

# 有线电视 HFC 网双向改造的难点及解决方案探讨

摘要：有线电视双向化改造已成为未来数字电视业务发展的必经之路，但在如何改造、采取哪种技术、怎样滚动投资建设等方面还没有很多可借鉴的经验。本文通过双向改造技术的比较，指出目前大多数运营商面临的困惑，得出综合考虑各种因素，FTTN+Cable 方式将是目前最符合中国有线电视网现状的双向改造解决方案：既可满足未来业务发展，又能够兼顾短期投入产出和长期建设需求之间的平衡，将能够为广电运营商提供一种完整覆盖、快速建设、滚动投资的最佳建设方案。

关键词：HFC 双向改造 双向化 双向改造技术

## 1 现状概述

中国的有线电视经过二十多年的发展，现在已经形成了巨大的规模，全国有线模拟电视用户达到 1.3 亿户堪称世界第一。随着数字电视发展时代的到来，欧美日韩等发达国家和地区已经启动了数字电视的实施计划，在 2002 年我国也启动了数字电视发展战略，国家广电总局已制定了我国数字电视的实施计划和试点城市，有线数字电视整体转换成为电视数字化的首要任务和目标，数字化和信息化技术引发了电视传输技术和方式的革命，有线电视数字化使广播电视向双向交互电视的演进成为可能，有线电视网络的双向化更是提供了全面提供电视、数据和语音等综合业务发展的新机会，实现有线电视网络的价值充分提升。在我国有线电视数字化进程中，2004 年 10 月杭州数字电视首创以双向网络为基础的广播交互电视业务的成功运营，引领了数字电视走入交互电视的新阶段。

发展交互电视的基础是有线电视网络具有双向数据传输能力，但是我国大部分城市的有线电视网络是单向广播网，上海、深圳等经济发达城市的部分网络采用 CMTS 构建了双向 HFC 网，杭州等城市采用 LAN 接入方式构建了市区的双向宽带数据网，总体上看有线电视网络完成双向化改造的规模非常小，面对有线电视数字化和双向化的发展趋势，亟待解决的问题是全网覆盖的有线电视双向化改造解决方案。

有线电视双向改造传统的方式是采用 DOCSIS 技术的 CMTS 系统的双向 HFC 网络，以美国有线电视运营商在全美成功应用，但由于 CMTS 技术对 HFC 网的线路改造成本较高、运维成本高、不适应中国密集用户的城市住宅小区，在中国没有被有线电视运营商普遍采用推广。FTTB+LAN 宽带接入方式采用了双网异构方法解决有线电视双向改造同时提供了宽带数据的接入能力，但 FTTB（光纤到楼）的施工周期、工程成本、五类线入户对运营商而言都是相当大的问题。面对全国有线电视网普遍双向改造的需求，一种基于 OFDM&QAM 调制/解调技术

的 BIOC (Broadcasting and Interactivity over Cable) 技术的同轴电缆双向传输产品有效地解决了有线电视双向改造的难题, 融合了有线电视网传输和宽带以太网的优点, 以低成本、高性能、集成化的理念提供灵活、快捷的工程实施方案, 全面解决基于有线电视 HFC 广播网双向改造。

综上所述, 有线电视双向化技术起始于 DOCSIS 提出的双向 HFC 来计算已经发展了十年之久, 并不能完全满足有线电视网络综合业务的需求, LAN 接入技术和 BIOC 技术提供了新的解决方案, 因此有线电视双向全网覆盖的设计需要根据投资、性能、业务、工程、维护等若干方面去考虑进行比较, 本文重点分析比较几种主要的双向改造的技术特点, 讨论运营商在双向改造遇到的困难以及解决原则, 最终通过某城市 10 万用户双向设计实例分析供大家参考。

## 2 双向改造技术

### 2.1 双向 HFC 网的 Cable Modem 接入

Cable Modem 接入网方案是基于双向 HFC 网的数据传输系统, 系统包括前端设备 CMTS 和终端设备 Cable Modem (CM), 采用 DOCSIS1.0/2.0 技术标准, 利用有线电视网下行频段和上行频段分别提供数据回传和下载通道, 下行通道的频率范围为 88~860MHz, 每个通道按频道带宽 8MHz 设定, 采用 64QAM 或 256QAM 调制方式, 下行数据传输速率最大为 40Mbps。上行通道的频率范围为 5~65MHz, 每个通道的带宽可为 200、400、800、1600、3200kHz, 采用 QPSK 或 16QAM 调制方式, 对应的数据传输速率为 5Mbps 或 10Mbps。

Cable Modem 在组网方式上, 很适合于原先的有线电视网络, 光节点以下采用树型总线结构。CMTS 输出端的 CABLE 电缆通过分配器和分支器输入到用户家庭的 Cable Modem 的 RF 输入端, 完成视频与数据的接入。

CABLE MODEM 在实际应用中的组网架构如下图:

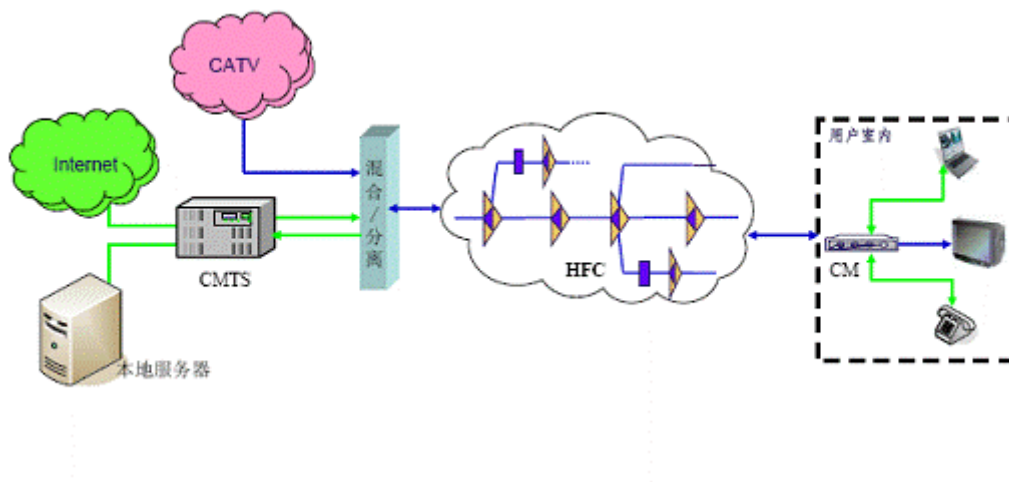


图 2-1 CABLE MODEM 组网架构示意图

基于 Cable Modem 的双向有线电视网络具有的优势是充分利用了 HFC 网络已有的接入网资源，对入户线路没有安装工程，但这种方案存在着一定的限制，主要的问题在线路双向改造成本较高、带宽共享不能满足多用户高带宽的应用、不易扩容升级、低频端的回传噪声积累不可避免。

\* 线路的改造成本较高

现有的用于 CATV 的 HFC 网络是单向传输网络，而数据传输系统是双向的，这就需要对现有的网络进行改造，在线路上增加反向传输模块，将原有链路中的单向放大器改为双向放大器，因此，在线路上要有一定的改造成本。

\* 带宽瓶颈的限制

CABLE MODEM 所组成的 HFC 宽带接入系统的拓扑结构是分层的树状总线结构，其终端用户将共享连接段线路的带宽，CMTS 下联的 CABLE 总线越多，用户数越多。按照一个光节点覆盖 500 用户计算，若按实际并发用户 20% 计算，用户平均使用带宽为  $40\text{Mbps}/500/0.2=400\text{Kbps}$ 。事实上，在实际应用中，由于用户的增多，线路上插入损耗增加，CMTS 达不到理论上的 40Mbps 的速度。在平均速率 300Kbps 的速率下，用户用 CABLE MODEM 接入 Internet 仅适用于浏览网页，诸如高速下载、流媒体以及视频通信等一般需要持续速率达到 300~700Kbps 以上的应用，就不能满足应用需求了。

\* 扩容升级成本高

为提升用户带宽，使视频通信等新业务不会因为速率的限制无法开展，缩小光节点是 CABLE MODEM 在现阶段唯一可行的办法。

我们以下行速率达到 1Mbps 为设计带宽，理论上，一路 CMTS 输出可以支持 40 个并发用户，按照实际并发用户为 20%，则光点覆盖用户数要控制在 200 户，即光点的数量提高 2.5 倍，CMTS 设备投资要增加 2 倍以上。面对宽带应用的用户需要更高的速率，用户增长同时造成并发用户的增加，当网络向 FTTB 过渡，CMTS 采用继续升级系统扩容业务是不现实的，因此 CMTS 系统实际进一步扩容的能力有限。

由此可见，CABLE MODEM 接入方式可以解决 HFC 双向数据传输的问题，但性价比不占优势，尤其业务一旦开展，后续的扩容需要很大的投资。

## 2.2、基于 IP 的 LAN 接入

有线电视网络双向改造另一种方案是利用现有的光纤资源和拓扑构建独立的双向网络，采用以太网数据交换方式光纤延伸到楼幢，形成了 HFC 网络和 LAN 接入组合的城域网同时支持广播和交互业务。

LAN 接入网一般采用光缆+五类线的方式对社区进行综合布线，即 FTTB+LAN 的网络架构，采用了光纤到楼、五类线入户。每一个楼幢用户通过集线器/交换机组以太网接入层，然后通过光纤上联汇聚节点，汇聚节点光纤上联骨干层，归纳起来，基于 IP 的 LAN 方式的宽带接入一般是千兆光纤到小区、百兆光纤到楼、10/100M 五类线到户的模式。

基于 LAN 接入的双向组网方案是充分利用了 HFC 网络骨干光纤和管路资源，并把数据网络光纤延伸到楼幢，在是双线（同轴电缆和五类双绞线）入户的组合网络，全网是 HFC 和以太网叠加的城域网，双向组网示意图如图 2-2 所示。这种双向网络改造较好地综合 HFC 单向网和以太网的优势，并对未来的业务发展提供非常良好的环境

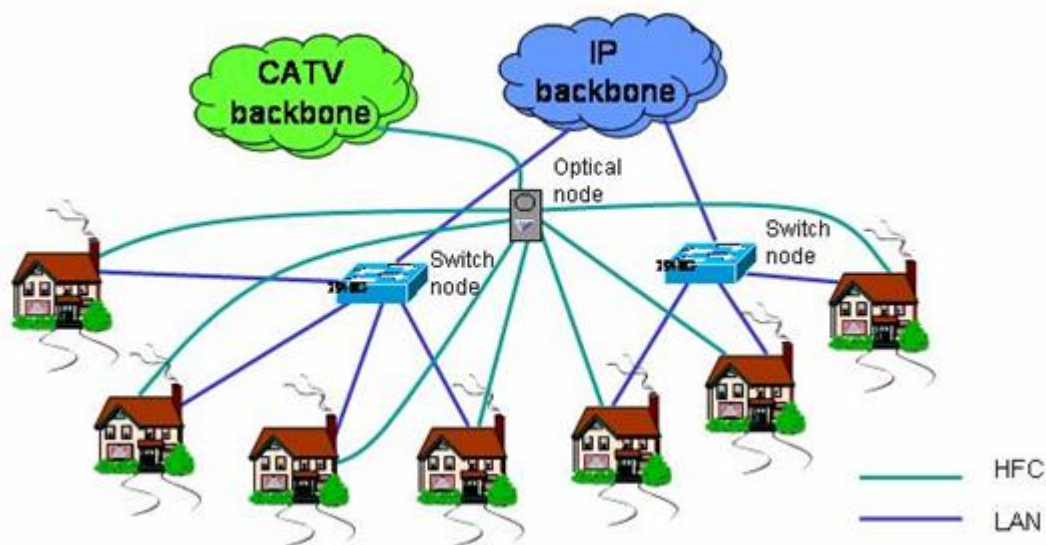


图 2-2 基于 IP 的 LAN 接入方式在有线电视网络应用组网

在图 2-2 中可以清楚地看到在 FTTB+LAN 接入方式下，CATV 网络独立于 LAN 网络之外。CATV 视频信号与 IP 数据信号在两张不同的网络内传输，分别完成视频与数据功能的接入。这是具有创新的方案，发挥了 HFC 网络和 IP 宽带网的优势，为应用以及扩展提供了良好的基础，通过探索获得了扩展性很强的有线电视双向网络。

基于 IP 的 LAN 接入是目前用户接入带宽最高的方式，特点在于技术和设备相对成熟，用户侧不需要有附加设备接入而直接通过网线连接设备的网络端口，10/100M 端口速率升级主要是扩充汇聚层的带宽，网络升级扩容容易，可操作性强。适应业务的需要，未来网络十分容易演进到 FTTH 全光纤网络。

### 2.3、同轴电缆混合双向接入

同轴电缆混合接入双向技术结合了 FTTx 和 OFDM&QAM 调制/解调技术，采用 PON(Passive Optical Network) 将交互数据通道延伸到用户分配网络处，并且仍保留原来用户分配网络中同轴电缆的入户方式，经局端设备调制后的数据信号占用 860MHz 以上的高频频段，与现有 860MHz 以下的有线电视广播信号混合后接入到同轴电缆中，在用户端再将数据信号和有线电视信号相分离，传输给相应的接收终端，双向对称最大数据传输速率达到 100Mbps。

根据信号的混合点位置不同，主要有以下三种情况：

#### (1) FTTN+Cable

FTTN+CABLE 方式如图 2-3 所示，数据网光节点与有线电视网的光节点重合，光纤到节点 (Fiber To The Node) 并通过同轴电缆提供双向数据网入户。在光节点有线电视光接收机输出端插入易线宽局端设备 CP-N2000，将数据信号混入有线电视光接收机输出覆盖的电缆分配网，实现光节点以下用户的宽带接入全覆盖。接入用户通过终端设备 CP-T2000 分离有线电视信号和数据信号，完成双向网改造。对于有放大器的有源分配网，要在放大器跨接中继设备 CP-R2000 解决数据信号中继和双向传输。

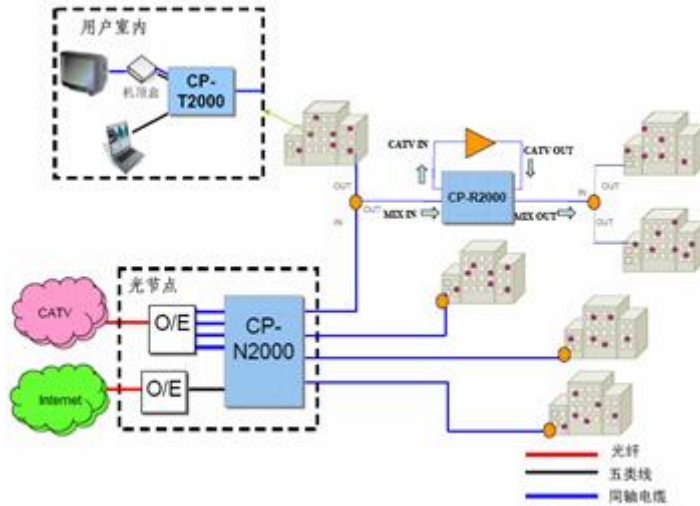


图 2-3 FTTN+CABLE 方式

### (2) FTT+ Cable

FTTP+CABLE 方式如图 2-4 所示，数据光纤分布到干路放大器后面，光纤到杆 (Fiber To The Post) 并通过同轴电缆提供双向数据网入户。在干线放大器的输出端插入 CP-N2000 系列局端设备，即可实现干线放大器以下用户的宽带接入全覆盖，接入用户通过终端设备 CP-T2000 分离有线电视信号和数据信号，完成双向网改造。

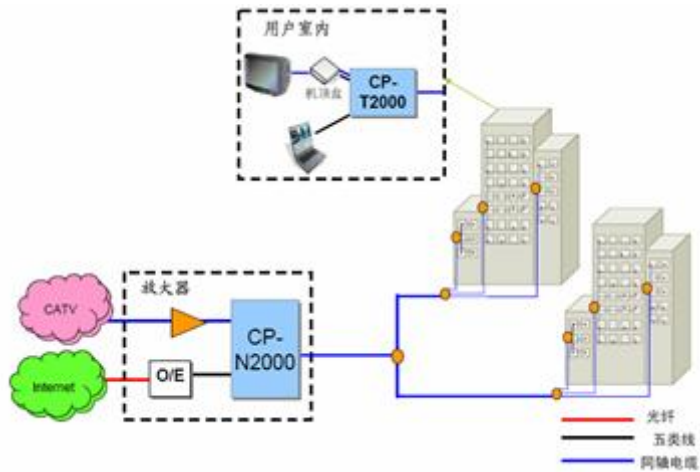


图 2-4 FTTP+CABLE 方式

### (3) FTTB+Cable

FTTB+CABLE 方式如图 2-5 所示，数据光节点布设到楼栋，光纤到楼 (Fiber To The Building) 并通过同轴电缆提供双向数据网入户。由于宽带接入设备设在楼幢，覆盖用户数进一步减少可以满足用户更高的宽带需求。

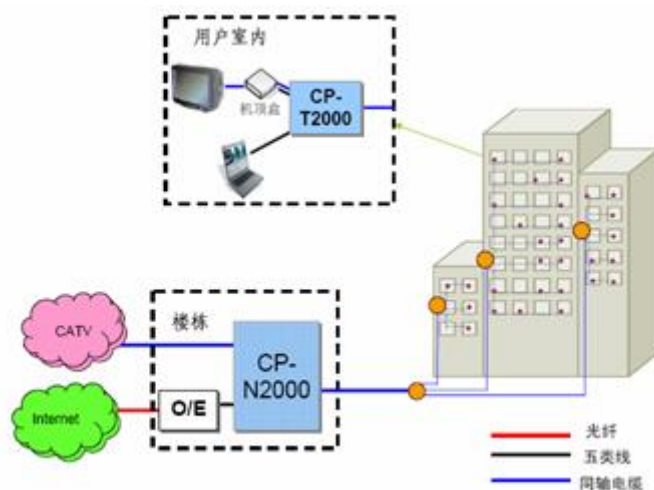


图 2-5 FTTC+CATV 方式

综上所述，FTTx+Cable 采用数据信号与电视信号在同轴电缆混合同缆传输，双向改造不需要新增线路，并提供双向对称 100Mbps 数据传输带宽满足综合业务和宽带应用需要。随着“光进铜退”日益成为趋势发展，大量的交互业务对带宽需求的增加，IP 数据网接入光点向用户推进到 FTTC/FTTH (Fiber To The Building/Home)，进一步提升接入带宽，同轴电缆混合双向接入技术仍然适应各地 HFC 网络改造的进度，由于产品安装方便，调整网络也很容易，未来网络十分容易演进到 FTTH 全光纤网络。

### 3、双向改造方式选择

有线电视运营商在双向化改造上由于原有网络基础的不同、应用需求的不同、技术设备的不同以及投资回报预期的不同面临着技术选择的困惑，一方面有线电视双向化的目标明确，但怎样实施在技术、资金和业务是否相互匹配缺乏判断的经验，本节就这方面的问题进行探讨，以供借鉴。

#### 3.1、网络拓扑的多样性

HFC 由光纤干线和同轴电缆分配网通过光节点结合而成。一般光纤干线采用星形拓扑，同轴电缆分配网则具有树形结构，这种结构已广泛用于广播电视信号的分配，称为光纤到节点 (FTTN) 模型。目前设计光节点以下同轴电缆网覆盖范围的典型值为 500 户，同轴电缆分配网采用无源、一级或二级线路放大器补偿线路衰减。由于用户住宅楼幢分布的不同，同轴电缆分配网拓扑可能存在不同的结构，如农村与城市的不同、高层住宅楼与排屋、别墅的差别以及不同时期建设的网络也不尽相同，形成各地有线电视网络结构的多样化。归纳起来可以分为树枝型结构、星型结构、星-树型结构和环型结构。

#### 3.2 、技术的多样性

目前市场上有多种基于同轴的数据通信设备，从原理来看，这些技术都用同轴电缆作为传输介质，与有线电视信号共缆传输。从使用的频率上看，有用低频段的，也有用高频段的。从信号分类来看，有直接用基带的，也有用调制的，而调制的，还有单载波和多载波之分。

市场上比较常见的产品技术如下表所示：

产品技术	传输方式	工作频率	可用带宽	网络适应性	综合评价
CMTS	QAM/QPSK	上行5-65MHz 下行88-860MHz	下行38Mbps 上行10Mbps	需要双向改造	产品成熟，但成本偏高
基带	基带 CSMA/CD	0-42Mhz	10Mbps	需要更换分支分配器	入户困难，成本较低
易线宽 BIOC	OFDM/QAM/QPSK	1000MHz	100Mbps	适应现有网络（支持1GHz）	性价比高，可与CMTS共存
UC-LINK	BPSK/QPSK/QAM	800-1000Mhz	10Mbps	支持用户数少	支持用户数少
E 视通	QPSK/QAM	上行5-36Mhz 下行40-80Mhz	下行48Mbps 上行10Mbps	没有通过放大器的产品	扩展能力不强
LAN 接入	TCP/IP	不占有有线电视频率	100/1000Mbps	独立组网，五类线入户	双网结构支持所有宽带应用

对于 CMTS 来说，成本相对来说是偏高的，这是它难以大规模应用的重要原因之一，另一方面，如果需要增加带宽，就需要等 DOCSIS3.0 产品，而 DOCSIS3.0 也同样需要面对高成本的问题。采用基带方式成本是比较低的，但是入户的困难是显而易见的，因为它无法通过任何普通的分配器。UC-LINK 成本相对来说，不算很低，而可用带宽只有 10Mbps，这对于开展宽带业务的新运营商，实在很有限。相比之下，易线宽产品是个不错的选择，终端成本与 CM 相当略高于基带调制的产品，对于一些多级放大的网络结构，成本会有所增加，但其扩展性比较好，具有较高的性价比，并与业务相匹配，综合成本、性能、灵活、便捷等方面是目前适合的技术。

### 3.3、需求的不确定性

有线电视运营商由原来传统广播电视业务向交互电视和信息业务转型，新业务的发展还需要相应的资源准备、业务准备、市场开发和业务发展过程，每种业务对网络带宽需求不同，因此网络承载能力与业务相匹配十分重要，既要满足业务发展的需求又要控制网络建设投资成本做到网络可以随着业务需求可持续增长，而不是每种业务都要进行大的网络投资来实现。

事实上，业务的总体发展趋势是明确的，对于有线电视运营商是要明确考虑未来业务承载需要的基础上，规划网络的建设实施计划，并考虑技术的延续性和可扩容性，从业务对带



宽的需求分析来确定网络发展的技术路线。

### **3.4、业务与投资回报**

从业务与投资回报的角度分析，运营商对投资和其带来的业务收入是重点关心的。

首先，会研究开展业务的起步门槛，起步门槛越低，则获得收益的机会越高。当初期投资与市场的收入预期满足投资回报的条件，也就是说初期的网络双向改造的投资可以支撑运营商开展业务的需求。

其次，后续业务增长所需的扩容投资增加，投资愈少则其效益愈高。扩容投资决定于前期投资的资源预留，有预留资源的技术方案可以为运营商带来高的效益，反之收入增加需要投资大幅度增加，实际效益将会降低。

因此，技术方案是否适应本地业务发展要从市场和收入的角度去考量，能否在最短的时间大规模开展业务获得市场全面认可，实际上要求在较低的投资、在较短的时间取得业务发展的机会，从而获得市场竞争力，而不拘泥于技术的完美或等待技术完善而丧失机会。在考虑资金成本的同时不要忘记考虑时间成本，从资金和时间判断回报才是客观的评估。

## **4、解决方案的原则**

### **4.1、保护投资原则**

有线电视新的业务需要，如交互电视、信息服务等要求网络提供双向交互承载能力的支持，网络的升级改造必须要充分考虑原有可用网络资产，网络的升级改造是完整的、渐进的投资，而不是局部的、不兼容的替代。毕竟经过十几年的发展有线电视网已经逐步发展完善为 HFC 网架构、光节点覆盖 500 户、频道达到 750 (862) MHz，对于单向广播电视而言可以满足开展数字电视业务的要求，因此双向化改造要遵循保护已有投资的原则。

### **4.2、全面覆盖原则**

有线电视广播业务已经进入千家万户是一个大众业务，作为交互电视和信息服务的增值业务是一种分众业务，需要进行市场化培育的过程。对于运营商而言通过提供增值业务提高 ARPU 值来获得新的收入增长点，从客户方面讲是为新增业务支付额外费用满足个性化需求，业务的目标客户基础是所有大众业务用户，因此增值业务所需要的网络基础应该覆盖全部用户才有利于新业务的迅速开展，这就要求双向化改造要遵循短时间全面覆盖的原则。

### **4.3、满足需要原则**

有线电视广播业务转型到广播与交互综合业务的网络承载需求已经发生变化，传统广播电视是单向下行的广播网，而交互电视和综合业务网需要双向的交互网络。交互电视和综合业务的承载网也是根据具体业务、用户数、并发数等要求有不同的差异，交互电视要求提供

较小数据回传通道、而信息化服务需要宽带数据通信，用户数较少时带宽较小也能保证服务质量、而用户数或并发数增加都会对网络带宽提出更高需求，所以不同阶段需求是有差异的，不要期望完全的一步到位的思路，遵循满足需求的原则是十分务实的做法。

#### 4.4、 渐进发展原则

渐进发展的原则是投资效益的原则，避免周期长、投入大、产出低的情况发生，运营商开展新业务要在短期内以尽可能小的投入获得业务快速的推广，新业务具有品种多样、个性化和高附加值的特点，会有一定的市场风险，因此投资一定要采取控制初期投资、滚动发展的策略，规避风险便于快速调整业务。

#### 4.5 、符合趋势原则

网络投资建设符合发展趋势的原则是技术选型和投资的基本判断原则，网络建设是一项长期投资过程，选择的技术方案一定要符合主流发展趋势，网络演进也可以跟随技术的发展而平滑升级，从而最大限度保护已有投资、发挥存量资产的效益最大化。

### 5 、方案设计参考

有线电视网双向化改造已经成为有线网发展的趋势，有线电视运营商从业务发展的角度出发也提出了双向化改造的迫切需求，但是面临技术选择、资金投入、业务需求、运营维护等方面实际上遇到许多困惑和不确定因素，下面我们以 10 万用户规模城市有线电视网络改造为例，设定一些基本的网络基础，做一些具体量化分析，供大家参考。

某城市有线电视用户 10 万户，有线电视 HFC 网为 860MHz 传输系统，设有 1 个总前端、2 个分前端系统，全城共有 300 个光节点，每个光节点平均覆盖约 400 用户，每个光接收机输出 4 路 CATV 电视信号。前期在分前端安装 1 台 CMTS 前端，配置了 1 个 8MHz 频道作为下行通道，对其中 5 个光节点（2000 户区域）做了上行回传改造，运营商考虑首先发展交互电视和今后宽带业务的发展需要，要确定一个全城有线电视双向化改造的方案。结合上述原则和业务规划需求，整个方案设计探讨如下：

#### 1、 综合考虑的设计目标

从业务需求考虑网络改造首先要满足交互电视回传的需求，今后可以支持宽带业务承载需求，目前 CMTS 进行了 2000 户小区的改造，可以用于交互电视回传，不建议采用 CMTS 进行全城双向改造。要求方案设计性价比高、双向覆盖、满足业务需求和技术趋势。

#### 2、 技术改造线路

除了 CMTS 技术以外，可以采用 LAN 接入和同轴电缆混合接入技术提供双向改造方案。LAN 接入采用 PON+LAN 接入方式的光纤到楼 FTTB，需要一定的光缆施工和建设周期，五类

线入户施工难度较大，但业务承载能力强；同轴电缆混合接入技术可以在光节点接入，节省了光缆施工，利用已有的同轴电缆入户，工程实施周期非常短，有利于迅速开展业务，业务承载能力强。

### 3、投资分析比较

针对几种技术方案进行双向改造新增投资比较，确定合适的设计方案。

接入技术	户均覆盖成本	入户成本	户均业务开通成本	注释
CMTS+CM	90.00 元	260.00 元	350.00 元	覆盖 10 万户建设初期成本 900 万元
FTTB+LAN	180.00 元	70.00 元	250.00 元	覆盖 10 万户建设初期成本 1,800 万元
FTTN+Cable	50.00 元	260.00 元	310.00 元	覆盖 10 万户建设初期成本 500 万元

双向化改造的投资不仅要考虑满足业务发展需要，还要细分网络建设成本和投入期的关系，建议从以下几个方面进行成本考虑：

- \* 覆盖成本，指的是具备业务开通能力所需要的网络覆盖投资成本，这是业务全面开展初期投资，也称之为业务投资门槛。
- \* 入户成本，指的是为用户提供业务需要入户线路和设备所增加的成本。
- \* 开通成本，通常指的是开通一个用户，实际所需要的实际平均投入。

以上数据表面，采用 FTTN+Cable 初期建设投资成本最低，其好处在于在很短时间以较小的投资即可实现全城有线网双向化改造，迅速全面开展业务，并且能满足今后宽带应用，尤其适应有线电视运营商的业务转型阶段的网络改造。

### 4、形成方案建议

比较最具优势的 FTTB+LAN 和 FTTN+Cable 两种方案，目前后者开通成本要比前者略高，前者已经是成熟产品，而后者成本还是有降低的空间，因此 FTTN+Cable 无论是在时间性、性价比、初期投入等方面都更符合运营商的快速发展业务、实现滚动投资、降低总体成本的投资回报策略。

### 6、结论

有线电视网双向改造技术已经呈现多样化，主要分为基于同轴电缆和基于新增五类线两大类，利用有线电视同轴电缆解决双向数据传输是双向改造最方便可行的方案，CMTS 解决方案虽然经过 10 多年的发展在一定程度上实现了双向 HFC 网的数据回传和 Internet 服务，由于上下行非对称性、上行带宽的限制以及扩容升级的投资都制约了在我国有线电视双向改

造中的应用,而新的易线宽 BIOC 技术采用 FTTN+Cable 结构在同轴电缆上实现对称 100Mbps 带宽的传输,以性价比高、工程实施方便、覆盖成本低、适合滚动投资等综合优势,使之成为可以快速实现交互电视和宽带业务的最佳网络承载基础,尤其适合运营商增值业务和新业务初期发展相对缓慢而投资大幅增加从而大幅延长投资收益周期的情况,有利于我国有线电视双向网改造的顺利进行、增加收入提升网络价值。

摘自《广播电视信息》2007 第 3 期