接收机Rx之前通过一个PMDc，或者在所有接收机都是PMDc Rx时直接通过去复用器。在II.2节中可以找到进一步的实现细节。

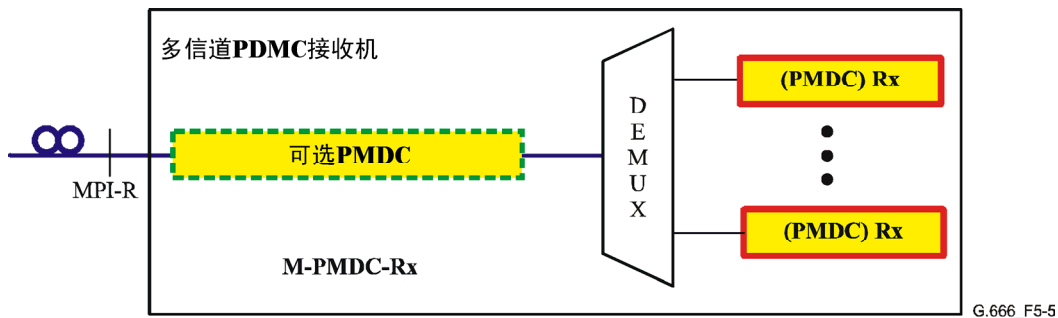


图 5-5/G.666—多信道PMDc接收机 (M-PMDc-Rx) 的参考配置

6 PMDC参数

在本节中介绍了PMDc的参数。有些参数可以应用于所有类型的PMDc，并归纳于表6-1。在下面的表6-2到6-5中，可以看到另外的适用于个别类型PMDc的参数。

表 6-1/G.666—适用于所有类型PMDC的通用参数

参 数	参考点	单位	举例（仅用于显示特殊应用）
光纤类型			
线路光纤类型	MPI-S → R _S 或 MPI-S → R _M 或 MPI-S → MPI-R	-	G.652.D、G.653、G.654、G.655、 G.656
与光功率相关的参数			
最小总输入功率	R _S 或 R _M 或 MPI-R	dBm	
最大总输入功率	R _S 或 R _M 或 MPI-R	dBm	
输入端口的最大反射系数	R _S 或 R _M 或 MPI-R	dB	
输入端口的极化相关反射系数	R _S 或 R _M 或 MPI-R	dB	
光信号特性			
最小比特率	R _S 或 R _M 或 MPI-R	Gbit/s	
最大比特率	R _S 或 R _M 或 MPI-R	Gbit/s	
调制形式（或“信号形式”）	R _S 或 R _M 或 MPI-R	-	“任何方式”、“仅 NRZ”、 “NRZ 和 RZ”
前方光通道的极化无关参数			
最小累积色度色散	MPI-S → R _S 或 MPI-S → R _M 或 MPI-S → MPI-R	ps/nm	
最大累积色度色散	MPI-S → R _S 或 MPI-S → R _M 或 MPI-S → MPI-R	ps/nm	
输入端口的极化参数			
最大平均输入 DGD	R _S 或 R _M 或 MPI-R	ps	
最大瞬时输入 DGD	R _S 或 R _M 或 MPI-R	ps	
最大极化旋转速度	R _S 或 R _M 或 MPI-R	rad/ms	
最大 DGD 改变速率	R _S 或 R _M 或 MPI-R	ps/ms	
最大 PCD 幅度	R _S 或 R _M 或 MPI-R	ps ²	
最大去极化幅度	R _S 或 R _M 或 MPI-R	ps ²	

表 6-2/G.666—应用于单信道线路PMDC (S-LPMDC) 的参数

参 数	参考点	单位	举例 (仅用于显示特殊应用)
一般单信道光参数			
标称中心光频率	R _S	THz	
最大中心频率偏差	R _S	GHz	
与光功率相关的参数			
最小插入损耗 (包括可选 OA 单元)	R _S → S _S	dB	
最大插入损耗 (包括可选 OA 单元)	R _S → S _S	dB	
最大插入损耗偏差	R _S → S _S	dB	
噪声系数 (如果采用 OA 单元)	R _S → S _S	dB	
极化相关损耗 (PDL)	R _S → S _S	dB	
与输出端口相关的极化参数 (注 1)			
最大平均输出 DGD (注 2)	S _S	ps	
最大瞬时输出 DGD (注 2)	S _S	ps	
最大 SOPMD 幅度 (注 2)	S _S	ps ²	
注 1 — 为了保证线路 PMDC 和光接收机之间的横向兼容性, 可能会要求另外的参数。			
注 2 — 对在表 6-1 中输入端口极化参数一节中给出的限度内的输入 PMD 值, 必须满足这些参数。			

表 6-3/G.666—应用于多信道线路PMDC (M-LPMDC) 的参数

参 数	参考点	单位	举例 (仅用于显示特殊应用)
一般多信道光参数			
最大信道数量	R _M	—	
标称信道中心频率	R _M	THz	191.9 + 0.2 m, m = 0 to 19
信道间隔	R _M	GHz	200
最大中心频率偏差	R _M	GHz	
与光功率相关的参数			
最小信道输入功率	R _M	dBm	
最大信道输入功率	R _M	dBm	
最小信道插入损耗 (包括可选 OA 单元)	R _M → S _M	dB	
最大信道插入损耗 (包括可选 OA 单元)	R _M → S _M	dB	
最大信道插入损耗偏差	R _M → S _M	dB	
噪声系数 (如果采用 OA 单元)	R _M → S _M	dB	
极化相关衰耗 (PDL)	R _M → S _M	dB	

表 6-3/G.666—应用于多信道线路PMDC (M-LPMDC) 的参数

参 数	参考点	单位	举例 (仅用于显示特殊应用)
与输出端口相关的应用于每个信道的极化参数 (注 1)			
最大平均输出 DGD (注 2)	S_M	ps	
最大瞬时输出 DGD (注 2)	S_M	ps	
最大 SOPMD 幅度 (注 2)	S_M	ps ²	
注 1 — 为了保证线路 PMDC 和光接收机之间的横向兼容性, 可能会要求另外的参数。			
注 2 — 对在表 6-1 中输入端口极化参数一节中给出的限度内的输入 PMD, 必须满足这些参数。			

表 6-4/G.666—应用于单信道PMDC接收机 (S-PMDC-Rx) 的参数

参 数	单位	举例 (仅用于显示特殊应用)
一般单信道光参数		
标称中心光频率	THz	
最大中心频率偏差	GHz	
单信道传输系统参数		
由于 DGD 引起的最大 OSNR 代价	dB	
最小 PMDC 接收机灵敏度	dBm	

表 6-5/G.666—应用于多信道PMDC接收机 (M-PMDC-Rx) 的参数

参 数	单位	举例 (仅用于显示特殊应用)
一般多信道光参数		
最大信道数量	—	
标称信道中心频率	THz	191.9 + 0.2 m, m = 0 至 19
信道间隔	GHz	200
最大中心频率偏差	GHz	
与光功率相关的参数		
最小信道输入功率	dBm	
最大信道输入功率	dBm	
应用于每个信道的多信道传输系统参数		
由于 DGD 引起的最大 OSNR 代价	dB	
最小 PMDC 接收机灵敏度	dBm	

附录 I

PMDC参数的测量

本附录包括了测量PMDC参数的方法。测试配置应包括具有PMD调节能力的传输链路（因而包括传输光纤和PMD模拟器），接跟随其后的是PMDC和测量PMD特性的测试仪表。

有两种不同类别的PMDC，即PMDC接收机和线路PMDC。PMDC接收机包括S-PMDC-Rx和M-PMDC-Rx。线路PMDC包括S-LPMDC和M-LPMDC。下面显示了一种测量PMDC参数的一般途径。

I.1 PMDC接收机参数的测量

图I.1中显示了测量PMDC接收机参数的一般测量配置。出于简化的原因，假设为单信道发射机和接收机终端。单信道光信号通过包含一个可调PMD模拟器和一个光噪声源的传输链路。另外的光器件（未显示于此）被用来保证PMDC接收机之前的参考点MPI-R处的恒定输入光功率。

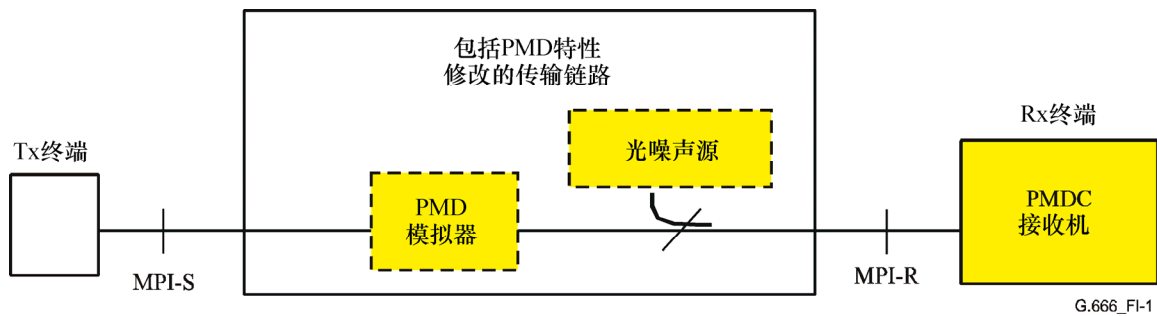


图 I.1/G.666—用于测量PMDC接收机参数的一般配置

为了测量与DGD相关的OSNR代价，将一个一阶PMD模拟器调整到在DGD的 $0 \leq \tau \leq \tau_{\max}$ 区间内的DGD值。此处， τ 表示差分群时延（DGD）， τ_{\max} 是要求接收机应能容忍的一阶PMD极限。

对应于OSNR测量BER（同时保持在MPI-R点的输入光功率 P_{in} 恒定）。 $\tau > 0$ 时的BER曲线相对于零DGD（即 $\tau = 0$ ）的BER曲线可能会有位移。图I.2给出了这个特性的示意图。PMD在DGD τ 和零DGD（ $\tau = 0$ ）的极化状态之间BER = 10^{-12} 时引入的代价表示为 $\Delta(\tau)$ 。

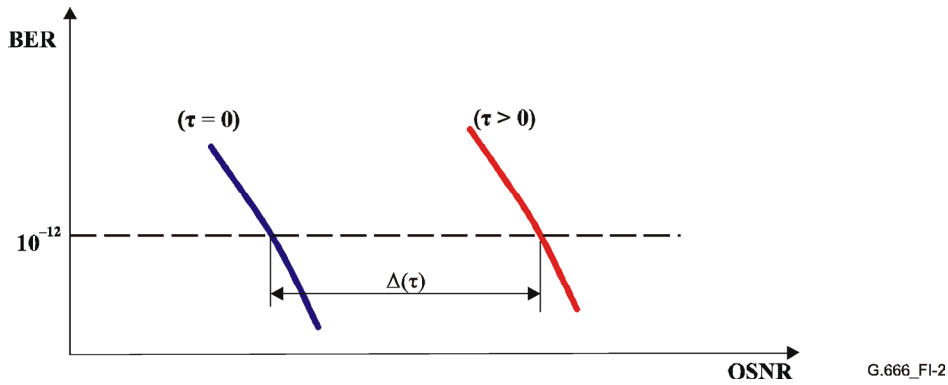


图 I.2/G.666—零DGD和非零DGD τ 情况下BER与OSNR对应关系的示意图

图I.1中显示的测量装置也可用于测量相对于DGD和SOPMD的OSNR代价。在这种情况下，采用了二阶PMD模拟器。这个PMD模拟器可以被调整到DGD区间 $0 \leq \tau \leq \tau_{\max}$ 和SOPMD区间 $0 \leq \Omega' \leq \Omega'_{\max}$ 的任意一对 (τ, Ω') 数值。此处， τ 表示差分群时延（DGD）， $\Omega' = |\bar{\Omega}'_{\omega}|$ 表示SOPMD的量， $\bar{\Omega}'_{\omega}$ 是一阶DGD向量 $\bar{\Omega}(\omega)$ 的导数， τ_{\max} 和 Ω'_{\max} 是要求接收机可容忍的一阶和二阶PMD极限值。

应用同样的原理如图I.2中所示。但是，BER曲线是作为两个PMD参数的函数来测量的，即DGD和SOPMD。图I.3示出了这个特性的示意图。

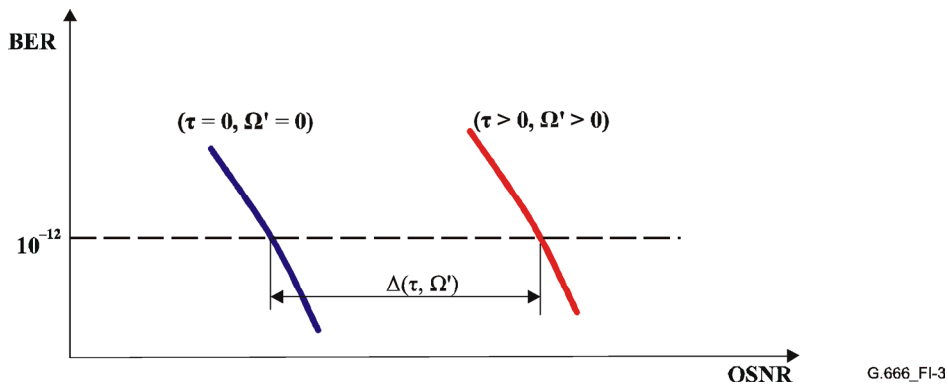


图 I.3/G.666—零DGD和非零DGD τ 和SOPMD Ω' 情况下BER与OSNR对应关系的示意图

出于以下原因，在参考点MPI-R对应于OSNR（而不是对应于输入光功率）测量BER：通常在非常高数据速率（10 Gbit/s及以上）和长距离透明光链路的情况下PMD将成为问题。换句话说，PMD通常在（根据定义）包括光放大器（OA）的多跨段传输系统中会成为问题。由于OA噪声的累积，OSNR成为这种多跨段系统的基本限制。系统能够容忍的最小OSNR是在不存在任何PMD引入的失真和由于DGD和SOPMD造成的附加代价 $\Delta(\tau, \Omega')$ 时的最小OSNR。以dB为单位的附加代价 $\Delta(\tau, \Omega')$ 表示为存在PMD时为了保持要求的BER值OSNR必须改善的量。

I.2 线路PMDC参数的测量

图I.4中显示了测量线路PMDC参数的一般测试配置图。

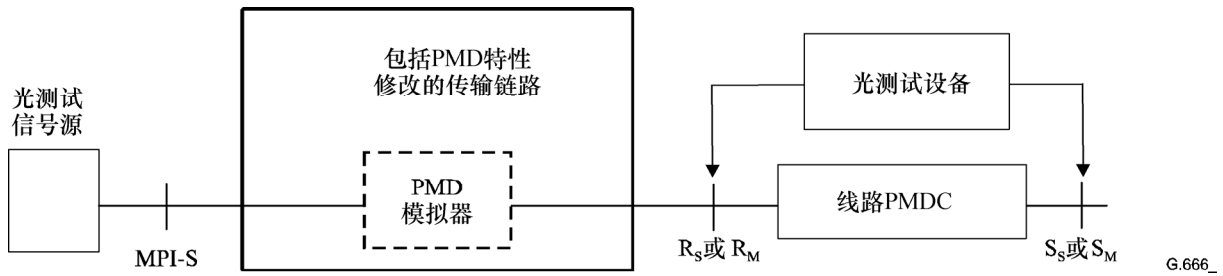


图 I.4/G.666—测量线路PMDC参数的一般配置

对于线路PMDC的情况，在线路PMDC的输入和输出端口只测量光参数而不测量BER。

附录 II

单信道和多信道PMDC接收机的实现

II.1 单信道PMDC接收机的实现

可以采用不同的实施方案来实现单信道PMDC接收机（一般如图5-4中所示）。一个选择是如图II.1中所给出的单信道线路PMDC（S-LPMDC）加上传统接收机。参考点MPI-R后面的光信号在进入接收机之前通过一个光PMDC。图II.1中用虚线画出的可选反馈环，使PMDC工作于最佳环境。

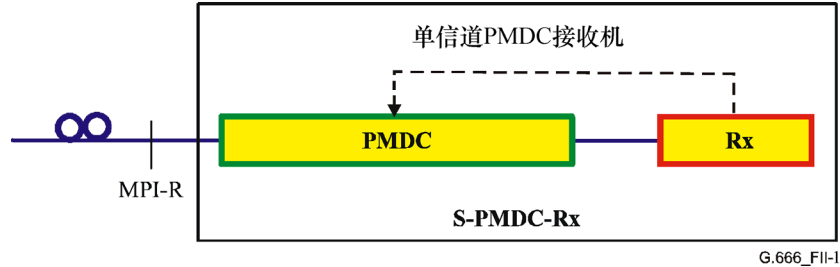


图 II.1/G.666—单信道PMDC接收机（S-PMDC-Rx）实现选择A

另一个实现方式是采用包括电PMDC的接收机，如图II.2所示。没有另外的光设备用于PMDC补偿的目的。作为替代，PMDC功能是在接收机内通过电的方法实现的。



图 II.2/G.666—单信道PMDC接收机 (S-PMDC-Rx) 实现选择B

也可能采用上面两个实现方法的组合，如图II.3所示。

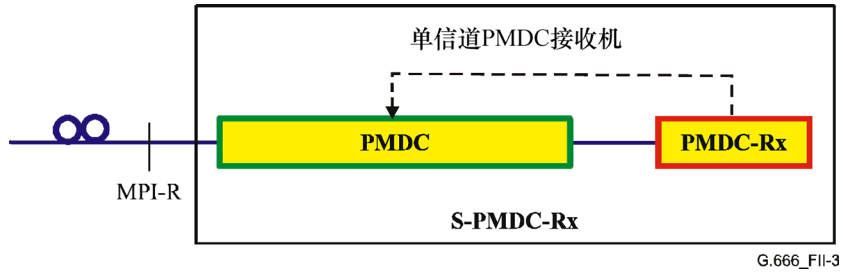


图 II.3/G.666—单信道PMDC接收机 (S-PMDC-Rx) 实现选择C

II.2 多信道PMDC接收机的实现

类似于第II.1节，有三种实现多信道PMDC接收机的方式选择。将它们显示在图II.4-II.6中。选择A包括在具有传统接收机的解复用器前面的光PMDC。选择B只采用PMDC接收机。选择C采用去复用器和PMDC接收机前的光PMDC的组合。

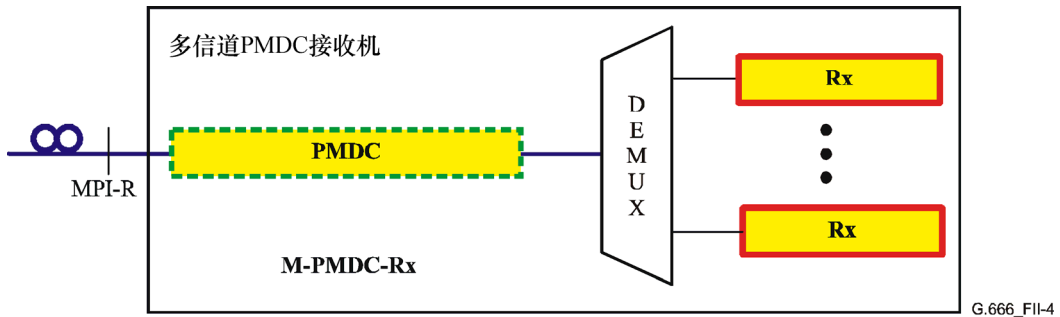


图 II.4/G.666—多信道PMDC接收机 (M-PMDC-Rx) 实现选择A

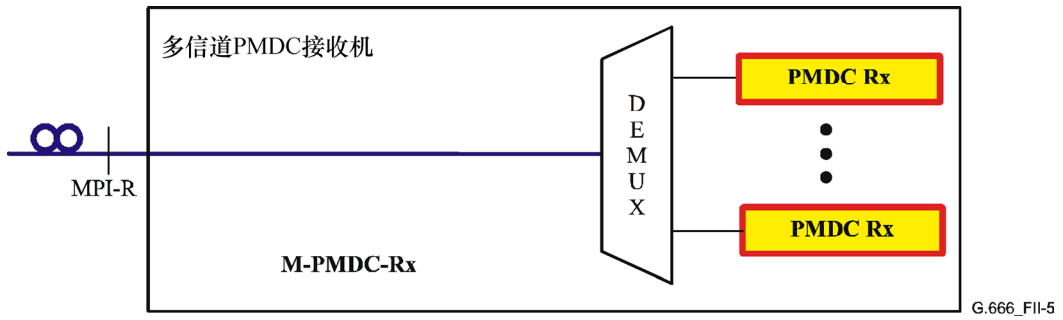


图 II.5/G.666—多信道PMDC接收机 (M-PMDC-Rx) 实现选择B

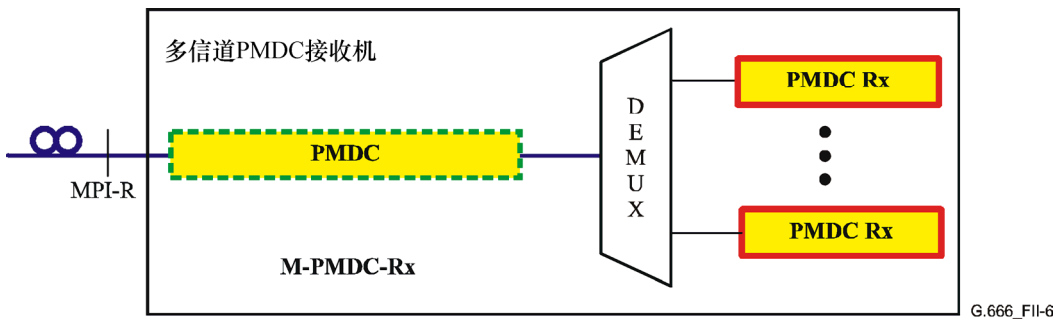


图 II.6/G.666—多信道PMDC接收机 (M-PMDC-Rx) 实现选择C

ITU-T系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听和多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	线缆的构成、安装和保护及外部设备的其他组件
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备技术规程
P系列	电话传输质量、电话装置、本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网和开放系统通信及安全
Y系列	全球信息基础设施、互联网的协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题