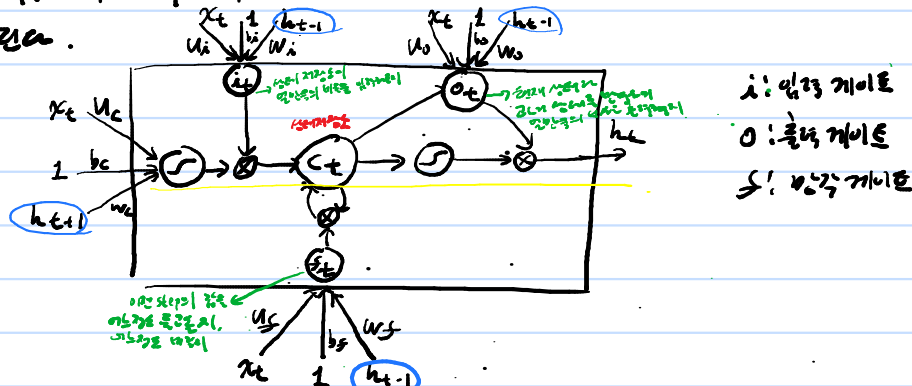


LSTM (Long-short Term Memory)

- RNN은 그래디언트 정보를 먼 시간 거리로 전파하기 힘들다.
- 여러 개의 Gate 보스와 셀의 상태저장소를 추가하여 응용,
 더 먼 시간 간격으로 정보를 전파할 수 있는 신경망 모델 \Rightarrow 리미티드 레이어 극복
 이 리미티드 레이어는 많은 복잡도 계산량이 필요함

- 정형화된 RNN에 비해 더 많은 파라미터를 가지고, 추론 및 학습 시간이 오래 걸린다.



\Rightarrow 입력 게이트 i_t : 입력 정보 x_t 의 처리 결과를 상태저장소 C_t 에 얼마나 반영할지 기록하기 위한 결정함수.

$$i_t = \sigma(U_i x_t + W_i \cdot h_{t-1} + b_i)$$

\Rightarrow 망각 게이트 f_t : 상태저장소의 작전 상태값이 현재 시점이 유리할 내용을 정한다

$$f_t = \sigma(U_f x_t + W_f \cdot h_{t-1} + b_f)$$

\Rightarrow 상태저장소 C_t : 작전 상태값은 f_t 비유언을 반영하고, 새로운 정보는 i_t 만큼 반영한다.

$$a_t = \tanh(U_c \cdot x_t + W_c \cdot h_{t-1} + b_c)$$

$$C_t = i_t \cdot a_t + f_t \cdot C_{t-1} \quad (o: \text{전파함수})$$

\Rightarrow 출력 게이트 o_t : 상태 저장소에 저장된 값에 대한 출력을 조정한다.

$$o_t = \sigma(U_o \cdot x_t + W_o \cdot h_{t-1} + V_o \cdot C_{t-1} + b_o)$$

\Rightarrow 내부 상태값 h_t : 출력 게이트의 값과 상태저장소 값을 곱하여 저장된다.

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t)$$

GRU (Gated Recurrent Unit) \Rightarrow LSTM경쟁자

- Reset gate, Update gate의 2개 Gate를 가진 신경망 모델 (간단)
- 리셋 gate r_t : 입력 레이어와 기록의 저장된 값을 어떻게 결합할지 결정.

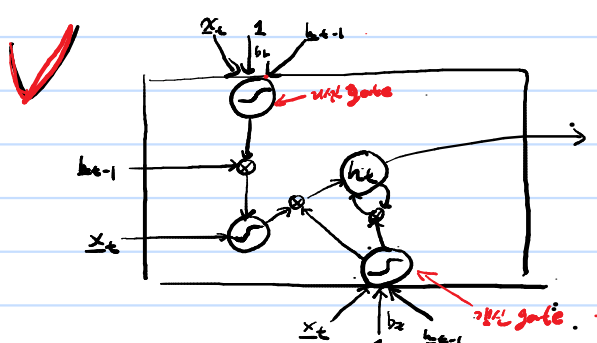
$$r_t = \sigma(U_r \cdot x_t + W_r \cdot h_{t-1} + b_r)$$

• 새로 계산된 값 $\tilde{h}_t = \tanh(U_h \cdot x_t + W_h(r_t \cdot h_{t-1}))$

• 갱신 게이트 u_t : 기록의 저장된 값과 새로 계산된 값을 어떤 비율로 반영할지 결정

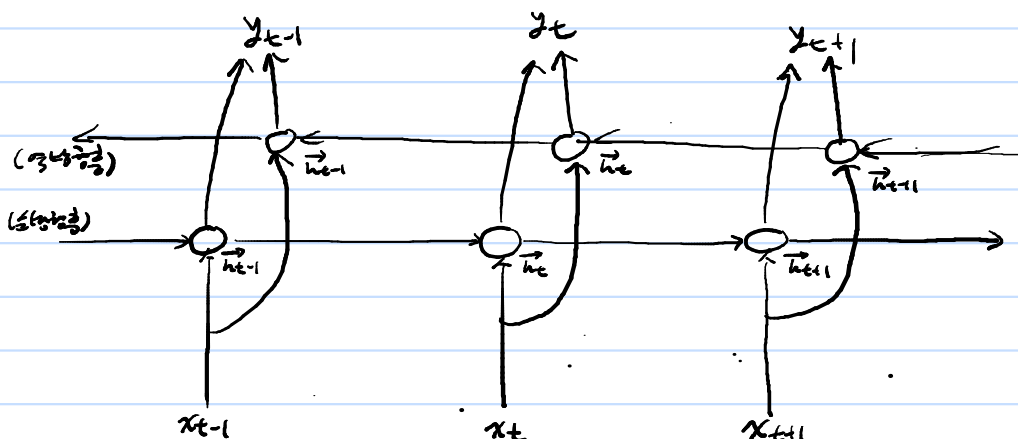
$$u_t = \sigma(U_u \cdot x_t + W_u \cdot h_{t-1} + b_u)$$

• 내부 상태값 업데이트 : $h_t = u_t \cdot \tilde{h}_t + (1 - u_t) \cdot h_{t-1}$

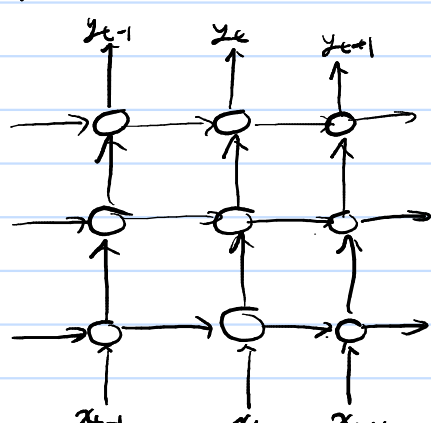


Bidirectional RNN (양방향 RNN) \Rightarrow hidden layer into Deep, into many.

- 기존 RNN에서는 시간 t에서의 출력이 이전 시점의 입력과 은닉값의 영향을 받는다.
- 양방향 RNN에서는 여기저기 뒤로 이쪽 시점의 입력과 은닉값의 영향을 받는다.
- 은닉층은 순방향층과 역방향층이 병렬적으로 진행된다. \Rightarrow 각각 순방향층, 역방향층에
 각각의 은닉층을 연결 (리미티드 레이어 극복 가능함)



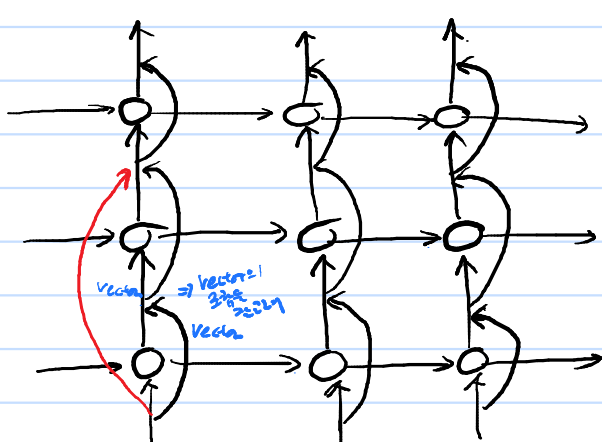
Deep RNN.



- 여러 개의 RNN을 쌓아서,
 이층층이 출력을 위층의 입력과 방출을 하는 모델
- 위층으로 각층의 후속적인 정보를 취한다

Deep Bidirectional RNN

Residual Deep RNN. (리플백 개입)



\Rightarrow 여러개의 노드들 끼리 잘 정돈된 데이터
 2차원도 3차원도 4차원도 5차원도 6차원도 7차원도 8차원도 9차원도 10차원도 11차원도 12차원도 13차원도 14차원도 15차원도 16차원도 17차원도 18차원도 19차원도 20차원도 21차원도 22차원도 23차원도 24차원도 25차원도 26차원도 27차원도 28차원도 29차원도 30차원도 31차원도 32차원도 33차원도 34차원도 35차원도 36차원도 37차원도 38차원도 39차원도 40차원도 41차원도 42차원도 43차원도 44차원도 45차원도 46차원도 47차원도 48차원도 49차원도 50차원도 51차원도 52차원도 53차원도 54차원도 55차원도 56차원도 57차원도 58차원도 59차원도 60차원도 61차원도 62차원도 63차원도 64차원도 65차원도 66차원도 67차원도 68차원도 69차원도 70차원도 71차원도 72차원도 73차원도 74차원도 75차원도 76차원도 77차원도 78차원도 79차원도 80차원도 81차원도 82차원도 83차원도 84차원도 85차원도 86차원도 87차원도 88차원도 89차원도 90차원도 91차원도 92차원도 93차원도 94차원도 95차원도 96차원도 97차원도 98차원도 99차원도 100차원도 101차원도 102차원도 103차원도 104차원도 105차원도 106차원도 107차원도 108차원도 109차원도 110차원도 111차원도 112차원도 113차원도 114차원도 115차원도 116차원도 117차원도 118차원도 119차원도 120차원도 121차원도 122차원도 123차원도 124차원도 125차원도 126차원도 127차원도 128차원도 129차원도 130차원도 131차원도 132차원도 133차원도 134차원도 135차원도 136차원도 137차원도 138차원도 139차원도 140차원도 141차원도 142차원도 143차원도 144차원도 145차원도 146차원도 147차원도 148차원도 149차원도 150차원도 151차원도 152차원도 153차원도 154차원도 155차원도 156차원도 157차원도 158차원도 159차원도 160차원도 161차원도 162차원도 163차원도 164차원도 165차원도 166차원도 167차원도 168차원도 169차원도 170차원도 171차원도 172차원도 173차원도 174차원도 175차원도 176차원도 177차원도 178차원도 179차원도 180차원도 181차원도 182차원도 183차원도 184차원도 185차원도 186차원도 187차원도 188차원도 189차원도 190차원도 191차원도 192차원도 193차원도 194차원도 195차원도 196차원도 197차원도 198차원도 199차원도 200차원도 201차원도 202차원도 203차원도 204차원도 205차원도 206차원도 207차원도 208차원도 209차원도 210차원도 211차원도 212차원도 213차원도 214차원도 215차원도 216차원도 217차원도 218차원도 219차원도 220차원도 221차원도 222차원도 223차원도 224차원도 225차원도 226차원도 227차원도 228차원도 229차원도 230차원도 231차원도 232차원도 233차원도 234차원도 235차원도 236차원도 237차원도 238차원도 239차원도 240차원도 241차원도 242차원도 243차원도 244차원도 245차원도 246차원도 247차원도 248차원도 249차원도 250차원도 251차원도 252차원도 253차원도 254차원도 255차원도 256차원도 257차원도 258차원도 259차원도 260차원도 261차원도 262차원도 263차원도 264차원도 265차원도 266차원도 267차원도 268차원도 269차원도 270차원도 271차원도 272차원도 273차원도 274차원도 275차원도 276차원도 277차원도 278차원도 279차원도 280차원도 281차원도 282차원도 283차원도 284차원도 285차원도 286차원도 287차원도 288차원도 289차원도 290차원도 291차원도 292차원도 293차원도 294차원도 295차원도 296차원도 297차원도 298차원도 299차원도 300차원도 301차원도 302차원도 303차원도 304차원도 305차원도 306차원도 307차원도 308차원도 309차원도 310차원도 311차원도 312차원도 313차원도 314차원도 315차원도 316차원도 317차원도 318차원도 319차원도 320차원도 321차원도 322차원도 323차원도 324차원도 325차원도 326차원도 327차원도 328차원도 329차원도 330차원도 331차원도 332차원도 333차원도 334차원도 335차원도 336차원도 337차원도 338차원도 339차원도 340차원도 341차원도 342차원도 343차원도 344차원도 345차원도 346차원도 347차원도 348차원도 349차원도 350차원도 351차원도 352차원도 353차원도 354차원도 355차원도 356차원도 357차원도 358차원도 359차원도 360차원도 361차원도 362차원도 363차원도 364차원도 365차원도 366차원도 367차원도 368차원도 369차원도 370차원도 371차원도 372차원도 373차원도 374차원도 375차원도 376차원도 377차원도 378차원도 379차원도 380차원도 381차원도 382차원도 383차원도 384차원도 385차원도 386차원도 387차원도 388차원도 389차원도 390차원도 391차원도 392차원도 393차원도 394차원도 395차원도 396차원도 397차원도 398차원도 399차원도 400차원도 401차원도 402차원도 403차원도 404차원도 405차원도 406차원도 407차원도 408차원도 409차원도 410차원도 411차원도 412차원도 413차원도 414차원도 415차원도 416차원도 417차원도 418차원도 419차원도 420차원도 421차원도 422차원도 423차원도 424차원도 425차원도 426차원도 427차원도 428차원도 429차원도 430차원도 431차원도 432차원도 433차원도 434차원도 435차원도 436차원도 437차원도 438차원도 439차원도 440차원도 441차원도 442차원도 443차원도 444차원도 445차원도 446차원도 447차원도 448차원도 449차원도 450차원도 451차원도 452차원도 453차원도 454차원도 455차원도 456차원도 457차원도 458차원도 459차원도 460차원도 461차원도 462차원도 463차원도 464차원도 465차원도 466차원도 467차원도 468차원도 469차원도 470차원도 471차원도 472차원도 473차원도 474차원도 475차원도 476차원도 477차원도 478차원도 479차원도 480차원도 481차원도 482차원도 483차원도 484차원도 485차원도 486차원도 487차원도 488차원도 489차원도 490차원도 491차원도 492차원도 493차원도 494차원도 495차원도 496차원도 497차원도 498차원도 499차원도 500차원도 501차원도 502차원도 503차원도 504차원도 505차원도 506차원도 507차원도 508차원도 509차원도 510차원도 511차원도 512차원도 513차원도 514차원도 515차원도 516차원도 517차원도 518차원도 519차원도 520차원도 521차원도 522차원도 523차원도 524차원도 525차원도 526차원도 527차원도 528차원도 529차원도 530차원도 531차원도 532차원도 533차원도 534차원도 535차원도 536차원도 537차원도 538차원도 539차원도 540차원도 541차원도 542차원도 543차원도 544차원도 545차원도 546차원도 547차원도 548차원도 549차원도 550차원도 551차원도 552차원도 553차원도 554차원도 555차원도 556차원도 557차원도 558차원도 559차원도 560차원도 561차원도 562차원도 563차원도 564차원도 565차원도 566차원도 567차원도 568차원도 569차원도 570차원도 571차원도 572차원도 573차원도 574차원도 575차원도 576차원도 577차원도 578차원도 579차원도 580차원도 581차원도 582차원도 583차원도 584차원도 585차원도 586차원도 587차원도 588차원도 589차원도 590차원도 591차원도 592차원도 593차원도 594차원도 595차원도 596차원도 597차원도 598차원도 599차원도 600차원도 601차원도 602차원도 603차원도 604차원도 605차원도 606차원도 607차원도 608차원도 609차원도 610차원도 611차원도 612차원도 613차원도 614차원도 615차원도 616차원도 617차원도 618차원도 619차원도 620차원도 621차원도 622차원도 623차원도 624차원도 625차원도 626차원도 627차원도 628차원도 629차원도 630차원도 631차원도 632차원도 633차원도 634차원도 635차원도 636차원도 637차원도 638차원도 639차원도 640차원도 641차원도 642차원도 643차원도 644차원도 645차원도 646차원도 647차원도 648차원도 649차원도 650차원도 651차원도 652차원도 653차원도 654차원도 655차원도 656차원도 657차원도 658차원도 659차원도 660차원도 661차원도 662차원도 663차원도 664차원도 665차원도 666차원도 667차원도 668차원도 669차원도 670차원도 671차원도 672차원도 673차원도 674차원도 675차원도 676차원도 677차원도 678차원도 679차원도 680차원도 681차원도 682차원도 683차원도 684차원도 685차원도 686차원도 687차원도 688차원도 689차원도 690차원도 691차원도 692차원도 693차원도 694차원도 695차원도 696차원도 697차원도 698차원도 699차원도 700차원도 701차원도 702차원도 703차원도 704차원도 705차원도 706차원도 707차원도 708차원도 709차원도 710차원도 711차원도 712차원도 713차원도 714차원도 715차원도 716차원도 717차원도 718차원도 719차원도 720차원도 721차원도 722차원도 723차원도 724차원도 725차원도 726차원도 727차원도 728차원도 729차원도 730차원도 731차원도 732차원도 733차원도 734차원도 735차원도 736차원도 737차원도 738차원도 739차원도 740차원도 741차원도 742차원도 743차원도 744차원도 745차원도 746차원도 747차원도 748차원도 749차원도 750차원도 751차원도 752차원도 753차원도 754차원도 755차원도 756차원도 757차원도 758차원도 759차원도 760차원도 761차원도 762차원도 763차원도 764차원도 765차원도 766차원도 767차원도 768차원도 769차원도 770차원도 771차원도 772차원도 773차원도 774차원도 775차원도 776차원도 777차원도 778차원도 779차원도 780차원도 781차원도 782차원도 783차원도 784차원도 785차원도 786차원도 787차원도 788차원도 789차원도 790차원도 791차원도 792차원도 793차원도 794차원도 795차원도 796차원도 797차원도 798차원도 799차원도 800차원도 801차원도 802차원도 803차원도 804차원도 805차원도 806차원도 807차원도 808차원도 809차원도 810차원도 811차원도 812차원도 813차원도 814차원도 815차원도 816차원도 817차원도 818차원도 819차원도 820차원도 821차원도 822차원도 823차원도 824차원도 825차원도 826차원도 827차원도 828차원도 829차원도 830차원도 831차원도 832차원도 833차원도 834차원도 835차원도 836차원도 837차원도 838차원도 839차원도 840차원도 841차원도 842차원도 843차원도 844차원도 845차원도 846차원도 847차원도 848차원도 849차원도 850차원도 851차원도 852차원도 853차원도 854차원도 855차원도 856차원도 857차원도 858차원도 859차원도 860차원도 861차원도 862차원도 863차원도 864차원도 865차원도 866차원도 867차원도 868차원도 869차원도 870차원도 871차원도 872차원도 873차원도 874차원도 875차원도 876차원도 877차원도 878차원도 879차원도 880차원도 881차원도 882차원도 883차원도 884차원도 885차원도 886차원도 887차원도 888차원도 889차원도 890차원도 891차원도 892차원도 893차원도 894차원도 895차원도 896차원도 897차원도 898차원도 899차원도 900차원도 901차원도 902차원도 903차원도 904차원도 905차원도 906차원도 907차원도 908차원도 909차원도 910차원도 911차원도 912차원도 913차원도 914차원도 915차원도 916차원도 917차원도 918차원도 919차원도 920차원도 921차원도 922차원도 923차원도 924차원도 925차원도 926차원도 927차원도 928차원도 929차원도 930차원도 931차원도 932차원도 933차원도 934차원도 935차원도 936차원도 937차원도 938차원도 939차원도 940차원도 941차원도 942차원도 943차원도 944차원도 945차원도 946차원도 947차원도 948차원도 949차원도 950차원도 951차원도 952차원도 953차원도 954차원도 955차원도 956차원도 957차원도 958차원도 959차원도 960차원도 961차원도 962차원도 963차원도 964차원도 965차원도 966차원도 967차원도 968차원도 969차원도 970차원도 971차원도 972차원도 973차원도 974차원도 975차원도 976차원도 977차원도 978차원도 979차원도 980차원도 981차원도 982차원도 983차원도 984차원도 985차원도 986차원도 987차원도 988차원도 989차원도 990차원도 991차원도 992차원도 993차원도 994차원도 995차원도 996차원도 997차원도 998차원도 999차원도 1000차원도 1001차원도 1002차원도 1003차원도 1004차원도 1005차원도 1006차원도 1007차원도 1008차원도 1009차원도 1010차원도 1011차원도 1012차원도 1013차원도 1014차원도 1015차원도 1016차원도 1017차원도 1018차원도 1019차원도 1020차원도 1021차원도 1022차원도 1023차원도 1024차원도 1025차원도 1026차원도 1027차원도 1028차원도 1029차원도 1030차원도 1031차원도 1032차원도 1033차원도 1034차원도 1035차원도 1036차원도 1037차원도 1038차원도 1039차원도 1040차원도 1041차원도 1042차원도 1043차원도 1044차원도 1045차원도 1046차원도 1047차원도 1048차원도 1049차원도 1050차원도 1051차원도 1052차원도 1053차원도 1054차원도 1055차원도 1056차원도 1057차원도 1058차원도 1059차원도 1060차원도 1061차원도 1062차원도 1063차원도 1064차원도 1065차원도 1066차원도 1067차원도 1068차원도 1069차원도 1070차원도 1071차원도 1072차원도 1073차원도 1074차원도 1075차원도 1076차원도 1077차원도 1078차원도 1079차원도 1080차원도 1081차원도 1082차원도 1083차원도 1084차원도 1085차원도 1086차원도 1087차원도 1088차원도 1089차원도 1090차원도 1091차원도 1092차원도 1093차원도 1094차원도 1095차원도 1096차원도 1097차원도 1098차원도 1099차원도 1100차원도 1101차원도 1102차원도 1103차원도 1104차원도 1105차원도 1106차원도 1107차원도 1108차원도 1109차원도 1110차원도 1111차원도 1112차원도 1113차원도 1114차원도 1115차원도 1116차원도 1117차원도 1118차원도 1119차원도 1120차원도 1121차원도 1122차원도 1123차원도 1124차원도 1125차원도 1126차원도 1127차원도 1128차원도 1129차원도 1130차원도 1131차원도 1132차원도 1133차원도 1134차원도 1135차원도 1136차원도 1137차원도 1138차원도 1139차원도 1140차원도 1141차원도 1142차원도 1143차원도 1144차원도 1145차원도 1146차원도 1147차원도 1148차원도 1149차원도 1150차원도 1151차원도 1152차원도 1153차원도 1154차원도 1155차원도 1156차원도 1157차원도 1158차원도 1159차원도 1160차원도 1161차원도 1162차원도 1163차원도 1164차원도 1165차원도 1166차원도 1167차원도 1168차원도 1169차원도 1170차원도 1171차원도 1172차원도 1173차원도 1174차원도 1175차원도 1176차원도 1177차원도 1178차원도 1179차원도 1180차원도 1181차원도 1182차원도 1183차원도 1184차원도 1185차원도 1186차원도 1187차원도 1188차원도 1189차원도 1190차원도 1191차원도 1192차원도 1193차원도 1194차원도 1195차원도 1196차원도 1197차원도 1198차원도 1199차원도 1200차원도 1201차원도 1202차원도 1203차원도 1204차원도 1205차원도 1206차원도 1207차원도 1208차원도 1209차원도 1210차원도 1211차원도 1212차원도 1213차원도 1214차원도 1215차원도 1216차원도 1217차원도 1218차원도 1219차원도 1220차원도 1221차원도 1222차원도 1223차원도 1224차원도 1225차원도 1226차원도 1227차원도 1228차원도 1229차원도 1230차원도 1231차원도 1232차원도 1233차원도 1234차원도 1235차원도 1236차원도 1237차원도 1238차원도 1239차원도 1240차원도 1241차원도 1242차원도 1243차원도 1244차원도 1245차원도 1246차원도 1247차원도 1248차원도 1249차원도 1250차원도 1251차원도 1252차원도 1253차원도 1254차원도 1255차원도 1256차원도 1257차원도 1258차원도 1259차원도 1260차원도 1261차원도 1262차원도 1263차원도 1264차원도 1265차원도 1266차원도 1267차원도 1268차원도 1269차원도 1270차원도 1271차원도 1272차원도 1273차원도 1274차원도 1275차원도 1276차원도 1277차원도 1278차원도 1279차원도 1280차원도 1281차원도 1282차원도 1283차원도 1284차원도 1285차원도 1286차원도 1287차원도 12