

# TESIS DE GRADO



## ANÁLISIS DEL PROTOCOLO IPv6 SU EVOLUCION Y APLICABILIDAD

## A G R A D E C I M I E N T O

El más profundo agradecimiento a todas las personas que han colaborado de una u otra forma para la culminación de este trabajo de tesis de grado, que pone fin a un largo camino de estudio y sacrificio en pos de obtener una carrera profesional.

De manera especial a nuestro Director de tesis, Ing. Rodrigo Naranjo G. quien con su valioso conocimiento nos ha guiado en la realización del presente trabajo.

No podemos dejar de mencionar a los Docentes de la Universidad Técnica del Norte que nos impartieron sus conocimientos con dedicación y profesionalismo.

## D E D I C A T O R I A

Dedicamos todo nuestro esfuerzo, sacrificio y esmero puesto en este trabajo a nuestros padres, apoyo fundamental en todos los aspectos de nuestra vida, quienes con su ejemplo, sacrificio, trabajo y amor nos han sabido brindar las mejores condiciones para culminar todas nuestras metas y objetivos, una de ellas la obtención de un título profesional, que hoy lo vemos realizado.

Silvia L. Duque C.  
David N. Vallejo B.

# I N T R O D U C C I O N

IPv6 ha sido el nombre con el que se ha bautizado a la nueva versión del protocolo Internet (IP). Se trata de la definición de un nuevo protocolo de red destinado a sustituir a la actual versión IP, la cuatro.

¿Por qué se necesita un nuevo protocolo de red?. La respuesta es muy simple. Cuando IPv4 fue estandarizado, hace unos quince años, nadie podía imaginar que se convertiría en lo que es hoy: una arquitectura de amplitud mundial, con un número de usuarios superior al centenar de millones y que crece de forma exponencial. Aquella primera "Internet" fundada, sobre todo, con fines experimentales, científico-técnicos y, por supuesto, con objetivos militares, no se parece en nada a la actual.

El presente trabajo describe desde un punto de vista técnico el nuevo protocolo IPv6, desarrollado por IETF. IPv6 se puede instalar como una actualización de software en las máquinas y es capaz de trabajar con el actual protocolo IPv4. Se prevé que se empiece a desplegar de una manera gradual, puesto que hay que mantener todas las infraestructuras que actualmente funcionan con IPv4.

Esta nueva versión del Internet Protocol sustituirá progresivamente a IPv4, ya que brinda mejores características, entre las que destacan: espacio de direcciones prácticamente infinito, posibilidad de autoconfiguración de hosts, eficaz soporte para seguridad, computación móvil, calidad de servicio, transporte de tráfico multimedia en tiempo real y aplicaciones anycast y multicast, posibilidad de transición gradual de IPv4 a IPv6, etc.

IPv6 representa el fruto de muchas propuestas del IETF y de grupos de trabajo centrados en desarrollar un IPng (IP next generation) que resuelva el eminente problema de falta de direcciones, y mejore las características del protocolo actual.

# I N D I C E

Portada	i
Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Introducción	iv
Indice	v

## **CAPITULO 1**

<b>Conceptos Iniciales</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de IPv4	2
1.2 Breve Historia de TCP/IP e Internet	3
1.3 Organización de Internet	4
1.4 Modelo de Referencia OSI frente a TCP/IP	6
1.4.1 El Protocolo Internet (Internet Protocol - IP)	8
1.4.2 Direccionamiento IP	10
1.4.3 Direcciones de red y de difusión	12
1.4.4 Resumen de reglas especiales de direccionamiento	13
1.4.5 Protocolos de resolución de direcciones	14
1.4.6 Mensajes de error y control en IP (ICMP)	17
1.4.7 Sistema de Nombre de Dominio (DNS)	19
1.5 Problemas con IPv4	20
1.6 IPv4 versus IPv6. ¿Porque cambiar a IPv6?	22
1.7 Historia del IPv6	26
1.7.1 Desarrollo de una nueva versión del IP	27
1.7.2 Nombre del próximo IP	29

**CAPITULO II**

<b>EL PROTOCOLO IPV6</b>	<b>30</b>
2.1 Introducción a IPv6	31
2.2 Características de IPv6	32
2.2.1 Mayor espacio para direccionamiento	32
2.2.2 Simplificación de la cabecera	33
2.2.3 Cabeceras de extensión	33
2.2.4 Mejor soporte para calidad de servicio	33
2.2.5 Mayor seguridad en el protocolo	33
2.2.6 Direccionamiento jerárquico y enrutamiento eficientes	33
2.3 Notación IPv6	34
2.3.1 Representación de direcciones IPv6 en texto	34
2.3.2 Compresión de ceros	34
2.3.3 Prefijo	35
2.4 Tipos de direcciones IPv6	37
2.4.1 Unicast	37
2.4.1.1 La dirección no especificada	37
2.4.1.2 La dirección loopback	37
2.4.1.3 Direcciones IPv6 con direcciones IPv4	38
2.4.1.4 Direcciones Unicast Globales Agregables	38
2.4.1.5 Direcciones Unicast de uso local	39
2.4.1.6 Identificador de Interfase	40
2.4.2 Anycast	41
2.4.3 Multicast	42
2.4.3.1 Direcciones Multicast Predefinidas	43
2.5 Datagrama IPv6	45
2.5.1 Forma General de un datagrama IPv6	45
2.5.2 Formato del encabezado base del IPv6	45

---

2.6 DNS para IPv6	47
2.6.1 Registro de recursos (AAAA)	47
2.6.2 Dominio IP6.INT	48
2.7 Principales protocolos en IPv6	48
2.7.1 Protocolo ICMPv6	48
2.7.2 Neighbor Discovery - El “ARP” de IPv6	51
2.7.3 Protocolo DHCPv6	54
2.7.4 Protocolo RIPng	57
2.7.5 Protocolo OSPFv6	60
2.8 Seguridades	62
2.8.1 Seguridad en IPv6	63
2.9 Organismos administradores, políticas de distribución y asignación de direcciones IPv6.	567
2.9.1 Definiciones	69
2.9.2 Registro deInternet (IR)	70
2.9.3 Registro Regional de Internet (RIR)	70
2.9.4 Registro Nacional de Internet (NIR)	70
2.9.5 Registro Local de Internet (LIR)	70
2.9.6 Adjudicar	70
2.9.7 Asignar	71
2.9.8 Utilización	71
2.9.9 HD-Ratio	71
2.9.10 Usuario final	71
2.9.11 Objetivos de la administración del espacio de direcciones IPv6	72
2.9.12 Principios de la política IPv6	74
2.9.12.1 Espacio de direcciones no debe ser considerado propietario	74
2.9.12.2 Rutabilidad no garantizada	75
2.9.12.3 Adjudicación Mínima	75
2.9.12.4 Consideraciones de la infraestructura de IPv4	75
2.9.13 Políticas para adjudicaciones y asignaciones	75
2.9.13.1 Criterio de adjudicación inicial	75

2.9.13.2 Tamaño de adjudicación inicial	75
2.9.13.3 Adjudicación subsiguiente	76
2.9.13.4 Adjudicación de LIR a ISP	76
2.9.14 Asignación	77
2.9.15 Registración	78
2.9.16 Reverse lookup	78
2.9.17 Poseedores de IPv6 ya existentes	78
<b>CAPITULO III</b>	
<b>Mecanismos de Transición de Ipv4 a IPv6</b>	<b>79</b>
3.1 Introducción	80
3.2 DSTM	82
3.2.1 Funcionamiento de DSTM	83
3.2.2 Comunicación Bidireccional	84
3.3 Túneles	84
3.3.1 6to4	84
3.3.1.1 Dirección 6to4	86
3.3.1.2 Selección de dirección	87
3.3.1.3 Encapsulación 6to4	87
3.3.1.4 Tipos de comunicación	87
3.3.2 6over4	89
3.3.2.1 Dirección 6over4	90
3.3.2.2 MTU	91
3.3.2.3 Encapsulación 6over4	92
3.3.3 Tunnel Broker	92
3.3.3.1 Tipos de túneles	93
3.3.3.2 Descripción de TB	93

3.3.3.3	Funcionamiento de TB	93
3.3.3.4	Mantenimiento de los túneles	96
3.4	Traductores	97
3.4.1	SIIT	97
3.4.1.1	Traducción de IPv4 a IPv6	98
3.4.1.2	Traducción de cabeceras IPv4 a cabeceras IPv6	99
3.4.1.3	Traducción de IPv6 a IPv4	101
3.4.1.4	Traducción de cabeceras IPv6 a cabeceras IPv4	101
3.4.2	NAT-PT	103
3.4.2.1	NAT-PT Tradicional	103
3.4.2.1.1	NAT-PT Básico	103
3.4.2.1.2	NAT-PT	105
3.4.2.2	NAT-PT Bidireccional	106
3.4.2.2.1	Sesiones al interior del dominio (IPv4 – IPv6)	106
3.4.2.2.2	Sesiones al exterior del dominio (IPv6 – IPv4)	107
3.4.2.3	Traducción de Protocolo	108
3.4.3	BIS	109
3.4.3.1	Componentes de BIS	109
3.4.3.1.1	Resolvedor de Extensión de Nombres	110
3.4.3.1.2	Mapeador de direcciones	110
3.4.3.1.3	Traductor	111
3.4.3.2	Comunicación en BIS	111
3.4.3.2.1	Comunicación iniciada por host Dual Stack	111
3.4.3.2.2	Comunicación iniciada por host IPv6	112
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>Implementación de una isla ipv6 y conexión con el 6bone</b>		<b>113</b>
4.1	Introducción	114
4.2	Implementación de una isla IPv6 de prueba	115

---

4.2.1 Subred simple con direcciones link-local	116
4.2.2 Tráfico IPv6 entre nodos de diferentes subnets en una red IPv6	120
4. 2.3 Tráfico IPv6 entre nodos de diferentes subnets en una red IPv4	123
4.2.4 Tráfico IPv6 entre nodos de diferentes sitios a través del Internet (6to4)	125
4.2.5 Conexión al 6bone	128
4.3 Configuración de la isla IPv6	130
4.3.1 Diseño de la red	130
4.3.2 Prueba de funcionamiento de la isla IPv6	132
4.3.3 Modelado orientado a objetos de la Isla IPv6	133
<b>COMPROBACION DE HIPOTESIS</b>	135
<b>CONCLUSIONES</b>	136
<b>RECOMENDACIONES</b>	148
<b>TEMAS DE TESIS SUGERIDOS</b>	155
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	157
<b>REFERENCIAS</b>	160
<b>GLOSARIO</b>	162
<b>ANEXOS</b>	167
Anexo 1	
Lista de tunnel brokers	168
Anexo 2	
Lista de enrutadores 6to4 relay	169
Anexo 3	
Conexión al 6bone	171

Anexo 4	
Pruebas de conectividad de la Isla IPv6	178
Anexo 5	
Metodología para la migración IPv4 a IPv6 del backbone de la Universidad Técnica del Norte	183
Anexo 6	
Instalacion de Ipv6 en plataformas Linux	197
Anexo 7	
Referencias RFC's	205
Anexo 8	
Anteproyecto de tesis	209