

# Une brève introduction à L'interconnexion de réseaux IP

Chaput Emmanuel

2015-2016

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- 1 Les problèmes
- 2 Classification des problèmes et solutions
- 3 La traduction d'adresse
- 4 Les pare-feu
- 5 Les proxy de niveau transport ou application
- 6 Le protocole PPP
- 7 Références bibliographiques

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les problèmes : plan

- 1 Les problèmes

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Problèmes d'interconnexion IP

### Divers problèmes

- Confidentialité des données
- Sécurité des ressources
- Masquage des adresses
- Stratégie d'utilisation des moyens de communication
- Déploiement
- Mobilité
- Performances de TCP
- Filtrage des flux
  - Sécurité (type firewall)
  - Qualité de service
- ...

### Problèmes d'interconnexion (de réseaux privés)

- Au travers d'un réseau public
- Vers un réseau public

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Classification des problèmes et solutions

### 2 Classification des problèmes et solutions

- Les classes de problèmes
- Les classes de solutions

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les classes de problèmes

### 2 Classification des problèmes et solutions

- Les classes de problèmes
- Les classes de solutions

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

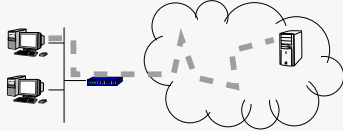
## Interconnexion de réseaux privés

- Au travers d'un réseau public



- Création de réseaux privés virtuels (VPN)

- Avec un réseau public



- Mise en place de passerelles vers réseau public

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les classes de solutions

### 2 Classification des problèmes et solutions

- Les classes de problèmes
- Les classes de solutions
  - Interconnexion par passerelle
  - Interconnexion par encapsulation
  - Notion de *middlebox*

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

## Interconnexion par passerelle

- Adapté à
  - l'interconnexion vers un réseau public
  - l'adaptation des performances à une technologie
- Aucun mécanisme protocolaire
- Traitement lourd
- Nécessité d'une conformité au modèle de référence
- Au niveau IP
  - Traduction d'adresse
  - Filtrage
  - Interconnexion IPv4 - IPv6

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

## Interconnexion par encapsulation

- Adapté pour
  - interconnecter des réseaux privés ;
  - déployer un protocole.
- Surcharge protocolaire.
- Traitement "simple".
- Transgression possible du modèle de référence (cf XOT).
- Au niveau IP
  - Tunnels
    - Chiffrement
    - IPv6 sur IPv4
    - ...

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notion de *middlebox*

- Équipement intermédiaire réalisant des fonctions autres que celles d'un routeur IP [2]
  - Traduction d'adresses
  - Proxies
  - Firewall
  - ...
- Trois grandes catégories
  - Interconnexion
  - Cloisonnement
  - Performances
- Remise en cause du principe "end-to-end"
- Remise en cause du modèle du sablier

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La traduction d'adresse : plan

- ③ La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
  - La traduction d'adresse destination
  - Implantation
  - Traduction d'adresse et IPsec
  - Le NAT à large échelle
  - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La traduction d'adresse source

- ③ La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
    - La traduction d'adresse destination
    - Implantation
    - Traduction d'adresse et IPsec
    - Le NAT à large échelle
    - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Le principe de la traduction d'adresse source

- SNAT (*Source Network Address Translation*) [3][25][23].
- Adresse source changée à la volée
- Masquage des adresses
- Adresses non routables
- Utilisation pour le passage à IPv6 [?, ?] ? Non [?]

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La traduction d'adresse destination

- ③ La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
  - La traduction d'adresse destination
  - Implantation
  - Traduction d'adresse et IPsec
  - Le NAT à large échelle
  - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La traduction d'adresse destination

- Partage de charge [24]
  - Répartition des requêtes sur ensemble de serveurs
- Gestion du trafic
  - Utilisation du routage ( ? )
- Masquage de mécanismes de plus haut niveau
  - Redirection d'une requête

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

## Implantation

- 8 La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
  - La traduction d'adresse destination
  - **Implantation**
    - Traduction d'adresse et IPsec
    - Le NAT à large échelle
    - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

## Implantation

- Et les messages de retour ?
  - Traduction adresse source *et* destination
  - Nécessité d'une table de correspondance
- Les numéros de port
  - Partie de la correspondance
  - Nombre limité

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

## Taduction d'adresse et IPsec

- ③ La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
  - La traduction d'adresse destination
  - Implantation
  - **Taduction d'adresse et IPsec**
  - Le NAT à large échelle
  - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Taduction d'adresse et IPsec

- Problème
  - Dans IPsec, en mode ESP[16], le contenu du paquet IP est chiffré
  - La traduction d'adresses se fonde sur une partie du contenu du paquet IP (entête transport)
  - Incompatibilité ?
- Une solution
  - Encapsulation du paquet ESP dans un datagramme UDP [10]
  - Découverte d'un intermédiaire de traduction d'adresses
    - Par comparaison d'un hash code des sockets
  - Négociation lors de l'échange des clefs [12]
  - Utilisation d'un message de *Keepalive*
    - Pour maintenir les états des NATs

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Le NAT à large échelle

- ③ La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
  - La traduction d'adresse destination
  - Implantation
  - Taduction d'adresse et IPsec
  - **Le NAT à large échelle**
  - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Le NAT à large échelle

- Utilisation par les opérateurs de la traduction d'adresses
  - Attribution d'adresses non routables aux clients
  - Traduction d'adresses par "zones"
- Problèmes
  - Passage à l'échelle
  - Routage
  - Utilisation d'adresses non routables
- Plusieurs techniques
  - NAT 444
  - NAT 464
  - Utilisation d'adresses "routables" (*ISP shared address*)

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- ③ La traduction d'adresse
  - La traduction d'adresse source
  - La traduction d'adresse destination
  - Implantation
  - Traduction d'adresse et IPsec
  - Le NAT à large échelle
  - La traversée des NAT

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La traversée des NAT

- Pas de problème pour le trafic "sortant"
  - Le NAT est a priori transparent pour les applications
  - Encore que ... (voir IPsec)
- *Quid* du trafic "entrant" ?
- Plusieurs approches
  - Configuration manuelle
  - Configuration automatique
  - Passerelle applicative

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



# Les pare-feu : plan

## 4 Les pare-feu

Notes :

---



---



---



---



---



---

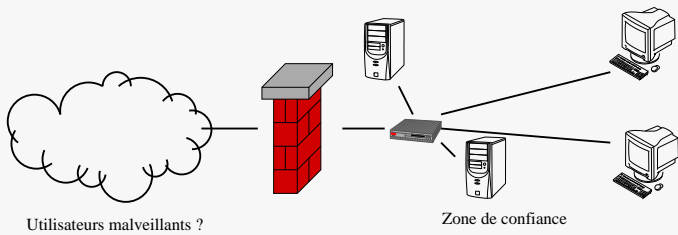


---



---

# Les pare-feu



Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

# Objectifs des pare-feu (pistes)

- Refuser certains trafics entrants (*stateless*)
  - Segments SYN
  - ICMP
  - Paquets d'adresse source locale
  - Routage à la source
  - ...
- Filtrer les trafics suspects (*statefull*)
  - Segments SYN-ACK sans SYN
  - Fragments trop petits
  - ...

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

## Les proxy de niveau transport ou application : plan

- 5 Les proxy de niveau transport ou application
  - Le protocole GRE

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Caractéristiques

- Notion de mandataire (proxy)
- Plus de souplesse
- Moins de transparence
- Mise en œuvre plus lourde

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les passerelles de niveau transport

- Performance Enhancement Proxy : PEP
- Adaptation du comportement aux capacités d'un tronçon
- Exemple : TCP sur sans fil (satellite)
- Modification de certains paramètres

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Les passerelles de niveau application

- Mécanismes de traduction
- Gestion des ressources (débit)
- Stratégie fine de filtrage
- Transparence parfois délicate

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Le protocole GRE : plan

- 5 Les proxy de niveau transport ou application
  - Le protocole GRE

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Generic Routing Encapsulation

- Décrit dans [7][8] et [4]
- Base commune pour l'encapsulation (X over Y)
  - Sur IPv4 : protocol 47 [8]
- Authentification prévue (à l'origine)
- Numérotation possible (à l'origine)
- Routage par la source possible (à l'origine)
- Utilisé par certains équipementiers

C	R	K	S	S	Rec	Vers.	Protocol type
Checksum				Key		Offset	
				Sequence Number			
				Routing			

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Le protocole PPP : plan

## 6 Le protocole PPP

- La trame PPP
- La gestion de la ligne
- La gestion du réseau
- Succès de PPP
- PPP comme outil d'interconnexion
- PPP over ethernet
- PPP over ATM
- Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Point to Point Protocol

- Protocole de niveau liaison héritier de HDLC
- Véhicule tout type de protocole
  - En particulier IP, IPX, *AppleTalk*, ...
- Sur différents supports
  - Couche physique ... ou pas !
- Contrôle de la ligne (LCP) et du réseau (NCP)
- Authentification (PAP, CHAP [21], EAP [1], ...)
- Décrit dans [20] et autres

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Point to Point Protocol



Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# La trame PPP

## 6 Le protocole PPP

- La trame PPP
  - La gestion de la ligne
  - La gestion du réseau
  - Succès de PPP
  - PPP comme outil d'interconnexion
  - PPP over ethernet
  - PPP over ATM
  - Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

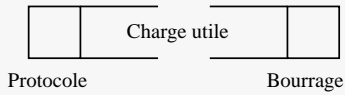
---

---

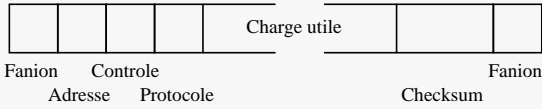
---

---

# La trame PPP



- Version élémentaire décrite dans [20]



- Plus proche de HDLC et décrite dans [19]

Notes :

---

---

---

---

---

---

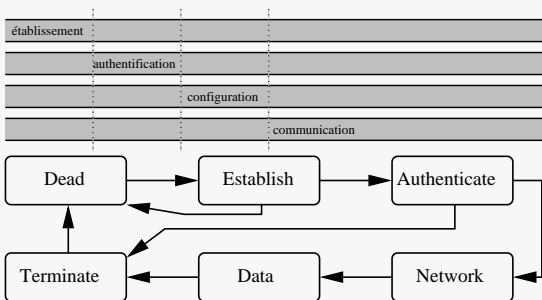
---

---

---

---

# Les états PPP



Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La gestion de la ligne

- 6 Le protocole PPP
  - La trame PPP
  - **La gestion de la ligne**
    - Établissement de la liaison
  - La gestion du réseau
  - Succès de PPP
  - PPP comme outil d'interconnexion
  - PPP over ethernet
  - PPP over ATM
  - Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La gestion de la ligne

- Établir et rompre une session
  - Échange de messages de trames LCP de configuration
- Définir le format de trame utilisé
- Déterminer la taille des trames échangées
- S'authentifier
  - Au travers d'un mécanisme négocié dans les trames de configuration

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La gestion du réseau

- 6 Le protocole PPP
  - La trame PPP
  - La gestion de la ligne
  - **La gestion du réseau**
    - Succès de PPP
    - PPP comme outil d'interconnexion
    - PPP over ethernet
    - PPP over ATM
    - Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La gestion du réseau : exemple de IP sur PPP

- IPCP (IP Control Message Protocol) [17]
- Négociation des adresses
- Compression de l'en-tête TCP/IP
  - 3 octets (Van Jacobson [11])

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Succès de PPP

- 6 Le protocole PPP
  - La trame PPP
  - La gestion de la ligne
  - La gestion du réseau
  - Succès de PPP
    - PPP comme outil d'interconnexion
    - PPP over ethernet
    - PPP over ATM
    - Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Succès de PPP

- PPP, protocole de liaison
  - Permet de l'authentification
  - Permet de la configuration du réseau
  - Faible overhead
- PPP peut être véhiculé
  - Sur un support physique (liaison téléphonique)
  - Sur des réseaux de paquets
- PPP a largement contribué à l'accès internet de l'utilisateur isolé
  - Au travers du RTC dans les années 90
  - Au travers de l'ADSL depuis les années 2000

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## PPP comme outil d'interconnexion

### 6 Le protocole PPP

- La trame PPP
- La gestion de la ligne
- La gestion du réseau
- Succès de PPP
- **PPP comme outil d'interconnexion**
- PPP over ethernet
- PPP over ATM
- Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## PPP comme outil d'interconnexion

- PPP, protocole de liaison
  - Permet de l'authentification
  - Permet de la configuration du réseau
  - Faible overhead
- PPP peut être véhiculé
  - Sur un support physique (liaison téléphonique)
  - Sur des réseaux de paquets
- PPP a largement contribué à l'accès internet de l'utilisateur isolé
  - Au travers du RTC dans les années 90
  - Au travers de l'ADSL depuis les années 2000

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## PPP over ethernet

### 6 Le protocole PPP

- La trame PPP
- La gestion de la ligne
- La gestion du réseau
- Succès de PPP
- PPP comme outil d'interconnexion
- **PPP over ethernet**
- PPP over ATM
- Le protocole L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## PPP over Ethernet

- PPPOE [15] proposé en particulier par des constructeurs d'équipement d'accès au réseau
- Permet de déporter l'extrémité de la session PPP au travers d'un LAN
  - Éventuellement ponté (potentiellement au travers d'un lien *multiprotocol over . . .*)
- Encapsulation classique dans une trame ethernet
  - Champ `EtherType` à 0x8863/0x8864
- MTU limitée à 1492
  - Mais reste négociable par LCP
- Phase de découverte automatique du (des) serveur(s) par le client
- Phase de communication
  - Session identifiée par adresses et `SESSION_ID`

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

## Les phases de découverte active de PPPOE

- Le client demande une offre de configuration
  - Envoie d'un message `PADI` (*PPPoE Active Discovery Initiation*)
  - Message diffusé vers tous les serveurs potentiels
  - Le nom du service souhaité doit être précisé
- Chaque serveur peut envoyer vers le client une offre de service
  - Message `PADO` (*PPPoE Active Discovery Offer*)
  - Le nom du service souhaité doit être rappelé
  - Le nom du serveur doit être précisé
- Le client demande une configuration au serveur choisi
  - Message `PADR` (*PPPoE Active Discovery Request*)
  - En unicast vers le serveur voulu
- Le serveur confirme le service
  - Message `PADS` (*PPPoE Active Discovery Session-confirmation*)
- Une session peut être terminée explicitement
  - Message `PADT` (*PPPoE Active Discovery Terminate*)
  - Envoyé par le client ou le serveur

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

## PPP over ATM

- ⑥ Le protocole PPP
  - La trame PPP
  - La gestion de la ligne
  - La gestion du réseau
  - Succès de PPP
  - PPP comme outil d'interconnexion
  - PPP over ethernet
  - **PPP over ATM**
  - Le protocole L2TP

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

## PPP over ATM

- Décrite dans [5], fondé sur "Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5"
- Inspiré de PPP in frame relay [22]
  - Une encapsulation *via* frame relay est d'ailleurs possible au travers d'une FR-SSCS
- Utilisation de l'AAL 5
- Deux modes
  - Encapsulation directe après négociation des extrémités
  - Utilisation de LLC sur PVC

Notes :

---



---



---



---



---



---



---

## Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5

- Connu sous le nom "RFC-1483" [9] (*aka* "rfc 2684" [6])
- Technique d'acheminement de PDU routées ou pontées au travers d'un réseau ATM
  - En l'absence de *Service Specific Convergence Sublayer (SSCS)*
- Deux méthodes de multiplexage proposées
  - Par un LLC 802.2 (éventuellement SNAP/EtherType ou NLPID (*Network Layer Protocol ID*, équivalent ISO)
  - Par VC, ce qui permet un overhead plus faible, mais nécessite une signalisation
- Signalisation définie dans [18, 14]

Notes :

---



---



---



---



---



---



---

## Le protocole L2TP : plan

- 6 Le protocole PPP
  - La trame PPP
  - La gestion de la ligne
  - La gestion du réseau
  - Succès de PPP
  - PPP comme outil d'interconnexion
  - PPP over ethernet
  - PPP over ATM
  - Le protocole L2TP

Notes :

---



---



---



---



---



---



---

## L2TP : présentation

- Layer Two Tunneling Protocol [26, 13]
- Héritier de L2F [27] de Cisco et de PPTP de Microsoft.
- Extension du modèle PPP
- Extrémité du lien PPP décorélée de celle du lien de niveau 2
- Les deux extrémités peuvent être reliées au travers d'un réseau à commutation de paquets
- Le client peut donc être relié à un concentrateur d'accès (eg un DSLAM) au travers d'un lien de niveau 2 (AAL5/ATM/ADSL)
- Les trames PPP seront acheminées jusqu'à son point d'accès au réseau

Notes :

---

---

---

---

---

---

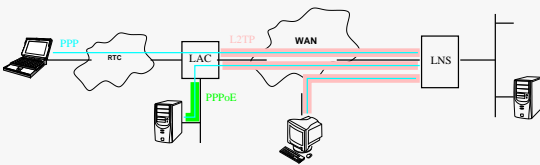
---

---

---

---

## L2TP : architecture



- LAC L2TP Access Concentrator (dés)encapsule la connexion PPP
- LNS L2TP Network Server termine les connexions TCP et L2TP

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## L2TP : principes

L'établissement d'un tunnel L2TP passe par plusieurs étapes

- Une connexion de contrôle est établie entre le LNS et le LAC
  - Une authentification est possible
  - Les paramètres de la communication sont négociés
- Plusieurs sessions PPP peuvent alors être multiplexés au sein du tunnel
  - Chaque session fait l'objet d'un échange de messages de mise en place
  - Multiplexés par un identifiant de session
- Des messages de *keepalive* permettent de vérifier le bon fonctionnement
- Des messages spécifiques permettent de mettre fin à une session
- La connexion de contrôle peut être rompue par le biais de messages spécifiques

Notes :

---

---

---

---

---

---

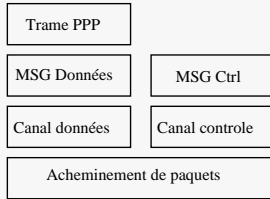
---

---

---

---

## L2TP : structure



- Plans de contrôle et données clairement séparés
  - Le plan de contrôle est fiable
- Implanté sur UDP, FR, ATM, . . .
- Pas de confidentialité : IPsec

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Références bibliographiques

- [1] L. Blunk and J. Vollbrecht. PPP Extensible Authentication Protocol (EAP). Technical Report 2284, March 1998. Obsoleted by RFC 3748, updated by RFC 2484.
- [2] B. Carpenter and S. Brim. Middleboxes : Taxonomy and Issues. Technical Report 3234, February 2002.
- [3] K. Egevang and P. Francis. The IP Network Address Translator (NAT). Technical Report 1631, May 1994. Obsoleted by RFC 3022.
- [4] D. Farinacci, T. Li, S. Hanks, D. Meyer, and P. Traina. Generic Routing Encapsulation (GRE). Technical Report 2784, Internet Engineering Task Force, March 2000.
- [5] G. Gross, M. Kaycee, A. Li, A. Malis, and J. Stephens.

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Références bibliographiques

- PPP Over AAL5.  
Technical Report 2364, July 1998.
- [6] D. Grossman and J. Heinanen. Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5. Technical Report 2684, Internet Engineering Task Force, September 1999.
  - [7] S. Hanks, T. Li, D. Farinacci, and P. Traina. Generic Routing Encapsulation (GRE). Technical Report 1701, October 1994.
  - [8] S. Hanks, T. Li, D. Farinacci, and P. Traina. Generic Routing Encapsulation over IPv4 networks. Technical Report 1702, October 1994.
  - [9] Juha Heinanen. Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5. Technical Report 1483, IETF, July 1993. Obsoleted by RFC 2684.

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- [10] A. Huttunen, B. Swander, V. Volpe, L. DiBurro, and M. Stenberg.  
UDP Encapsulation of IPsec ESP Packets.  
Technical Report 3948, January 2005.
- [11] V. Jacobson.  
RFC 1144 : Compressing tcp/ip headers for low-speed serial links.  
Technical report, IETF, February 1990.
- [12] T. Kivinen, B. Swander, A. Huttunen, and V. Volpe.  
Negotiation of NAT-Traversal in the IKE.  
Technical Report 3947, January 2005.
- [13] J. Lau, M. Townsley, and I. Goyret.  
RFC-3931 : Layer two tunneling protocol - version 3 (l2tpv3),  
month = "march".  
Standard track, IETF, Network Working Group, 2005.
- [14] M. Maher.  
ATM Signalling Support for IP over ATM - UNI Signalling 4.0  
Update.

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

- Technical Report 2331, April 1998.
- [15] L. Mamakos, K. Lidl, J. Evarts, D. Carrel, D. Simone, and R. Wheeler.  
A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE).  
Technical Report 2516, February 1999.
- [16] V. Manral.  
Cryptographic Algorithm Implementation Requirements for Encapsulating Security Payload (ESP) and Authentication Header (AH).  
Technical Report 4835, April 2007.
- [17] G. McGregor.  
The PPP Internet Protocol Control Protocol (IPCP).  
Technical Report 1332, May 1992.  
Updated by RFC 3241.
- [18] M. Perez, F. Liaw, A. Mankin, E. Hoffman, D. Grossman, and A. Malis.

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

- ATM Signaling Support for IP over ATM.  
Technical Report 1755, February 1995.
- [19] W. Simpson.  
PPP in HDLC-like Framing.  
Technical Report 1662, July 1994.
- [20] W. Simpson.  
The Point-to-Point Protocol (PPP).  
Technical Report 1661, July 1994.  
Updated by RFC 2153.
- [21] W. Simpson.  
PPP Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP).  
Technical Report 1994, August 1996.  
Updated by RFC 2484.
- [22] W. Simpson.  
PPP in Frame Relay.

Notes :

---



---



---



---



---



---



---



---

Technical Report 1973, Internet Engineering Task Force, June 1996.

- [23] P. Srisuresh and K. Egevang.  
Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT).  
Technical Report 3022, January 2001.
- [24] P. Srisuresh and D. Gan.  
Load Sharing using IP Network Address Translation (LSNAT).  
Technical Report 2391, August 1998.
- [25] P. Srisuresh and M. Holdrege.  
IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations.  
Technical Report 2663, Internet Engineering Task Force, August 1999.
- [26] W. Townsley, A. Valencia, A. Rubens, G. Pall, G. Zorn, and B. Palter.  
Layer Two Tunneling Protocol "L2TP".

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Technical Report 2661, Internet Engineering Task Force, August 1999.

- [27] A. Valencia, M. Littlewood, and T. Kolar.  
Cisco Layer Two Forwarding (Protocol) "L2F".  
Technical Report 2341, IETF, May 1998.

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Notes :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---